

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА УПРАВЛЕНЧЕСКИХ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ СИТУАЦИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.В. Зимин

Рассматривается математическая модель оптимизации прибыли используемая для принятия управленческих решений в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Анализируются основные проблемы, встающие перед руководством при управлении промышленным предприятием в условиях глобальной нестабильности. Описывается общая модель решения задачи, основанная на динамической оценке массива факторов с применением различных методов прогнозирования временных рядов. Обосновываются преимущества использования данной модели в процессе принятия управленческих решений на промышленном предприятии.

Ключевые слова: экономическая модель оптимизации, регрессия, прогнозирование, выбор управленческих альтернатив.

Введение

Управление промышленным предприятием в условиях глобальной нестабильности ставит перед собственниками и руководителями задачи повышения гибкости управления, скорости принятия решений при сохранении качества анализа больших объемов информации. Ускорение технологического прогресса и рыночных процессов, усиление конкуренции повышают важность каждого управленческого решения [6]. В современных сложных и напряженных условиях международной конкуренции особенно четко проявляется значимость проблемы повышения эффективности управления промышленными предприятиями, что заставляет руководство осуществлять подготовку и принятие управленческих решений на базе качественно иных математических моделей, методик, технологий увеличения гибкости и новых средств представления и обработки данных и методов их визуализации. Данная статья рассматривает общее обоснование модели для выбора управленческих альтернатив и применение модели в процессе управления крупным промышленным предприятием.

Математическая модель выбора альтернатив на основе прогнозирования экономических факторов нацелена на анализ и подготовку управленческих решений, принимаемых в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Основными аспектами в данном случае является формализация задачи и процесса принятия решений, обработка массивов входящей информации, гибкость прогнозирования основных факторов модели [11]. Таким образом, достигается гибкость и адаптивность в принятии управленческих решений в условиях динамики мировых и внутренних рынков, возможность использования широкого набора средств визуализации и представления данных, оценка чувствительности модели и управленческих альтернатив в реальном времени. Последнее является ключевым в управлении в условиях нестабильности, так как позволяет не только оценить качество прогнозирования изменения факторов, но и сделать это для различных временных горизонтов, адекватных складывающихся экономических и политических ситуаций, но и дает возможность рассмотреть критичность ошибки в прогнозировании каждого фактора [7].

В данной модели обеспечение гибкости и одновременной точности прогнозирования экономических факторов, влияющих на доходы и затраты промышленного предприятия, достигается с помощью вариации подходов для прогнозирования математических рядов. Использование того или иного подхода для прогнозирования определяется аналитическим отделом предприятия на основе исторических данных или экспертной оценки возможной динамики фактора. Далее описываются основные используемые модели для прогнозирования временных рядов, применимые к конкретной специфике управления промышленным предприятием.

Основные модели для прогнозирования временных рядов

Среди разнообразных методов прогнозирования для решения данной задачи можно использовать как интуитивные, так и формализованные. Интуитивное прогнозирование применяется тогда, когда объект прогнозирования либо слишком прост, либо настолько сложен, что аналитически учесть влияние многих факторов практически невозможно. В этих случаях можно прибегнуть к опросу экспертов. Полученные индивидуальные и коллективные экспертные оценки используются как конечные прогнозы или в качестве исходных данных в комплексных системах прогнозирования [1].

Формализованные методы прогнозирования обеспечивают построение прогнозов с использованием математического моделирования. Применяемые на практике методы повышают точность прогнозов, ускоряют обработку и визуализацию информации, облегчают оценку результатов. Методы, используемые в математической модели множественного выбора управленческих альтернатив, можно разделить на несколько групп:

- 1) регрессионные модели прогнозирования:
 - парная регрессия,
 - множественная регрессия,
 - модели дискретного (бинарного или множественного) выбора;
- 2) авторегрессионные модели прогнозирования:
 - ARIMA-модели,
 - GARCH-модели;
- 3) адаптивные методы прогнозирования:
 - экспоненциальное сглаживание,
 - модель Хольта,
 - модель Хольта – Винтерса.

Парная регрессия

Парная регрессия – это уравнение, описывающее корреляционную связь между парой переменных: зависимой переменной (результатом) y и независимой переменной (фактором) x [2]:

$$y = f(x).$$

Рассмотрим вариант, в котором рассматривается линейная зависимость результата от фактора, описываемая следующим образом:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

где y_i – значение переменной y в момент времени i ; x_i – значение переменной x в момент времени i ; α, β – параметры парной линейной регрессии; N – объем генеральной совокупности.

Данную модель можно использовать для прогнозирования достаточно простых зависимостей, например, потребления какого-либо товара в зависимости от температуры, совокупного потребления какого-либо товара, в зависимости от численности населения и т. п.

Множественная регрессия

Множественная регрессия – уравнение, отражающее корреляционную связь между результатом и несколькими факторами. В общем виде оно может быть записано как

$$y = f(x_1, \dots, x_n),$$

где n – количество факторов.

В качестве функций множественной регрессии часто выбирают наиболее простые: линейную, показательную и степенную функции (или их комбинации):

$$y = a + \sum_{i=1}^n b_i x_i + e \text{ – линейная;}$$

$$y = a \prod_{i=1}^n x_i^{b_i} e \text{ – степенная;}$$

$$y = a \prod_{i=1}^{i=1n} b_i^{x_i} e \text{ – показательная.}$$

Отметим, что для обеспечения достаточной точности получаемых оценок параметров функ-

ций требуется, чтобы количество измерений было в 8–10 раз больше, чем количество входящих переменных.

Данную модель возможно использовать для выявления и прогнозирования достаточно сложных зависимостей, например, зависимость заработной платы работника от уровня образования, возраста, опыта работы и многих других показателей.

Модели дискретного выбора

Модель дискретного выбора представляет собой уравнение зависимости результата y от факторов x_1, \dots, x_n вида

$$y = f(x_1, \dots, x_n),$$

где n – количество факторов, при этом y может принимать только дискретные значения.

Наиболее простой вид моделей дискретного выбора – модель бинарного выбора, в которых y может принимать значения 0 или 1.

Данную модель можно использовать для выявления зависимости некоторых количественных или качественных факторов на определенный качественный признак. Например, с помощью такой модели можно прогнозировать факт строительства новых производственных помещений и цехов в зависимости от вложений конкретных ресурсов и складывающихся внешних факторов (например, погодных условий).

ARIMA-модели

ARIMA-модели целесообразно использовать для прогнозирования временных рядов, которые отражают зависимость результирующей переменной от значений в предыдущие моменты времени и от ее ошибок в прошлые моменты времени. Основным объектом в ARIMA-моделях является ARMA-модель, к поиску решению которой с помощью определенных процедур сводится поиск решения ARIMA-моделей. Модель ARMA(p, q) представляет собой уравнение вида:

$$y_t = \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t.$$

ARMA-модели используются для стационарных временных рядов, в которых среднее значение и дисперсия постоянны, то есть не зависят от номера наблюдения. В частности, это означает отсутствие в данных трендов и сезонности. Если временной ряд ими обладает, то требуется провести предварительные преобразования данных, чтобы свести ряд к стационарному [3].

ARIMA-модели возможно использовать для широкого класса временных рядов, которые можно свести к стационарному виду.

GARCH-модели

GARCH-модель(p, q) представляет собой уравнение вида:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^p \delta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q \gamma_j \varepsilon_{t-j}^2.$$

Данная модель отражает зависимость дисперсии ряда от ее прошлых значений и значений ошибок ряда в прошлые периоды.

GARCH-модели используются, как правило, для прогнозирования показателей финансового рынка, поскольку для них характерно изменение дисперсии во времени на определенные периоды.

Экспоненциальное сглаживание

Экспоненциальное сглаживание представляет собой уравнение вида:

$$s_t = \begin{cases} x_1, & t = 1; \\ s_{t-1} + \alpha(x_t - s_{t-1}), & t > 1, \end{cases}$$

где α – экспертным путем заданный коэффициент, $\alpha \in (0; 1)$.

Поскольку данная формула представляет собой рекуррентное уравнение, можно выразить значение s_t через прошлые значения переменной x_t :

$$s_t = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \alpha) x_{t-i}.$$

Данная формула наглядно показывает, что s_t представляет собой взвешенную сумму всех прошлых измерений, причем веса падают в зависимости от давности наблюдения [4].

Экспоненциальное сглаживание подходит для прогнозирования динамически изменяющихся показателей, не обладающих факторами тренда и сезонности.

Модель Хольта

Модель Хольта представляет собой уравнение вида:

$$\widehat{y_{t+d}} = a_t + db_t.$$

Модель Хольта представляет собой обобщенный случай экспоненциального сглаживания, с учетом линейного тренда. Расчет прогнозных значений a_t и b_t производится по следующим рекуррентным соотношениям:

$$a_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(a_{t-1} - b_{t-1});$$

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}.$$

где α, β – экспертным путем заданные параметры, определяющие чувствительность модели к изменениям.

Данная модель используется для краткосрочного прогнозирования временных рядов с линейным трендом, но без сезонности.

Модель Хольта – Винтерса

Модель Хольта – Винтерса представляет собой рекуррентные соотношения вида [5]:

$$y_{t+d} = a_t (r_t)^d X_t + (d \bmod s) - s;$$

$$a_t = \alpha \frac{y_t}{X_{t-s}} + (1 - \alpha)a_{t-1}r_{t-1};$$

$$r_t = \beta \frac{a_t}{a_{t-1}} + (1 - \beta)r_{t-1};$$

$$X_t = \gamma \frac{y_t}{a_t} + (1 - \gamma)X_{t-s},$$

где s – период сезонности; $X_i, i = 0, s-1$ – профиль сезонности; r_t – параметр тренда; a_t – показатель, очищенный от тренда и сезонности.

Данная модель используется для краткосрочного прогнозирования временных рядов как с линейным трендом, так и с фактором сезонности.

Рассмотренные модели прогнозирования предлагается использовать на этапе формализации основных факторов управленческого решения. Результаты можно применить для составления прогноза стоимости единицы продукции в год.

Модель выбора управленческих альтернатив

Описанные модели позволяют сформировать основу для математического моделирования управленческих альтернатив. В общем виде задача модели формулируется как выбор варианта развития, который позволит получить наибольшую прибыль, в зависимости от различных сценариев развития рынка и различных горизонтов планирования.

Обозначим $P_a(S)$ – прибыль, полученная в результате реализации альтернативы a при выбранном сценарии развития S . Тогда функция максимизации прибыли записывается как

$$P_a(S) = \sum_{i=1}^Z y_{ai}(S) \cdot r_i(S) - \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^B w_j \cdot x_{aji} \cdot y_{ai}(S) - V_a,$$

где $F(S, Z)$ – номер альтернативы, которая дает наибольшую прибыль при выбранном сценарии развития S и выбранном горизонте планирования Z ; A – количество альтернатив; B – количество факторов производства, для которых строится прогноз; Z – количество периодов, на которые строится прогноз показателей; x_{ijz} – прогноз стоимости фактора j при выбранной альтернативе i в год z ; $y_{iz}(S)$ – прогноз выпуска продукции при выбранной альтернативе i в год z , в зависимости от выбранного сценария развития S (например: негативный, умеренный, позитивный). Одним из параметров, влияющих на данный прогноз, является ограничение по производственной мощно-

сти; $r_z(S)$ – прогноз стоимости единицы продукции в год z ; V_a – постоянные затраты на осуществление альтернативы s ; w_i – расход фактора i в натуральных единицах на выпуск единицы продукции.

Полученные результаты записываются в таблицу и далее могут быть представлены с помощью средств визуализации.

Заключение

Представлена математическая модель выбора управленческих альтернатив на основе прогнозирования экономических факторов и её общее применение в процессе управления промышленным предприятием. Достоинствами модели являются вариативные методы прогнозирования и способность подстраиваться под сложность и частоту той или иной управленческой проблемы [8]. В задачах, имеющих множество альтернатив, при ограничениях по времени принятия решения, модель позволяет использовать упрощенные методы прогнозирования, что ускоряет обработку данных одновременно сохраняя знания и экспертизу, полученные при анализе проблемы для последующих схожих задач. С другой стороны, задачи среднесрочного развития и стратегии могут оцениваться с использованием более совершенных прогностических моделей, а также подвергаться разностороннему анализу чувствительности на основе изменения горизонта прогнозирования или планирования, изменения веса каждого фактора, оценки влияния точности прогноза и возможных отклонений [7, 10]. В этом случае применение описанной модели поможет руководителю принимающему решение в некоторой мере формализовать свой подход, что даст возможность обосновать решение высокоуровневой задачи перед собственниками компании или, например, перед кредитной организацией.

Необходимо еще раз акцентировать внимание на том, что перед современными компаниями и промышленными предприятиями встает задача быстрой и безошибочной обработки данных. Возрастает не только объем получаемой информации, но и скорость изменения, а значит, и её устаревания. В этой связи промышленным предприятиям совершенно необходимо оперативно улучшать методы обработки информации. Таким образом, применение в практике модели выбора управленческих альтернатив на основе прогнозирования динамики ситуаций обеспечивает столь необходимую в современных условиях деятельности промышленных предприятий гибкость и оперативность принятия управленческих решений [9].

Литература

1. *Эконометрика: учеб. для бакалавров / под ред. И.И. Елисейевой.* – Москва: Проспект, 2013. – 288 с.
2. Лукашин, Ю.П. *Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие.* – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
3. Магнус, Я.Р. *Эконометрика. Начальный курс: учеб. / Я.Р. Магнус, П.К. Катыйшев, А.А. Пересецкий – 6-е изд., перераб. и доп.* – М.: Дело, 2004. – 576 с.
4. Тихонов, Э.Е. *Методы прогнозирования в условиях рынка: учеб. пособие / Э.Е. Тихонов.* – Невинномысск: Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т, 2006. – 221 с.
5. Черноруцкий, И.Г. *Методы оптимизации в теории управления / И.Г. Черноруцкий.* – СПб.: Питер, 2004. – 104 с.
6. Doz, Y.L. *Fast Strategy: How Strategic Agility Will Help You Stay Ahead of the Game.* London: Wharton School Publishing / Y.L. Doz, M. Kosonen, 2009. – 120 p.
7. French, S. *Decision Behaviour, Analysis and Support / S. French, N. Papamichail.* – Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – 657 p.
8. Sharp, J.M. *Working Towards Agile Manufacturing in the UK Industry / J.M. Sharp, Z. Irani, S. Desai // International Journal of Production Economics.* – 1999. – Vol. 62, no. 5. – P. 155–169.
9. Xu, L. *Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach / L. Xu, J. Yang.* – Manchester: Manchester School of Management, 2001. – 324 p.
10. Zhang, P. *The Impact of Information Visualization on Human Problem-Solving Performance in a Complex Business Domain / P. Zhang // Proceedings of the Second Americas Conference on Information Systems (AIS'96), Phoenix, 1996, August 16–18.* – P. 674–676.
11. Winters, P.R. *Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages / P.R. Winters // Management Science.* – 2006. – Vol. 6, no. 3. – P. 75–86.

Зимин Александр Вячеславович, аспирант кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); gena.na3@googlemail.com.

Поступила в редакцию 11 декабря 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University
Series "Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics"
2015, vol. 15, no. 1, pp. 26–31**

MATHEMATICAL MODEL FOR CHOICE AMONG MANAGERIAL ALTERNATIVES USING SITUATIONAL DYNAMICS FORCASTING AT INDUSTRIAL ENTERPRISE

A.V. Zimin, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,
gena.na3@googlemail.com

This paper describes a profit optimization mathematical model used for managerial decision making in the short and medium terms. The work analyses the main problems arising before the management of an industrial organisation in conditions of global economic instability. The general model proposed for this type of problems is based on the economical factors evaluation with application of various methods of temporary ranks forecasting. In addition, this work justifies benefits of using this model in decision process at industrial organisation.

Keywords: economical optimisation model, regression, forecasting, choice of managerial alternatives.

References

1. Eliseeva I.I. *Ekonometrika: uchebnik dlya bakalavrov* [Econometrics: BSc Textbook]. Moscow, Prospekt Publ., 2013. 288 p.
2. Lukashin Yu.P. *Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh ryadov: uchebnoe posobie* [Adaptive Methods of Short Term Time Series Forecasting: Study Guide]. Moscow, Finances and Statistics Publ., 2003. 416 p.
3. Magnus Ya.R., Katyshev P.K., Peresetskiy A.A. *Ekonometrika. Nachalnyy kurs: 6-e izdanie* [Econometrics. Introductory Course: 6th Edition]. Moscow, Delo Publ., 2004. 576 p.
4. Tikhonov E.E. *Metody prognozirovaniya v usloviyakh rynka: uchebnoe posobie* [Markets and Forecasting Methods: Study Guide]. Nevinnomyysk, North Caucasus State Technical University, 2006. 221 p.
5. Chernorutskiy I.G. *Metody optimizatsii v teorii upravleniya* [Methods for Optimisation in Control Theory]. St. Petersburg, Piter Publ., 2004. 104 p.
6. Doz Y.L., Kosonen M. *Fast Strategy: How Strategic Agility Will Help You Stay Ahead of the Game*. London, Wharton School Publishing, 2009. 120 p.
7. French S., Papamichail N. *Decision Behaviour, Analysis and Support*. Cambridge, Cambridge University Press, 2009. 657 p.
8. Sharp J.M., Irani Z., Desai S. Working Towards Agile Manufacturing in the UK Industry. *International Journal of Production Economics*, 1999, vol. 62, no. 5, pp. 155–169.
9. Xu L., Yang J. Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach. Manchester, Manchester School of Management, 2001. 324 p.
10. Zhang P. The Impact of Information Visualization on Human Problem-Solving Performance in a Complex Business Domain. *Proceedings of the Second Americas Conference on Information Systems (AIS'96)*, Phoenix, 1996, August 16–18, pp. 674–676.
11. Winters P.R. Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. *Management Science*, 2006, vol. 6, no. 3, pp. 75–86.

Received 11 December 2014