

## ПОВЫШЕНИЕ ГИБКОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ ЗА СЧЕТ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ

**А.В. Зумин**

Рассматриваются варианты использования различных методов представления данных для цели повышения гибкости управления промышленным предприятием в современных условиях глобальной нестабильности. Анализируется применение методов визуализации для поддержки математической модели выбора управленческих альтернатив: прогноз динамики факторов, контроль диапазона изменения значений факторов, анализ чувствительности модели к изменению факторов, оценка оптимальности альтернатив на разных временных горизонтах. Обосновываются преимущества использования рассмотренных методов продвинутой визуализации для повышения качества принятия решений.

*Ключевые слова:* визуализация, прогнозирование, выбор управленческих альтернатив.

### **Введение**

Использование различных методов представления информации находит широкое применение вследствие наличия ряда преимуществ. Оно позволяет снизить нагрузку на руководителя принимающего решения при анализе ситуации, помогает передать часть компетенций от аналитика менеджеру, и, как следствие, повышает качество и скорость принятия решений в процессе управления промышленным предприятием [4]. Другими словами, применение визуализации позволяет преодолеть два основных ограничения при принятии решений с использованием математического моделирования. Во-первых, в современных условиях глобальной нестабильности необходимо учитывать несколько десятков факторов для адекватной оценки управленческих альтернатив, что входит в противоречие с ограничениями человеческого восприятия, описываемого общеизвестной формулой  $7 \pm 2$  [12]. Во-вторых, учитываемые факторы становятся все более сложными и специальными, что требует инструмента для передачи менеджеру экспертизы и компетенций от целого ряда специалистов из разных профессиональных областей. Таким образом, именно использование методов и подходов представления данных, а так же средств продвинутой визуализации является необходимым условием для обеспечения не просто качественного процесса принятия решений и оценки альтернатив, а гибкого управления [2, 3].

Далее произведен обзор перспективных методов визуализации, применимых к результатам решения управленческой задачи выбора альтернатив на основе прогнозирования динамики ситуаций. Основу решения задачи составляет математическая модель оптимизации прибыли на основе оценки, ранжирования и прогнозирования экономических факторов. Однако цифровые данные, используемые для настройки модели, отображающие итоги прогнозирования факторов и определяющие оптимальность альтернатив, не обеспечивают быстрого и точного восприятия руководителем, принимающим решения, а так же не позволяют быстро проводить анализ чувствительности результатов моделирования. Данная ситуация связана с тем, что, во-первых, в модели могут участвовать до 20 факторов, а, во-вторых, изменение факторов происходит не только в плоскости финансово-денежных показателей, но и во временном измерении. В итоге, для адекватного отображения результатов были выбраны несколько комплексных методов визуализации применимых для таких многомерных проблем.

### **Модель множественного выбора различных управленческих альтернатив.**

Прежде чем перейти к перспективным методам отображения данных применительно к каждой стадии анализа, приведем математический подход к решению задачи выбора альтернатив базирующийся, на классических методах прогнозирования: парная регрессия, множественная регрессия, модели дискретного (бинарного или множественного) выбора, ARIMA-модели,

GARCH-модели, экспоненциальное сглаживание [14], модель Хольта [1, 5]. На практике такие методы повышают точность прогнозов, ускоряют обработку и визуализацию информации, облегчают оценку результатов и анализ чувствительности [6].

В целевой функции модели используются результаты указанных прогнозов. Сформированная целевая функция имеет вид:

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

где  $P_a(S)$  – прибыль, полученная в результате реализации альтернативы  $a$  при выбранном сценарии развития  $S$ ;  $F(S, Z)$  – 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  $S$ ;  $r_z(S)$  – прогноз стоимости единицы продукции в год  $z$ ;  $V_i$  – постоянные затраты на осуществление альтернативы  $i$ ;  $w_i$  – расход фактора  $i$  в натуральных единицах на выпуск единицы продукции.

### Визуализация и анализ шагов решения задачи

Методика использования средств визуализации определяется шагами решения данной задачи. Согласно ряду исследований можно выделить 3 основных области для визуализации [7, 8]:

1. Прогноз и анализ динамики выбранных факторов.
2. Оценка результатов, сравнение альтернатив, прогноз изменения оптимальности решения на разных временных горизонтах.
3. Анализ чувствительности альтернатив в зависимости от изменения веса и характера прогноза (оптимистичность-пессимистичность сценария, предполагаемая точность прогнозирования).

### Прогноз и анализ динамики выбранных факторов

Анализ динамики выбранных факторов основывается на простых, но эффективных методах контроля диапазона изменения значений на временных рядах. Графические средства отображения информации в таких случаях наиболее широко были проработаны и применялись в концепции 6 сигм [10].

Поэтому в рассматриваемом случае целесообразно использование X-гистограмм для представления характера изменения прогноза на разных временных горизонтах. Эта методика позволяет как оценить динамику фактора, так и контролировать пределы допустимых значений [9]. В общем виде данную гистограмму можно увидеть на рис. 1.

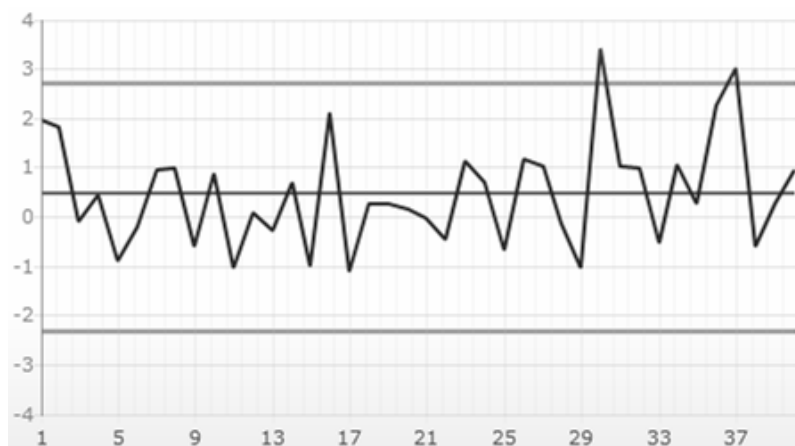


Рис. 1. Пример использования X-гистограммы

Представленная гистограмма показывает центральную линию, задающую оптимальное и наиболее вероятное прогнозное значение фактора и верхний и нижний контрольные пределы. Референсное значение в данном случае является относительной величиной и не показывает само

прогнозное изменение во времени (рост или падение значений), однако такой подход позволяет упростить оценку качества прогноза в определенном интервале.

Для визуализации динамики факторов был выбран линейный график с использованием средних значений и объемных показателей в пиковые моменты [9]. Описанный инструмент проиллюстрирован на рис. 2.

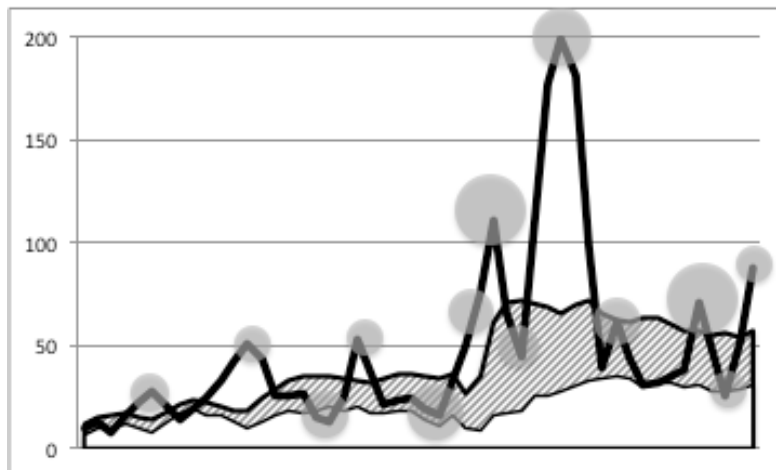


Рис. 2. Пример использования линейного графика

Применительно к факторам, характеризующим выбор управленческих альтернатив, можно представить данный график, как:

- прогноз цены продаж в виде линии;
- прогнозируемые объемы продаж в виде кругов соответствующего размера;

– интервала изменения цены за такой же временной период в исторической перспективе в виде заштрихованного диапазона.

### **Оценка результатов, сравнение альтернатив, прогноз изменения оптимальности решения на разных временных горизонтах**

Оценка результатов моделирования для выбранных альтернатив производится на основе таблицы, представляющей ранжирование вариантов решения на разных временных горизонтах, однако, такой инструмент затрудняет восприятие и нахождение оптимального решения с учетом неформализованных факторов. Для решения этой проблемы оценку альтернатив предложено проводить в три этапа с использованием различных инструментов, что дает взглянуть на результаты моделирования с разных точек зрения и с учетом многомерности задачи [7]. На рис. 3–5 представлены примеры использования выбранных инструментов.

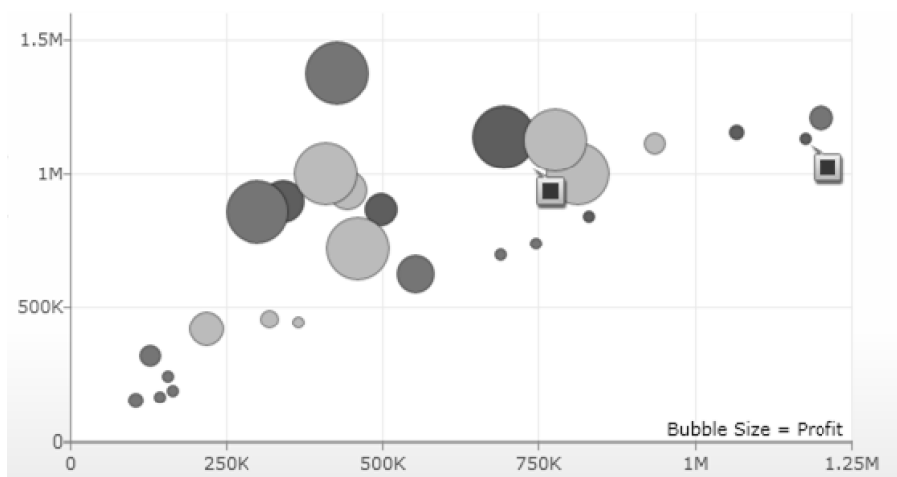


Рис. 3. Пример использования пузырькового графика

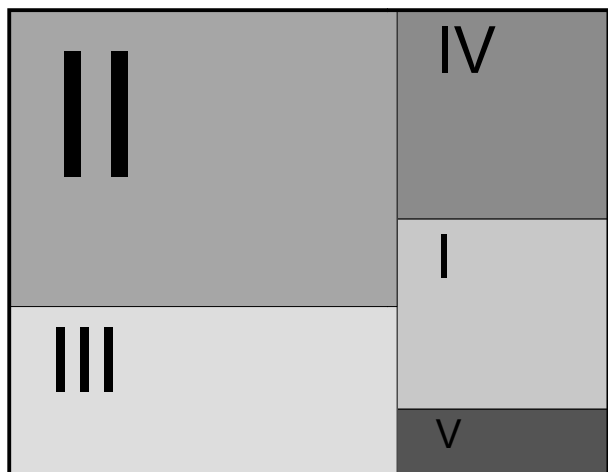


Рис. 4. Пример использования древовидной схемы



Рис. 5. Пример использования тепловой карты

Представленные подходы к визуализации позволяют пошагово оценить не только оптимальность и прибыльность каждой альтернативы, но и учитывать риски, в том числе и на разных временных интервалах.

Пузырьковый график в данном случае дает базовое представление о соотношении вложений (горизонтальная ось) и возможной прибыли (вертикальная ось), так же цвет каждой альтернативы определяется степенью риска – в зависимости от качества прогноза, чувствительности показателей альтернативы к допущениям в базовых факторах [7]. Следующий этап, древовидная схема, дает сравнительное представление о прибыльности альтернатив и риске относительно друг друга, на этой схеме степень риска имеет множество градаций и плавно изменяется, что показано переходом цвета от светло-серого к черному.

Последующая оценка проводится с помощью тепловой карты, показывающей наиболее прибыльные географические зоны для группировки альтернатив, так же данная методика позволяет учесть различия на разных временных горизонтах планирования.

### Анализ чувствительности альтернатив

Финальная стадия анализа моделирования задачи выбора альтернатив заключается в оценке чувствительности того или иного решения в зависимости от начальных допущений в экспертной оценке влияния фактора и возможных отклонений в прогнозе в соответствии с различными сценариями. Выбор диаграммы Парето для обеспечения этих задач обусловлен не только проработанностью методологии, но и распространенностью и известностью данного инструмента. Так как анализ чувствительности модели наиболее сложен в плане учета многомерности возможных изменений, на финальных стадиях принятия решений рекомендуется использование более знакомых и привычных средств визуализации, как это принято за рубежом [7]. Пример использования представлен на рис. 6.

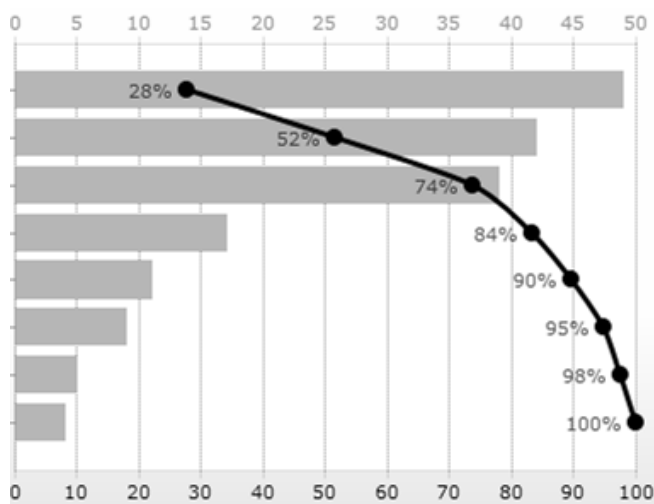


Рис. 6. Пример использования диаграммы Парето

### Заключение

Достоинствами методики является как гибкость, которая позволяет визуализировать вариативные методы прогнозирования,

так и способность математической модели подстраиваться под сложность и частоту той или иной управленческой проблемы [11]. С другой стороны важность применения более совершен-

ных средств визуализации, обоснованная несколькими исследованиями [12,13] так же учтена при выборе инструментов для рассмотренной методики. Именно широкое использование методов продвинутой визуализации позволяет обеспечить качество процесса принятия решений и оценки альтернатив, что является основной для поддержания гибкости управления организацией [4,8]. Представленная методика применения средств продвинутой визуализации для представления результатов решения задачи выбора управленческих альтернатив на основе прогнозирования экономических факторов внедрена автором в ОАО «Кузнецкие Ферросплавы».

### **Литература**

1. Елисеева, И.И. *Эконометрика: учеб. для бакалавров / под ред. И.И. Елисеевой.* – М.: Проспект, 2013. – 288 с.
2. Лукашин, Ю.П. *Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие / Ю.П. Лукашин.* – 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. *Механизмы управления: учеб. пособие / Д.А. Новиков, В.Н. Бурков, И.В. Буркова, М.В. Губко; под ред. Д.А. Новикова.* – М.: УРСС (Editorial URSS), 2011. – 213 с.
5. Тихонов, Э.Е. *Методы прогнозирования в условиях рынка: учеб. пособие / Э.Е. Тихонов.* – Невинномысск: Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т, 2006. – 221 с.
6. Черноуцкий, И.Г. *Методы оптимизации в теории управления / И.Г. Черноуцкий.* – СПб.: Питер, 2004. – 104 с.
7. Cheng T., Tanaksaranond G., Brunson C., Haworth J. *Exploratory Visualisation of Congestion Evolutions on Urban Transport Networks / T. Cheng, G. Tanaksaranond, C. Brunson, J. Haworth // Transportation Research, Part C.* – 2013. – Vol. 36, November. – P. 296–306.
8. Doz, Y.L. *Fast Strategy: How Strategic Agility Will Help You Stay Ahead of the Game / Y.L. Doz, M. Kosonen.* – London: Wharton School Publishing, 2009. – 120 p.
9. French, S. *Decision Behaviour, Analysis and Support / French S., Papamichail N.* – Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – 657 p.
10. Niazi, M. *A framework for assisting the design of effective software process improvement implementation strategies / M. Niazi, D. Wilson, D. Zowghi // The Journal of Systems and Software.* – 2006. – Vol. 78. – P. 204–222.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.*

## AGILITY INCREASE OF ENTERPRISE MANAGEMENT BY MODERN METHODS OF MATHEMATICAL MODELLING AND DATA VISUALISATION

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

This article considers the use options of different methods of data presentation for the purpose of management flexibility increase of industrial enterprise in modern conditions of global instability. Implementation of visualization and data representation approaches is analyzed for mathematical model support of the choice of administrative alternatives: factors dynamics forecast, control of change range of factors values, model sensitivity analysis, optimum analysis of alternatives for different temporary horizons. Advantages of use of the considered methods of the advanced visualization to decision-making quality increase are proved.

*Keywords: visualisation, forecasting, decision making.*

### 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., Peresletskii A.A. *Ekonometrika. Nachalnyy kurs: 6-e izdanie* [Econometrics. Introductory Course: 6<sup>th</sup> Edition]. Moscow, Delo Publ., 2004. 576 p.
4. Novikov D.A, Burkov V.N., Burkova I.V., Gubko M.V. *Mekhanizmy upravleniya: uchebnoe posobie* [Management mechanisms: Study Guide]. Moscow URSS Publ., 2011. 213 p.
5. Tikhonov E.E. *Metody prognozirovaniya v usloviyakh rynka: uchebnoe posobie* [Markets and Forecasting Methods: Study Guide]. Nevinnomyssk, North Caucasus State Technical University, 2006. 221 p.
6. Chernorutskiy I.G. *Metody optimizatsii v teorii upravleniya* [Methods for Optimisation in Management Theory]. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2004. 104 p.
7. Cheng T., Tanaksaranond G., Brunson C., Haworth J. Exploratory Visualisation of Congestion Evolutions on Urban Transport Networks. *Transportation Research, Part C*, 2013, vol. 36, November, pp. 296–306.
8. 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.
9. French S., Papamichail, N. *Decision Behaviour, Analysis and Support*. Cambridge, Cambridge University Press, 2009. 657 p.
10. Niazi M., Wilson D., Zowghi D. A Framework for Assisting the Design of Effective Software Process Improvement Implementation Strategies. *Journal of Systems and Software*, 2006, vol. 78, pp. 204–222.
11. Sharp J.M., Irani Z., and Desai, S. Working Towards Agile Manufacturing in the UK Industry. *International Journal of Production Economics*, 1999, vol. 62, no. 5, pp. 155–169.
12. Xu L., Yang J., Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach. Manchester, Manchester School of Management, 2001. 324 p.
13. 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.
14. Winters P.R. Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages. *Management Science*, 2006, vol. 6, no. 3, pp. 75–86.

*Received 11 December 2014*