



УДК 331.101.262

DOI:10.18413/2411-3808-2018-45-1-86-92

**МОДЕЛЬ ПРОНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В НЕПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРАХ: НА ПРИМЕРЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ****MODEL OF PRONOZING THE NEED FOR NON-FOOD PRODUCTS:  
ON THE EXAMPLE OF DRUGS****О.А. Мельникова****O.A. Melnikova**ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
620028, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3

"Ural State Medical University", 620028, Ekaterinburg, ul. Repin, 3

E-mail: newfarmacia@mail.ru

**Аннотация**

Настоящая статья посвящена вопросам построения экономико-фармацевтической модели для прогнозирования потребности в непродовольственных товарах, а именно для фармацевтических товаров (лекарственных препаратов). Модель содержит элементы регрессионного анализа. В модели прогнозирование потребности запасов состоит из двух составляющих: товароведческой и экономической. Товароведческая составляющая несёт информацию о характеристиках товара (его потребительские, эргономические, антропометрические свойства, надёжности, сохраняемости и другие). Экономическая составляющая даёт информацию о цене, механизме ценообразования, индексе потребительских цен. В расчётах используется функция восстановления, её нормальное распределение. В функцию включены следующие поправочные коэффициенты: поправочный коэффициент, учитывающий срок годности, поправочный коэффициент, учитывающий фармакологический состав лекарственного средства, поправочный коэффициент, учитывающий условия хранения ЛП. Совокупность экономических факторов для расчёта потребности выражалась с помощью индекса цен, доли затрат на хранение. Регрессионная модель прогнозирования потребности конкретного лекарственного наименования объединяла всю совокупность описанных выше факторов.

**Abstract**

This article is devoted to the construction of an economic-pharmaceutical model for forecasting the demand for non-food products, namely for pharmaceutical products (medicines). The model contains elements of regression analysis. In the model, forecasting the needs of stocks consists of two components of commodity and economic. Commodity component carries information about the characteristics of the product (its consumer, ergonomic, anthropometric properties, reliability, storage and others). The economic component provides information on the price, the mechanism of pricing, the consumer price index. The calculation uses the recovery function, its normal distribution. The following correction factors are included in the function: the correction factor that takes into account the expiration date, the correction factor that takes into account the pharmacological composition of the medicinal product, the correction factor taking into account the storage conditions of the LP. The aggregate of economic factors for calculating the demand was expressed through the price index, the share of storage costs. The regression model of prediction of the need for a specific drug name combined the entire set of factors described above.

**Ключевые слова:** модель прогнозирования, потребность, лекарственные препараты.**Key words:** forecasting model, need, medicines

### Введение

Лекарственные средства являются очень важными составляющими при оказании медицинской помощи. Растущая потребность в них возникает в результате роста заболеваний населения, увеличения медицинских показаний для их применения. Необратимый процесс старения, а также увеличения качества жизни и её продолжительности тоже приводит к необходимости использования медикаментов.

Основой современного и качественного оказания медицинской помощи является своевременное и ритмичное лекарственное обеспечение. К сожалению, разработанные и применяемые нормативные методы расчета и прогнозирования потребности в лекарственных препаратах не являются на сегодняшний день оптимальными. Так например, многие медицинские организации испытывают постоянный дефицит в лекарственных препаратах и сложность их своевременного приобретения.

В связи с этим целью настоящей статьи было рассмотрение методик определения потребности в лекарственных препаратах. В условиях развития экономики всегда существует нестабильность тенденций в развитии фармацевтической отрасли и влияния различных случайных факторов, что ещё раз подчёркивает значимость в определении потребности [1.2].

### Основные результаты исследования

Прогнозирование потребности в лекарственных препаратах целесообразно проводить по каждому конкретному наименованию, на основе данных о спросе за предыдущие периоды и с учетом будущих тенденций, предполагаемых изменений на фармацевтическом рынке.

Факторы, влияющие на расход лекарственных препаратов:

1. Фармакологические свойства;
2. Срок годности;
3. Условия хранения;
4. Качество лекарственного средства;
5. Логистика и график поставки;
6. Цена;
7. Уровень конкуренции;

В общем случае их можно разделить на две большие группы: товароведческие и экономические свойства.

Существуют несколько различных видов моделей, которые могут быть использованы для прогнозирования потребности [Четыркин Е.М.] Наиболее распространён регрессионный метод [Heckman, J.J., LaLonde, R.J., Smith, J.A.,]. В нём в качестве функции выступает изучаемый показатель, а в качестве независимых переменных - формирующие его факторы. Модель регрессионного анализа  $Y_i=f(X_1, X_2, \dots, X_m)$  помогает описать действительно существующие связи между фактором и показателями [Аверин Г.В., Константинов И.С., Звягинцева А.В.]

В линейном уравнении регрессии значение моделируемого показателя в общем виде определяется функцией из нескольких переменных  $X_1, X_2, \dots, X_m$ . В каждом наблюдении (при обозначении номера наблюдения через  $h$ ) [Гамбаров Г.М.] получают совокупность независимых переменных  $X_{1h}, X_{2h}, \dots, X_{mh}$  и соответствующее значение зависимой переменной  $Y_h$ . Полученную зависимость можно описать уравнением [Барлоу Р. Прошан Ф.]:

$$Y_h = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i X_{ih} \tag{1}$$

Где  $a_0$ - свободный член уравнения регрессии;



$a_i$  – коэффициенты регрессии;

Составим регрессионную модель прогнозирования спроса на лекарственные препараты. Поскольку ранее мы разделили факторы, влияющие на потребность на две большие группы: товароведческие и экономические, то и модель разделится на две части.

$$Y_i = a_{i0} + \sum_{k=1}^n a_{ik} X_{ik(T)} + \sum_{l=n+1}^m a_{il} X_{il(\text{Э})} \quad (2)$$

Где  $X_{ik(T)}$  –  $k$ -й товароведческий фактор;

$X_{il(\text{Э})}$  –  $l$  – экономический фактор;

Рассмотрим более подробно каждое из этих слагаемых [Гамбаров Г.М., Журавель Н.М., Королев Ю.Г.]. Метод расчёта потребности по товароведческим характеристикам основан на теории запасов и представляет собой процесс создания запасов до первого отказа в удовлетворении потребности – запас ЛП до первого отказа  $L_1$  и между последующими отказами  $L_{i,i+1}$ .

Для рациональной обработки заказов необходимо знать время, после которого будет наблюдаться отказ в осуществлении лекарственного обеспечения [Higano, K., Imbens, G.W., Ridder, G.,]:

$$x_k = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{k-1,k}$$

Она выражается функцией восстановления (потока ЛП), определяемой по формуле:

$$\Omega_i(L) = \sum_{n=1}^{\infty} F_{in}(L) \quad (3)$$

$$\omega(L) = \Omega'(L) = \sum_{n=1}^{\infty} F'_{in}(L)$$

Где  $F_{in}(L)$  – значение функции распределения запасов или по другому вероятность продажи ЛП.

Для нормального закона распределения функция может иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \Omega_i(L) &= \sum_{n=1}^{\infty} F_{in}(L) = \sum_{n=1}^{\infty} \Phi\left(\frac{L - n * \eta * \bar{L}_1}{\sigma * \sqrt{n}}\right) \\ \omega(L) &= \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2 * \pi * n}} * e^{-\frac{(L - n * \eta * \bar{L}_1)^2}{2\sigma^2 * n}} \\ z &= \frac{L - n * \eta * \bar{L}_1}{\sigma * \sqrt{n}} \end{aligned}$$

где  $n$  — число продаж ЛП,  $\eta$  – коэффициент полноты восстановления ресурса. Поскольку в практической деятельности у нас сразу после продажи поставляется новый препарат, то  $\eta$  – можно считать равным единице.

Приведём пример расчёта числа заказов ЛП Парацетамол (таблетки 200 мг № 10) срок годности 3 года [Государственный реестр лекарственных средств], на последующие полгода (180 дней). Срок до первой продажи составляет 18 дней, средне квадратичное отклонение в днях продаж составляет 6.2.

Определим возможное число заказов в течение периода – полгода:

$$F_1(180) = \frac{180 - 1 * 1 * 18}{6.2 * \sqrt{1}} = \Phi(26) = 1 *$$

\*из таблицы Нормированной функции нормального распределения.

Аналогично рассчитываем следующие показатели  $F_2 = 1, F_3 \dots 8 = 1, F_9 = 0.788, F_{10} = 0.5$ . Таким образом, в течение полгода возможное число продаж составит 10 раз.



Функция восстановления потока ЛП довольно полно отражает влияние товароведческих характеристик, если она получена на основе сроков годности ЛП. В случае если функция получена расчётным путём, то её следует скорректировать с помощью коэффициентов [Но, D.E., Imai, K., King, G., Stuart, E.A.], отражающих реальные условия работы медицинской организации. В этом случае выражение принимает вид:

$$\Omega_i(L) = \sum_{n=1}^{\infty} F_{in}(L) * K_s * K_B * \frac{B_{\Gamma}}{B_{\Xi}} \quad (4)$$

$K_s$ - поправочный коэффициент, включающий :

$$K_s = K_{сргод} * K_{\phi c} * K_{ухр} \quad (5)$$

Где  $K_{сргод}$  – поправочный коэффициент, учитывающий срок годности;

$K_{\phi c}$  – поправочный коэффициент, учитывающий фармакологический состав лекарственного средства;

$K_{ухр}$  – поправочный коэффициент, учитывающий условия хранения ЛП;

$K_B$  – принимается в зависимости от сроков годности ЛП (у разных производителей). При расчёте определяется как среднее арифметическое;

$B_{\Gamma}/B_{\Xi}$  - показатель, учитывающий интенсивность использования ЛП, где  $B_{\Gamma}$  – число случаев оказания медицинской помощи с данным лекарственным препаратом,  $B_{\Xi}$  – общее число случаев оказания медицинской помощи.

Таким образом,

$$\sum_{k=1}^n a_{ik} X_{ik(T)} = a_{il} \sum_{L_0=0}^{L_n} [\Omega_i(L_0 + L_n) - \Omega_i(L_0)] * N_{L_0} \quad (6)$$

Где  $L_0$  и  $L_n$  срок годности ЛП на начало прогнозируемого периода и планируемый срок годности, исходя из общего срока годности.

С другой стороны процесс формирования потребности зависит от множества экономических факторов [Браверман А.А., Клочков Л.Е]: денежных доходов населения, уровня и соотношения цен на лекарственные препараты, уровня инфляции, нормативных и законодательных актов, общих экономических факторов и тенденций. Естественно, что такое многообразие экономических факторов не может быть включено в экономико-математические расчёты [Ильин А. И.]. В связи с этим целесообразным является ограничение ряда факторов [Методы прогнозирования спроса]. Данную задачу можно решить методом отбора тех факторов, которые оказывают существенное изменение в спросе на лекарственный препарат. Здесь также важно подчеркнуть, что факторы должны выражаться количественно [РМГ 83–2007. 2008].

Для расчёта потребности нами были отобраны следующие экономические факторы: общий индекс цен, индекс цен на конкретный лекарственный препарат, доля затрат на хранение данных лекарственных препаратов. Таким образом совокупность экономических факторов для расчёта потребности в ЛП можно выразить в следующем виде:

$$\sum_{l=n+1}^m a_{il} X_{il(\Xi)} = a_{i3} * J_{обц} + a_{i4} * J_{лпi} * a_{i5} * W \quad (7)$$

Где  $I_{обц}$  – общий индекс цен, %;  $I_{лпi}$  - индекс цен на ЛП i- наименования, %;  $W$ - доля затрат на хранение ЛП;  $a_i$ - коэффициенты уравнения регрессии;

Таким образом, объединяя формулы 2,6,7 получаем регрессионную модель прогнозирования потребности конкретного лекарственного наименования:

$$Y_i = a_{i0} + a_{il} \sum_{L_0=0}^{L_n} [\Omega_i(L_0 + L_n) - \Omega_i(L_0)] * N + a_{i3} * J_{обц} + a_{i4} * J_{лпi} * a_{i5} * W \quad (8)$$



В данном случае прогнозируемое значение спроса будет выражено в натуральных величинах [Звягинцева А.В., Аверин Г.В.]. Этот же параметр можно выразить и в денежном выражении. Для этого количественные характеристики необходимо умножить на стоимостные:

$$C_i = Y_i * c_i \quad (9)$$

Где  $c_i$  - стоимость конкретного лекарственного препарата;

Интерес также может представлять общая стоимость всей совокупности ЛП. Она может быть определена по формуле:

$$C_{\text{общая}} = \sum_{i=1}^I C_i \quad (10)$$

Где  $I$  – количество номенклатурных позиций ЛП, уп.

*Определение потребности в ЛП по товароведческому критерию.* Таким образом, основной характеристикой при расчёте потребности является функция  $\Omega_i(L)$  в формуле (3). Её дифференциальной характеристикой является функция потоков отказа:

$$\omega_i(L) = \frac{d\Omega_i(L)}{dL} = \sum_{n=1}^{\infty} f_{in}(L)$$

Где  $f_{in}(L)$  – продажа ЛП  $i$ -го наименования до  $n$ -го отказа. В общем виде функции  $\Omega_i(L)$  и  $\omega_i(L)$  определяются с помощью общих зависимостей:

$$\omega_i(L) = f_{i1}(L) + \int_0^L \omega_i(L) f_i(L-1) dl$$

$$\Omega_i(L) = F_{i1}(L) + \int_0^L \Omega_i(L) F_i(L-1) dl$$

Так как приведённые уравнения [Беллмон Р. Дрейфус С.] описывают средние значения, то необходимо определить величину дисперсии истинных значений:

$$D_i(L) = \Omega_i(L) - \Omega_i^2(L) + 2 \int_0^L \Omega_i(L-1) d\Omega_i(L)$$

Кривая нормального распределения выражается стандартным уравнением нормальной кривой:

$$\Omega_i(L) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi \sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2}} \exp \left[ -\frac{(L - \sum_{j=1}^n \bar{L}_{ij})^2}{2 \sum_{j=1}^n \delta_{ij}^2} \right]$$

Где  $\sigma_{ij}$  - средне квадратичное отклонение продажи ЛП  $i$ -го наименования при  $j$  продаже.

$$\sigma_{ij} = \sqrt{D_{ij}}$$

$D_{ij}$  - дисперсия остатков ЛП  $i$ -го наименования при  $j$  – продаже.

$$D_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n (L_{ij} - \bar{L}_{ij})^2}{n-1}$$

Где  $\bar{L}_{ij}$  - среднее значение действительного запаса ЛП  $i$ -го наименования при  $j$  – продаже.



Распределение запасов ЛП *i*-го наименования может быть вычислено из любой *j* – продажи ЛП, в интервале  $L_2$  и  $L_1$ .

$$\Omega_{ij}(L_1) = \frac{1}{\sigma_{ij} * \sqrt{2\pi}} \int_{L_1}^{L_2} \exp \left[ -\frac{(L - \overline{L_{ij}})^2}{2\sigma_{ij}^2} \right] dL$$

Отклонение запасов ЛП *i*-го наименования при *j*-продаже при сравнении с начальным периодом времени характеризуется следующими коэффициентами:

$$K_{ij} = \frac{\overline{L_{ij}}}{L_{i1}}$$

Где  $K_{ij}$  – коэффициент уменьшения товарного запаса ЛП

$L_{i1}$  и  $L_{ij}$  - средний запас соответственно ЛП *i* наименования на начальный период и на период *j* продажи;

При проведении потребности в ЛП препаратах согласно их товароведческим характеристикам используются данные товарных отчётов. При определении функции распределения запасов учитывается номенклатура лекарственных препаратов в аптечной организации.

*Определение потребности запасов по экономическому критерию.*

При анализе потребности по экономическому критерию целесообразно разделить номенклатуру лекарственных препаратов [Государственный реестр предельных отпускных цен] в зависимости от вида спроса: реализованный, неудовлетворённый, формирующийся. Главной задачей изучения спроса являлось определение объёма и потребности в ЛП, текущего изменения заказов дистрибьютерам на поставку, обеспечение бесперебойной логистики. Источниками информации могут быть товарные отчёты с отражением динамики и структуры поступления и продажи ЛП в аптеке, сведения о движении ЛП, отчёты по дефектуре, позволяющие установить влияние различных факторов на изменение спроса.

### Заключение

Представленная методика расчёта потребности в ЛП позволяет решить такие экономико-фармацевтические задачи, как количественно измерить степень влияния товароведческих и экономических факторов, оценить тесноту связи между потребностью в ЛП и включенных в методику факторных признаков, удостовериться в существенности связи.

### Список литературы

#### References

1. Аверин Г.В., Константинов И.С., Звягинцева А.В. 2016. О континуальном подходе к модельному представлению данных. Вестник компьютерных и информационных технологий, 10: 47–52.

Averin G.V., Konstantinov I.S., Zvjaginceva A.V. 2016. O kontinual'nom podhode k model'nomu predstavleniju dannyh [About continual approach to model data presentation]. Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij, 10: 47–52. (in Russian)

2. Барлоу Р. Прошан Ф. Математическая теория надежности-М: Советское радио, 1985.- 472 с.

Barlou R. Proshan F. Matematicheskaja teorija nadezhnosti [Mathematical Reliability Theory ]- М: Sovetskoe radio, 1985.- 472 s.

3. Беллмон Р. Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. Пер. с англ. Под редакцией Первозванского А.А.-М.: Наука. 1965. – 453 с.



Bellmon R. Drejfus S. Prikladnye zadachi dinamicheskogo programmirovaniya. [Applied problems of dynamic programming] Per. s ang. Pod redakciej Pervozvanskogo A.A.-M.: Nauka. 1965. – 453 s

4.Браверман А.А., Клочков Л.Е. Опыт одного маркетингового исследования //Экономические науки.-1991.-№7.-С.58-61.

Braverman A.A., Klochkov L.E. Opyt odnogo marketingovogo issledovaniya [Experience of one marketing research]//Jekonomicheskie nauki.-1991.-№7.-S.58-61.

5.Венсель В.В. Интегральная регрессия и корреляция. – М.: финансы и статистика, 1983.- 223 С.

Vensel' V.V. Integral'naja regressija i korreljacija. – М.: finansy i statistika, 1983.-223S.

6.Гамбаров Г.М. Моделирование и прогнозирование динамических рядов. М.: Финансы и статистика, 1988. - 42 с.

Gambarov G.M. Modelirovanie i prognozirovanie dinamicheskikh rjadov. [ Modeling and forecasting of dynamic series ] М.: Finansy i statistika, 1988. - 42 s.

7. Гамбаров Г.М., Журавель Н.М., Королев Ю.Г. Статистическое моделирование и прогнозирование –М. Финансы и статистика .1990.-383с.

Gambarov G.M., Zhuravel' N.M., Korolev Ju.G. Statisticheskoe modelirovanie i prognozirovanie [Statistical modeling and forecasting]–М. Finansy i statistika .1990.-383s.

8.Государственный реестр лекарственных средств <http://grls.rosminzdrav.ru/grls>

Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv

9.Государственный реестр предельных отпускных цен. <http://grls.rosminzdrav.ru/grls>

Gosudarstvennyj reestr predel'nyh otpusknyh cen

10.Звягинцева А.В., Аверин Г.В. 2016. Интегрирование отдельных многомерных уравнений Пфаффа, имеющих важное прикладное значение. Научные ведомости БелГУ. Сер. Математика. Физика, 27(248):102–114.

Zviaginceva A.V., Averin G.V. 2016. Integrirovanie otdel'nyh mnogomernyh uravnenij Pfaffa, imejushih vazhnoe prikladnoe znachenie [Integration of separate multidimensional peaff equation having importan applied value]. Nauchnye vedomosti BelGU. Matematika. Fizika, 27(248): 102–114. (in Russian)

11.Ильин А. И. Планирование на предприятии : учебное пособие. - 9-е изд. - М. : ИНФРА-М, 2011.

Il'in A. I. Planirovanie na predpriyatii : uchebnoe posobie [Enterprise planning]. - 9-e izd. - М. : INFRA-M, 2011.

12.Методы прогнозирования спроса. М.: Экономика, 1992. - 142 с.

Metody prognozirovaniya sprosa[Methods of forecasting demand]. М.: Jekonomika, 1992. - 142 s.

13. РМГ 83–2007. 2008. Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы измерений. Термины и определения. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. М., Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 24.

RIS 83-2007. State system of ensuring of measurement unity. Measurement scales. Terms and definitions. Recommendations on interstate standardization. Moscow, Mezhgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii,

14.Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. - 200 с.

Chetyrkin E.M. Statisticheskie metody prognozirovaniya[Statistical methods of forecasting ]. М.: Statistika, 1977. - 200 s.

15.Heckman, J.J., LaLonde, R.J., Smith, J.A., 1999. The economics and econometrics ofactive labor market programs. In: Ashenfelter, O., Card, D. (Eds.), Handbook ofLabor Economics, 3. Elsevier, Amsterdam, pp. 1865–2097.

16.Hirano, K., Imbens, G.W., Ridder, G., 2003. Efficient estimation of average treatmenteffects using the estimated propensity score. Econometrica 71 (4), 1161–1189.

17.Ho, D.E., Imai, K., King, G., Stuart, E.A., 2007. Matching as nonparametricpreprocessing for reducing model dependence in parametric causal inference.Polit. Anal. 15 (3), 199–236.