

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТА РАСЧЁТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА

**В.Г. Мохов<sup>1</sup>, К.С. Стаханов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

<sup>2</sup> ПАО «Челябинский трубопрокатный завод», г. Челябинск

Статья посвящена проблемам интеллектуального анализа данных. Разработан алгоритм моделирования производственной деятельности промышленного предприятия. В качестве модели использована модифицированная производственная функция Кобба–Дугласа, учитывающая высокую материалоемкость промышленного производства и автономный технический прогресс, нейтральный по Хиксу. Моделирование проведено с использованием языка программирования «R» с корректировкой коэффициентов с учетом эффекта мультиколлинеарности с помощью механизма ридж-регрессии. Предложен авторский метод оценки инновационной активности промышленного предприятия при внедрении инвестиционного проекта на основе расчета интегральной динамики показателей эластичности производства, полученных в процессе моделирования. Обосновано, что предложенный метод учитывает специфику инновационного проекта и его автономное влияние на конечные результаты производства промышленного предприятия. Решена методологическая проблема определения горизонта моделирования операционной деятельности промышленного предприятия при оценке его инновационной активности в результате внедрения инновационного проекта, который связан с моментом перехода чистого денежного потока от результатов проекта в положительную зону. Разработанный метод апробирован на данных ОАО «ЧТПЗ» при внедрении инновационного проекта «Высота-239».

**Ключевые слова:** интеллектуальный анализ данных, производственная функция, горизонт расчетов, инновационная активность.

Массовая компьютеризация и развитие средств и методов хранения информации, которую генерирует человек в процессе своей повседневной и профессиональной деятельности, привели к лавинообразному росту ее объемов. Ежедневно бизнес, медицина, наука, государственные органы, СМИ продуцируют гигантские массивы информации, которая накапливается, хранится, передается по сетям и воспроизводится по всему миру. Ее широкое распространение, массовая доступность и регулярно растущие объемы позволяют называть нашу эпоху информационным веком [1].

В этих условиях обработка и анализ ежедневно увеличивающихся объемов информации становятся наиболее насущной и актуальной проблемой для всех отраслей общественной жизни. Необходимо не просто накапливать данные, но и находить в них новые тенденции и взаимосвязи, извлекать из больших наборов информации новые знания и принимать на их основе эффективные решения. При этом процесс анализа уже невозможно проводить вручную, он должен быть максимально автоматизирован и построен на понятных алгоритмах. Указанные предпосылки привели к зарождению перспективной и активно развивающейся области науки, находящейся на стыке нескольких отраслей (компьютерной инженерии, машинного обучения, математической статистики и моделирования, технологий искусственного интеллекта) – интеллектуального анализа данных (в зарубежной литературе – data mining). Согласно общепринятому в литературе определению, интеллектуальный анализ данных – это процесс обнаружения новых

значимых корреляций, закономерностей и тенденций путем исследования больших объемов данных с использованием технологий распознавания образов, а также статистических и математических методов [2].

Возникнув в 1960-х годах с разработки примитивных баз данных, на современном этапе интеллектуальный анализ данных как научное направление выработал глубокую методологическую базу и широкий прикладной инструментарий для решения задачи получения новых знаний из набора разрозненной информации. Исследователи, посвятившие свои труды развитию методологии анализа данных (Г. Пятецкий-Шапиро, А.А. Барсегян, У. Фаяд, Д. Хан и другие), разработали широкий набор инструментов, которые позволяют находить различные зависимости в разнообразии информации и могут быть использованы для последующего принятия решений. Для представления полученных в ходе интеллектуального анализа данных знаний служат модели. Наиболее распространенными являются: правила, деревья решений, кластеры и математические функции [3]. Виды моделей зависят от методов, которые используются для их построения, а также от задач, которые планируется решать с помощью полученной модели. Классификация моделей представлена в таблице.

Решение описательных задач позволяет лучше понять анализируемые данные и обнаружить новые закономерности. Предиктивные (предсказательные) задачи решаются в два этапа: на первом этапе на основе уже известных значений параметров строится модель их зависимости, на втором

## Управление инвестициями и инновационной деятельностью

этапе полученная модель используется для предсказания с использованием нового набора данных [3]. Решение данных задач опирается на широкое применение математического аппарата и компьютерных технологий, а полученные результаты могут использоваться при принятии различных управленческих решений.

Для обнаружения новых знаний в массивах данных недостаточно применить выбранную модель или метод. Процесс анализа данных, независимо от используемого метода и уровня автоматизации, можно разбить на 6 основных этапов (см. рисунок) [3, 4].

Существующие методы интеллектуального анализа данных универсальны и обладают широким разнообразием, что позволяет с успехом использовать их в совершенно различных областях – интернет-технологии и телекоммуникации, торговля и промышленное производство, медицина и наука, банковское дело и страхование.

Рассмотрим пример применения одного из методов решения задач анализа данных – корреляционно-регрессионного анализа на реальных данных по промышленному предприятию Челябинской области. В качестве объекта исследования выбран проект цеха «Высота-239» ОАО «ЧТПЗ», предметом исследования является уровень инно-

вационной активности предприятия в процессе реализации данного проекта и его влияние на результирующие показатели экономической деятельности.

Любой производственный процесс предполагает определенный способ комбинации различных ресурсов и технологий с целью производства продукта, который будет пользоваться спросом на рынке. Ключевой задачей является поиск оптимального сочетания факторов производства, которое позволит максимизировать выпуск товара при минимизации затрат. При этом рыночная конкуренция и прогрессивное развитие технологий требуют от производителя непрерывной оптимизации процессов, внедрения улучшений и инноваций, которые меняют структуру капитала предприятия и, соответственно, влияют на оптимальное сочетание факторов производства. Поэтому одной из важнейших задач менеджмента является оценка эффекта, который принес уже реализованный инновационный проект, а также экстраполяция полученных знаний на будущие проекты.

В качестве основы для построения модели (математической функции) использована производственная функция Кобба–Дугласа. Данная функция является двухфакторной моделью, отражающей зависимость объема выпуска от создающих его

### Классификация моделей интеллектуального анализа данных

Описательные модели	Предсказательные модели
1. Поиск ассоциативных правил или паттернов	1. Модели классификации
2. Кластеризация, группировка объектов	2. Анализ временных рядов
3. Корреляционно-регрессионный анализ	



Этапы интеллектуального анализа данных

факторов производства (труда и капитала).

Поскольку объектом анализа выступает цех металлургического предприятия, процесс производства на котором является в первую очередь материалоемким (доля стоимости листового проката, который подвергается переделу в процессе производства, в общей себестоимости продукта может достигать 70–80 %), базовая функция дополнена переменной – количеством оборотных средств. В связи с тем, что предметом анализа является инновационная активность предприятия, в функции также следует учесть влияние автономного технического прогресса, нейтрального по Хиксу. В результате итоговая функция моделирования производства примет вид:

$$CP = A \cdot LCF^\alpha \cdot FA^\beta \cdot CA^\gamma \cdot e^{\lambda \cdot t}, \quad (1)$$

где  $CP$  – товарная продукция, тыс. руб./год;  $LCF$  – фонд оплаты труда, тыс. руб./год;  $FA$  – объём основных производственных фондов, тыс. руб.;  $CA$  – оборотные средства, тыс. руб./год;  $A$  – эмпирически определяемый коэффициент, обеспечивающий сопряжение размерности левой и правой части и одновременно выполняющий роль масштабного переводного множителя между всеми компонентами формулы (1);  $\alpha, \beta, \gamma$  – коэффициенты эластичности выпуска продукции по соответствующему ресурсу, безразм.;  $e$  – основание натурального логарифма;  $\lambda$  – коэффициент эластичности, показывающий влияние автономного технического прогресса на результаты производства, безразм.;  $t$  – время, нормированное относительно базового года, год, ( $t_i = T_i - T_b$ ).

Автоматизированный анализ данных проведен с помощью инструментов языка программирования  $R$  (оболочка  $RStudio$ ). Набором данных, на основании которых проведен анализ, является выборка из бухгалтерской отчетности предприятия. В процессе подготовки данных к автоматизированному анализу данные необходимо очистить от влияния инфляционной составляющей и привести к единым ценам базового года с помощью индекса-дефлятора цен производителей обрабатывающих производств. После этого данные сохраняются в формате  $.csv$  для последующей загрузки и обработки в среде языка  $R$ .

Параметры производственных функций  $A, \alpha, \beta, \gamma, \lambda$  в наиболее общем виде находятся на основе ретроспективных данных о  $CP, LCF, FA, CA, t$  с применением методов корреляционно-регрессионного анализа, в частности, метода наименьших квадратов (МНК). Для устранения эффекта мультиколлинеарности используем метод ридж-регрессии (МНК со штрафом).

Для оценки инновационной активности промышленного предприятия строятся две модели типа (1) за  $m$  лет до внедрения инновационного проекта и за период  $m$  лет после его реализации (продолжительность периода зависит от характера

инновационного проекта). Разность результирующих показателей производства  $\Delta CP = CP_i - CP_{i+1}$  является результатом от внедрения конкретного инновационного проекта.

Инновационная активность предприятия ( $IA$ ), применительно к данному инвестиционному проекту, оценивается по сумме динамики показателей эластичности производства за анализируемый период производства:

$$IA = (\alpha_{i+1} - \alpha_i) + (\beta_{i+1} - \beta_i) + (\gamma_{i+1} - \gamma_i) + (\lambda_{i+1} - \lambda_i).$$

Одним из ключевых вопросов в процессе анализа и оценки инновационной активности является определение горизонта расчетов  $m$ .

Традиционно оценка предстоящих затрат и результатов при определении эффективности инвестиционного проекта осуществляется в пределах расчетного периода, продолжительность которого (горизонт расчета) принимается с учетом:

- продолжительности создания, эксплуатации и (при необходимости) ликвидации объекта;
- средневзвешенного нормативного срока службы основного технологического оборудования;
- достижения заданных характеристик прибыли (массы и/или нормы прибыли и т. д.);
- требований инвестора.

Однако при реализации крупных промышленных инновационных проектов минимальное соотношение сроков создания (3–5 лет) и последующей эксплуатации (до 50 лет) новых мощностей не позволяют использовать их в качестве критерия для определения горизонта расчетов. При этом при внедрении инновационных решений важно оценить их влияние на структуру капитала предприятия в течение сравнительно короткого промежутка времени с момента начала эксплуатации, так как в последующие 3–5 лет конкуренты достигнут аналогичного технологического и организационного уровня, что скажется на результирующих показателях деятельности объекта исследования. В связи с описанными выше условиями наиболее адекватным критерием определения горизонта расчетов представляется момент перехода чистого денежного потока от результатов проекта в положительную зону, который при прочих равных условиях составляет от 3 до 7 лет для различных по характеристикам проектов, что сопоставимо с продолжительностью инвестиционной стадии проекта и позволяет строить качественные модели оценки инновационной активности.

Для проекта «Высота-239» горизонт расчета составил 3 года. Анализ данных бухгалтерской отчетности (по квартальным данным) и оценка динамики коэффициентов эластичности функции дали следующий результат:

$$IA = (-0,12 - 0,39) + (-0,06 - (-2,40)) + (0,60 - 0,15) + (0,01 - 0,02) = 2,27.$$

Полученный коэффициент  $IA$  характеризует изменение инновационной активности предпри-

ятия и влияние реализации проекта на результирующие показатели деятельности предприятия в целом. Реализация проекта «Высота-239» оказала положительное влияние на инвестиционную активность ОАО «ЧТПЗ», увеличив ее значение на 227 %, что позволяет оценить реализованный проект как безусловно успешный. Вывод о том, что именно проект «Высота-239» оказал такое влияние на конечные результаты производства ОАО «ЧТПЗ», свидетельствует предложенный метод оценки, в котором сравнение итогов реализации проекта проводится с данными до его внедрения.

Предложенный метод оценки инновационной активности предприятия рекомендуется промышленным предприятиям для использования в качестве ключевого показателя эффективности деятельности менеджмента компании, а также целевого коэффициента при прогнозировании резуль-

татов инвестиционных проектов, находящихся в предпроектной стадии.

### Литература

1. Han Jiawei, Micheline Kamber, Jian Pei. *Data mining: concepts and techniques*. – 3 ed. – Morgan Kaufmann, 2012. – P. 279–325.

2. Larose Daniel T., Chantal D. Larose. *Discovering knowledge in data: an introduction to data mining*. – 2 ed. – John Wiley & Sons, 2014. – 23 p.

3. Барсегян, А.А. *Анализ данных и процессов: учебное пособие* / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 91 с.

4. *Cross Industry Standard Process for Data Mining, CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide (2000)*. – <https://the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>. – 10 p.

**Мохов Вениамин Геннадьевич.** Доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики и управления на предприятии сферы услуг, рекреации и туризма, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск), mokhovvg@susu.ru

**Стаханов Кирилл Станиславович.** Начальник управления ПАО «ЧТПЗ» (г. Челябинск), kiril.stakhanov@gmail.ru

Поступила в редакцию 24 декабря 2016 г.

DOI: 10.14529/em170213

## DETERMINATION OF PLANNING HORIZON WHEN MODELING AN INNOVATION PROJECT

V.G. Mokhov<sup>1</sup>, K.S. Stakhanov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

<sup>2</sup> PJSC "Chelyabinsk Pipe-Rolling Plant", Chelyabinsk, Russian Federation

The article is devoted to problems of data mining. An algorithm for simulating production activity of an industrial enterprise is developed. The modified Cobb–Douglas production function, considering the high material consumption in industrial production and the Hicks-neutral autonomous technical progress, is used as a model. Modeling is carried out using the “R” programming language with the adjustment of coefficients considering the multicollinearity effect with the use of the ridge regression mechanism. The author's method of assessment for innovation activity of an industrial enterprise under implementation of the investment project on the basis of calculation of the integral dynamics of indicators of production elasticity obtained in the process of simulation, is proposed. It is proved that the proposed method takes into account the specifics of the innovation project and its autonomous impact on the final production results of industrial enterprises. Methodological problem of determining the horizon for simulation of an industrial enterprise's operational activity under evaluation of its innovative activity as a result of introduction of the innovative project which is associated with the moment of net cash flow transition from the project results to the positive zone is solved. The developed method is tested on the data of JSC ChTPZ while implementing the Vysota-239 innovative project.

**Keywords:** data mining, production function, planning horizon, innovation activity.

#### References

1. Han Jiawei, Micheline Kamber, Jian Pei. *Data mining: concepts and techniques*. 3rd ed. Morgan Kaufmann, 2012, pp. 279–325. DOI: 10.1016/B978-0-12-381479-1.00007-1
2. Larose Daniel T., Chantal D. Larose. *Discovering knowledge in data: an introduction to data mining*. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2014. 23 p. DOI: 10.1002/9781118874059
3. Barseghyan A.A., Kupriyanov M.S., Cold I.I., etc. *Analysis of the data and processes*. 3rd ed. St. Petersburg, 2009. 91 p.
4. *Cross Industry Standard Process for Data Mining*, CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide (2000). Available at: <https://the-modeling-agency.com/crisp-dm.pdf>. 10 p.

**Veniamin G. Mokhov**. Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Economics and Management in Enterprises of the Sphere of Services, Recreation and Tourism, South Ural State University, Chelyabinsk, [mokhovvg@susu.ru](mailto:mokhovvg@susu.ru)

**Kirill S. Stakhanov**. Head of the department of PJSC “Chelyabinsk Pipe-Rolling Plant”, Chelyabinsk, [kiril.stakhanov@gmail.ru](mailto:kiril.stakhanov@gmail.ru)

*Received 24 December 2016*

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Мохов, В.Г. Определение горизонта расчётов при моделировании инновационного проекта / В.Г. Мохов, К.С. Стаханов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2017. – Т. 11, № 2. – С. 89–93. DOI: 10.14529/em170213

#### FOR CITATION

Mokhov V.G., Stakhanov K.S. Determination of Planning Horizon when Modeling an Innovation Project. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2017, vol. 11, no. 2, pp. 89–93. (in Russ.). DOI: 10.14529/em170213

---