

УДК 519.7

Л.А. Мыльников

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ И ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Рассматриваются вопросы интеграции прогностических моделей в информационную инфраструктуру производственных систем для поддержки принятия управленческих решений в автоматизированном режиме. Актуальность работы связана с возрастающим объемом накапливаемых статистических данных, сложностью работы с большими массивами данных в системах, не интегрированных в информационную инфраструктуру предприятий, и важностью их использования для повышения качества принимаемых управленческих решений. Исследование построено на основе выделения наиболее важных для принятия решений данных, на моделях и рассмотрении способа их интеграции в информационную инфраструктуру на базе набора существующих IT-решений или собственных разработок. Для апробации предложенных подходов рассмотрена задача планирования закупок под спрос продукции на основе оптимизационной прогностической модели, использующей в качестве параметров данные прогнозирования и интеграция её в информационную инфраструктуру предприятия. Полученные решения выявили несколько возможных способов использования моделей и информационной инфраструктуры зависящих от рассматриваемой задачи и организации информационной инфраструктуры, а также гибкость и практическую применимость предложенного подхода.

Ключевые слова: информационная система, управление, модель, информационная инфраструктура, поддержка принятия решений.

L.A. Mylnikov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

INFORMATION SUPPORT IN MANAGEMENT OF SYSTEMS AND PROJECTS BASED ON PREDICTION MODELS

The article investigated to the integration of prediction models into the information infrastructure of production systems for decision support in an automated mode. The actuality of the work is related to the increasing volume of accumulated statistical data, the complexity of working with big data sets in systems that are not integrated into the IT infrastructure of enterprises and the importance of using them for the improving the quality of management decisions. The research is based on the important data sets and models for decision making, and integration they into the existing information infrastructure based on a set of IT solutions or software developments. To approbate the proposed approaches, was observed the problem of the purchase amount on the basis of a prediction model and integrates it into the IT infrastructure of the enterprise. The solutions showed several possible ways of using models and

information infrastructure depending on the task and organization of the IT infrastructure, as well as the flexibility and practical applicability of the proposed approach.

Keywords: information system, management, simulation, information infrastructure, decision support.

Введение. Современные методы управления производственными системами сложно представить без сбора и анализа информации обо всех фактах хозяйственной деятельности и изменениях внешней среды, так или иначе влияющих на организацию и ведение производства. Только при наличии полной, достоверной, своевременной и объективной информации можно говорить о возможности принятия обоснованных решений по управлению производственно-хозяйственной и финансовой деятельностью предприятия и об установлении договорных и инвестиционных отношений с партнерами. При значительных объемах управленческой информации, циркулирующей в любом хозяйствующем субъекте, эффективно обрабатывать ее можно, лишь используя преимущества автоматизированных информационных технологий.

Независимо от используемых методов, информационные системы управления основаны на данных. При этом данные могут иметь ошибки, недостаточный объем или частоту сбора, избыточность, могут проявляться факторы неопределенности, многофакторности. Из теории управления известно, что только совмещая два источника – модель и данные, получаемые с объекта управления [1], можно обеспечить адекватное управление. Таким образом, реализация информационных управляющих систем должна основываться как на данных, так и моделях, и методах в рамках систем поддержки принятия решений (рис. 1).



Рис. 1. Этапы работы с информационными системами, основанными на данных и моделях

Специфика организации систем поддержки принятия решений и управления (рис. 1) привела к специализации программного обеспечения [2]. В рассматриваемой предметной области выделяют следующие группы программных решений: решения для сбора и интеграции

данных из различных источников (решения от фирм TALEND, Information Builder, Orchestra); решения для подготовки отчетов и отображения данных (решения Jaspersoft, Tableau, Qlik); решения для статистической обработки и моделирования данных (SPSS, KNIME, RapidMiner, Stata, Statistica, RStudio, WEKA, Orange3); универсальные решения работы для поддержки принятия управленческих решений на данных (SAS, SAP Hana), в том числе и специализированные языки программирования (R, Python).

Обзор существующих подходов. Вопросы управления и принятия решений при производстве товаров в производственно-экономических системах впервые были подняты Албертом Калмесом. В 1906 г. вышла его книга «Фабричное производство» в Сан Галене, в 1909 г. в Лейпциге – книга «Фабричная бухгалтерия», а в 1911 г. там же – книга, ставшая основой развития данного направления «Статистика в фабричном и товарном производстве» [3].

Работы Ф. Тейлора [4] и Г. Гантта [5] легли в основу таких научных дисциплин, как «Промышленная инженерия», занимающаяся управлением и организацией производства, а также вместе с работами Ж. Фурье, Дж. фон Неймана [6] и Л.В. Канторовича [7] в основу дисциплины «Системный анализ и исследование операций».

Развитие вычислительной техники привело к появлению автоматизированных методов работы с производственными данными и управления на их основе.

В 50-х гг. появился метод планирования и управления Just-in-time (точно вовремя). В 60-х Оливер Уайт сформулировал алгоритмы планирования, известные как MRP (Material Requirements Planning – планирование потребности в материалах). В 70-х гг. Эли Голдратт в Израиле разработал метод OPT (Optimised Production Technology – оптимизированная технология производства). Объединение этих подходов получило название MRP II. Концепция компьютеризированного интегрированного производства (СІМ, Computer Integrated Manufacturing) возникла в начале 80-х гг. В процессе заказа, разработки, организации производства, поставок и эксплуатации военной техники в США появились методы CALS (Computer-aided Acquisition and Logistics Support – компьютерная поддержка процесса поставок и логистики) [8]. Часто управление в производственных системах опирается на схему событийного разбиения (метод моделирования Йордана [9], логическое моделирование Гейна).

В начале 2000-х в управлении производственными системами получили распространение методы объектного моделирования. Такие подходы известны как мультиагентные системы [10] и интеллектуальное предприятие [11].

Разнообразие подходов связано с тем, что статистика, которую используют для принятия решений, часто либо не полна, либо не актуальна, либо не стационарна в статистическом смысле.

Ситуация стала меняться с распространением процессного подхода управления на основе информационных систем [12] и с развитием концепции Индустрия 4.0 и ИИ. Это дало возможность собирать достоверную информацию о каждой единице оборудования и оперативно управлять производственными процессами в производственных системах [13]. При этом объемы собираемой информации резко возросли.

Методы объективного принятия решений в условиях ограниченного времени для решения задач управления и планирования сталкиваются с проблемой NP-полноты и могут решаться только приближительными методами. Поэтому использование информационных систем для поддержки принятия управленческих решений становится необходимостью, а появление больших объемов данных только подчеркивает эту необходимость.

Методика исследования. Задача управления в производственных системах опирается на параметры и индикаторы, которые показывают желаемое целевое состояние и изменения значений выбранных параметров. При этом необходимо учитывать многомерность реализуемых проектов, а также необходимость принимать оптимальные решения. В условиях ограниченного времени это возможно, только опираясь на информационную инфраструктуру [14].

В независимости от выбранных показателей и индикаторов и того, что основана информационная система на авторских или известных алгоритмах и методах, она может опираться как на собственные информационные решения, так и на уже существующие алгоритмы и информационные системы. При этом необходимо реализовать такие функции, как: загрузка данных (получение данных из БД, чтение файлов форматов csv, excel и т.п.); прогнозирование данных; решение задач математического программирования; моделирование случайных отклонений по заданным законам распределения; вывод результатов во внешние файлы; отображение результатов в виде графиков и таблиц. При этом основной элемент – это модель, на основе которой принимаются решения.

Система в зависимости от типа принимаемых решений и способа организации работ в производственной системе реализует несколько режимов (рис. 2): автоматический режим (общение с IT-инфраструктурой на уровне данных), экспертный режим (получение данных из IT-инфраструктуры и работа с пользователем, изучающим процессы и решения на модели), режим бизнес-пользователя (получение данных из IT-инфраструктуры и предложение готового решения на основе расчетов на модели).

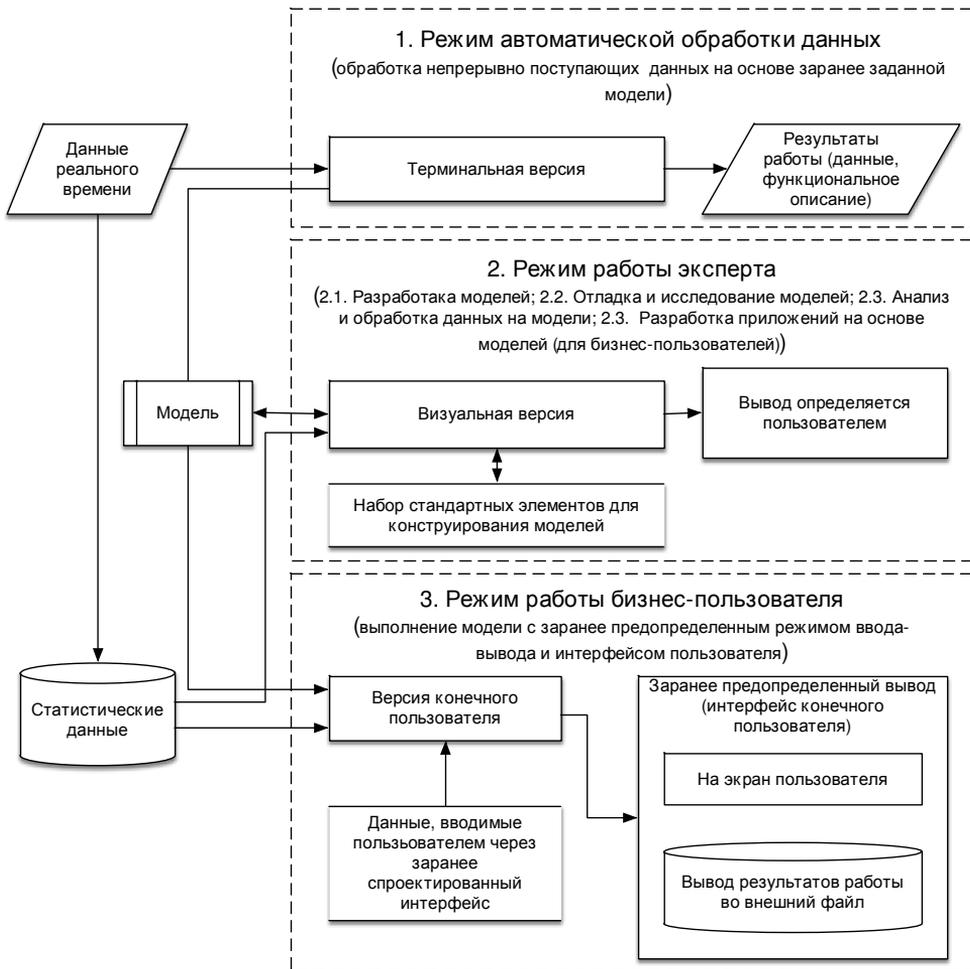


Рис. 2. Режимы работы информационных систем при реализации моделей и методов поддержки принятия управленческих решений в производственных системах

Независимо от режима работы, используемых решений и способа организации вычислений (последовательный, параллельный, последовательный)

[15] наиболее важными задачами будут: а) организация взаимодействия между элементами информационной системы, участвующими в принятии решения, б) получение и передача данных вычислений моделью (рис. 3).

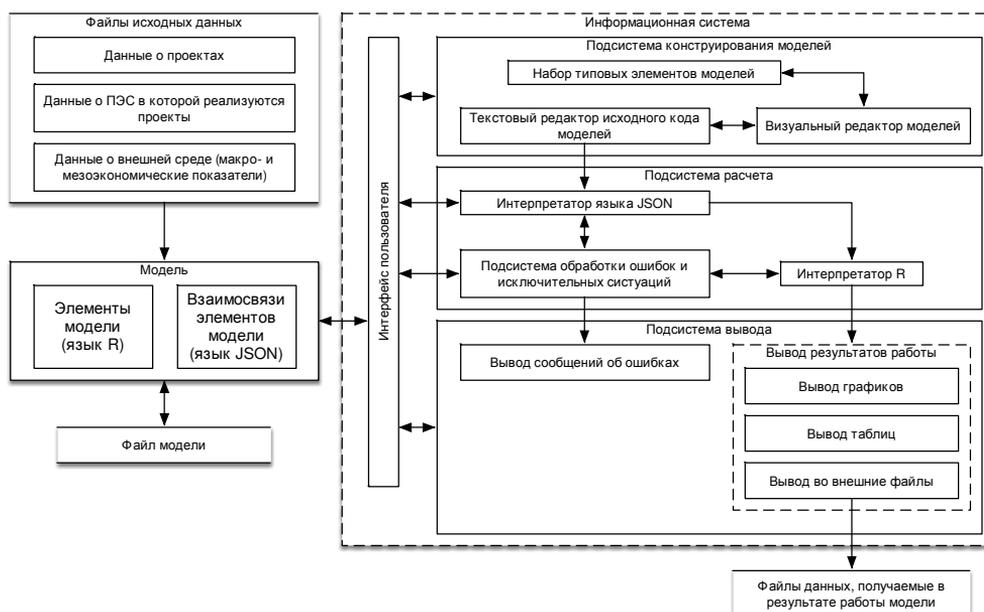


Рис. 3. Структурная схема информационной системы для реализации моделей и методов поддержки принятия управленческих решений в производственной системе

Способ обмена данными будет осуществляться в зависимости от выбранного решения (значениями переменных, связями между блоками модели, промежуточными файлами, записями в БД и т.п.). Общий принцип такого обмена может быть представлен описанием на языке JSON (листинг 1).

Листинг 1. Пример описания передаваемых данных и взаимосвязи между переменными модели на основе JSON:

```
"links": [
  {"from": {
    "node": "read1",
    "ports": ["atime", "a2"]
  }, "to": {
    "node": "calc1",
    "ports": ["atime", "a2"]
  }},

```

```
{ "from": {  
  "node": "read2",  
  "ports": ["btime"]  
}, "to": {  
  "node": "calc1",  
  "ports": ["btime"]  
}},  
{ "from": {  
  "node": "calc1",  
  "ports": ["ctime", "ca2"]  
}, "to": {  
  "node": "plot1",  
  "ports": ["ctime", "ca2"]  
}}
```

Результатом управления будет минимизация разницы между целевыми показателями и текущим состоянием.

Практическое использование и полученные результаты.

Пример построения информационной инфраструктуры рассмотрим на задаче планирования закупок (решенной для сети кофеен) и ее интеграции в информационную инфраструктуру предприятия.

Если мы прогнозируем спрос и хотим определить минимально необходимое количество компонентов на складе для производства продукции согласно потребностям в ресурсах, то необходимо установить взаимосвязь между этими параметрами:

$$V = AX,$$

где A – матрица инцидентности значения которой показывают потребность в ресурсах, X – вектор-столбец ресурсов.

Рассмотрим задачу планирования закупок в следующей постановке:

$$V \cdot S(t) - V_S(t) \rightarrow \min,$$

где $S(t)$ – прогнозируемый объем продаж, V_S – объем запасов ресурсов. Решение задачи позволяет уменьшить объем хранимых запасов на складе, что снизит необходимый объем оборотных средств, повысит качество контроля (меньшие объемы запасов легче контролировать), при использовании ресурсов с ограниченным сроком годности уменьшит риски, связанные с их порчей по причине длительного хранения.

Из данной постановки можно определить с учетом имеющихся данных по расходу ресурсов прогноз по потребностям каждого ресурса:

$$V_S(t) = V \cdot S(t).$$

Сам по себе прогноз объем продаж уже несет ценную информацию, связанную с выявлением сезонности, факторов, косвенно указывающих на нецелевой расход или воровство, и др.

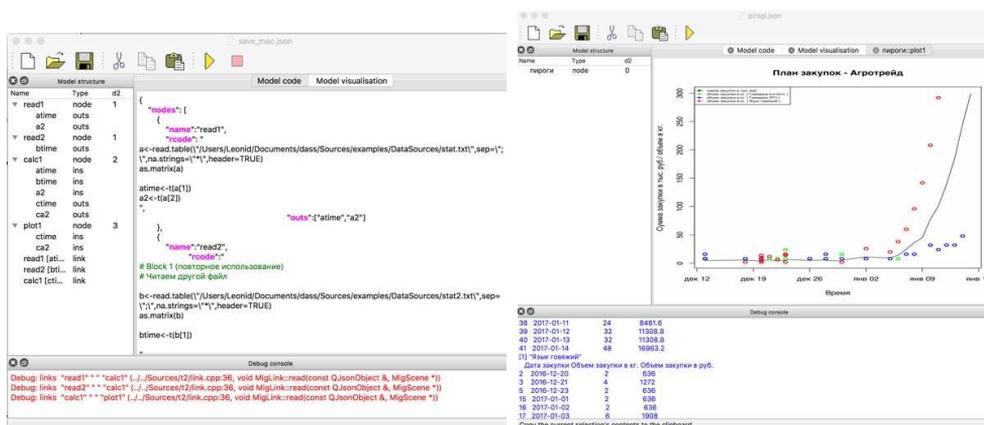
Наложим ограничения: $V_S \geq V_{\min}$ – требование наличия минимального неснижаемого остатка (для нивелирования форс-мажорных ситуаций), где V_{\min} – величина такого остатка.

Каждый ресурс может иметь дискретный характер поставок, тогда получаем еще одно ограничение:

$$V_k \in x \cdot G, \quad x = \overline{n_1, n_2},$$

где V_k – объем возможной закупки, G – размер упаковки, n_1 – минимальная поставка, n_2 – максимальная поставка. Ограничения на объем минимальной поставки могут возникать не только по требованию поставщика, но также и как требование системы в случае, если существует партия, начиная с которой, доставка становится дешевле или бесплатной.

Реализация решения данной задачи с использованием программы Savvy Data Analyzer приведена на рис. 4.



а

б

Рис. 4. Примеры интерфейса возможной реализации модели:

а – описание модели, б – вывод результатов

Интеграция полученного решения (в данном случае для режима работы бизнес-пользователя (см. рис. 2)) осуществлена, как показано на рис. 5.

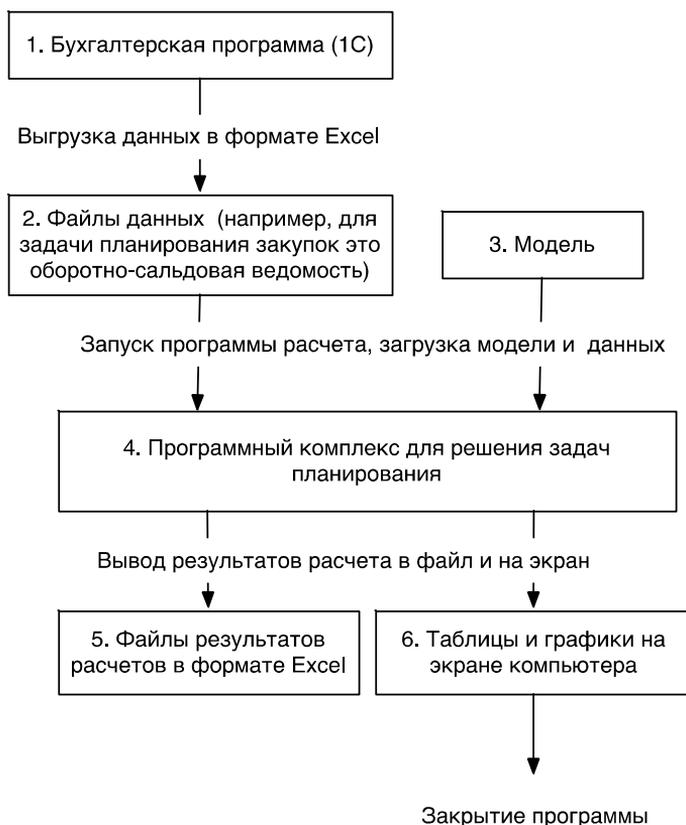


Рис. 5. Функциональная схема применения прогностических моделей при решении задач планирования на основе статистических микроэкономических данных

Исполнение приведенной схемы позволяет настраивать работу модели в автоматическом режиме с требуемой периодичностью (1 раз в день, неделю и т.д.) и при необходимости передавать данные о заказах поставщикам.

Выводы. Использование данных прогнозов в задачах оптимального управления и информационных систем, основанных на данных и моделях, открывает новые возможности исследования процессов, протекающих в производственных системах. В частности, можно учитывать вероятностную природу процессов, протекающих вне рассматриваемой производственной системы, оценивать риски планирования и производственной деятельности, фактор времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке правительства Пермского края, проект № С-26/058.

Библиографический список

1. Shi Z. Knowledge-based decision support system // Journal of Computer Science and Technology. – 1987. – Vol. 2. – № 1. – P. 22–29.
2. Мыльников Л.А., Файзрахманов Р.А. Роль имитационного моделирования и вычислительных программных комплексов для принятия управленческих решений при реализации товарных инновационных проектов в производственно-экономических системах // Программные системы и вычислительные методы. – 2015. – Т. 4. – № 4. – С. 390–406.
3. Voigt K.-I. Industrielles Management. – Berlin: Springer, 2008. – 695 с.
4. Taylor F.W. The principles of scientific management. – New York, NY: Norton, 1967. – 144 с.
5. Gantt H.L., Forrer D. Organizing for work. – Florida: Dr. Donald A. Forrer, 2006.
6. Von Neumann J., Morgenstern O. Theory of games and economic behavior: Princeton classic editions. – Princeton, N.J. ; Woodstock: Princeton University Press, 2007. – 739 с.
7. Канторович Л.В. Математические методы организации планирования производства. – Л.: Изд-во Ленинград. гос. ун-та, 1939. – 67 с.
8. Когаловский В. Происхождение ERP // Директор информационной службы. – 2000. – № 5.
9. Yourdon E. Modern structured analysis: Yourdon Press computing series. – Englewood Cliffs, N.J: Yourdon Press, 1989. – 672 с.
10. Jennings N.R. On agent-based software engineering // Artificial Intelligence. – 2000. – Vol. 117. – № 2. – P. 277–296.
11. Цыганов В.В., Бородин В.А., Шишкин Г.Б. Интеллектуальное предприятие: механизмы овладения капиталом и властью (теория и практика управления эволюцией организации). – М.: Университетская книга, 2004. – 767 с.
12. Разработка формальной модели производственного процесса для организации проектного и производственного менеджмента с применением интеллектуальной КИС / А.В. Речкалов [и др.] // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 3(11). – С. 34–54.

13. Arnold C., Kiel D., Voigt K.-I. How the industrial internet of things changes business model in different manufacturing industries // *International Journal of Innovation Management*. – 2016. – Vol. 20. – Вып. 8. – P. 1640015.

14. Kuetz M. IT-Prozesse mit Kennzahlen steuern // *Controlling & Management Review*. – 2014. – Т. 58. – № 7. – С. 86–93.

15. Mylnikov L. Particularities of Solving the Problems of Support for Managerial Decision Making in Production and Economic Systems Using the Statistical Data // *International Journal of Economics and Financial Issues*. – 2016. – Т. 8. – № 6. – С. 1–11.

References

1. Shi Z. Knowledge-based decision support system. *Journal of Computer Science and Technology*, 1987, vol. 2, no. 1, pp. 22-29.

2. Myl'nikov L.A., Faizrakhmanov R.A. Rol' imitatsionnogo modelirovaniia i vychislitel'nykh programmnykh kompleksov dlia priniatiia upravlencheskikh reshenii pri realizatsii tovarnykh innovatsionnykh proektov v proizvodstvenno-ekonomicheskikh sistemakh [The role of simulation and computational software for decision support in the implementation of innovation projects in production systems]. *Programmnye sistemy i vychislitel'nye metody*, 2015, vol. 4, no. 4, pp. 390-406.

3. Voigt K.-I. *Industrielles Management*. Berlin: Springer, 2008. 695 p.

4. Taylor F.W. *The principles of scientific management*. New York, NY: Norton, 1967. 144 p.

5. Gantt H.L., Forrer D. *Organizing for work*. Florida: Dr. Donald A. Forrer, 2006.

6. Von Neumann J., Morgenstern O. *Theory of games and economic behavior: Princeton classic editions*. Princeton, N.J. Woodstock: Princeton University Press, 2007. 739 p.

7. Kantorovich L.V. *Matematicheskie metody organizatsii planirovaniia proizvodstva* [Mathematical methods of operation research and scheduling]. Leningradskii gosudarstvennyi universitet, 1939. 67 p.

8. Kogalovskii V. Proiskhozhdenie ERP [Origin of the ERP]. *Direktor informatsionnoi sluzhby*, 2000, no. 5.

9. Yourdon E. *Modern structured analysis: Yourdon Press computing series*. Englewood Cliffs, N.J: Yourdon Press, 1989. 672 p.

10. Jennings N.R. On agent-based software engineering. *Artificial Intelligence*, 2000, vol. 117, no. 2, pp. 277-296.

11. Tsyganov V.V., Borodin V.A., Shishkin G.B. Intellektual'noe predpriiatie: mekhanizmy ovladeniia kapitalom i vlast'iu (teoriia i praktika upravleniia evoliutsiei organizatsii) [Intellectual enterprise: mechanisms for mastering capital and power (theory and practice of managing the evolution of an organization)]. Moscow: Universitetskaia kniga, 2004. 767 p.

12. Rechkalov A.V. [et al.] Razrabotka formal'noi modeli proizvodstvennogo protsessa dlia organizatsii proektnogo i proizvodstvennogo menedzhmenta s primeneniem intellektual'noi KIS [Development of the formal model of the production process for organization of project and production management using intelligent keys]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2014, no. 3(11), pp. 34-54.

13. Arnold C., Kiel D., Voigt K.-I. How the industrial internet of things changes business model in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management*, 2016, vol. 20, iss. 8. P. 1640015.

14. Kuetz M. IT-Prozesse mit Kennzahlen steuern. *Controlling & Management Review*, 2014, vol. 58, no. 7, pp. 86-93.

15. Mylnikov L. Particularities of Solving the Problems of Support for Managerial Decision Making in Production and Economic Systems Using the Statistical Data. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 2016, vol. S8, no. 6, pp. 1-11.

Сведения об авторе

Мыльников Леонид Александрович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: leonid.mylnikov@pstu.ru).

About the author

Mylnikov Leonid Aleksandrovich (Perm, Russian Federation) is a Ph.D. in Technical Science, Associated Professor of Microprocessor Automation Means Department Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: leonid.mylnikov@pstu.ru).

Получено 31.07.2017