

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.021

В. Л. Колесников, А. И. Бракович

Белорусский государственный технологический университет

ГРАФИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Виртуальный производственный комплекс представляет собой компьютерную программную системную математическую модель, которая воспроизводит основные функциональные возможности реального прототипа в режиме реального времени. Многообразие условий работы производственного комплекса определяют 16 параметров окружения, 9 параметров для оперативного управления, 6 параметров результатов, оценивающих качество и себестоимость продукции, загрязнение окружающей среды. Работа осуществляется в режиме реального времени и сопровождается фиксацией условий и результатов в базе данных, которая содержит информацию по 26 столбцам. Системным временем является время выработки одной тонны продукции. Размерность базы данных для анализа составляет 500–1000 строк и 26 столбцов. Интерпретировать результаты очень сложно. Нейронные сети оказываются мощным средством не только для классификации данных, но и для графического решения оптимизационных задач в разнообразных формулировках. По простоте и гибкости настройки этот метод оптимизации превосходит классические и градиентные методы. Поскольку в данном случае используются не традиционные математические модели, а базы данных результатов наблюдений за длительный период времени, то предлагаемый метод обладает наибольшей оперативностью и экспрессностью в подстройке задач при изменении текущих условий функционирования производственного комплекса.

Ключевые слова: графическая оптимизация, имитационное моделирование, программное средство, нейронные сети.

V. L. Kolesnikov, A. I. Brakovich

Belarusian State Technological University

GRAPHIC OPTIMIZATION OF WORKING CONDITIONS FOR INDUSTRIAL ENTERPRISE ON THE BASIS OF NEURAL NETWORKS

The virtual industrial enterprise is a computer program, based on a system mathematical model that reproduces the basic functionality of a real prototype in real time. The variety of working conditions of the virtual industrial enterprise is determined by 16 environmental parameters, 9 parameters for operational control, 6 parameters of results, assessing the quality and cost of production, environmental pollution. The work is carried out in real time and is accompanied by fixing the conditions and results in the database, which contains information on 26 columns. System time is the time taken to produce one ton of product. The size of the database for analysis is 500–1000 rows and 26 columns. To interpret the results is a very difficult task. Neural networks are a powerful tool not only for data classification, but also for graphical optimization tasks in a variety of formulations. By the simplicity and flexibility of the setting, this method of optimization is superior to classical and gradient methods. Since in this case, not traditional mathematical models are used, but databases of results of observations over a long period of time, the proposed method has the greatest efficiency and speed in adjusting tasks in changing current conditions of the virtual industrial enterprise.

Key words: graphic optimization, simulation, software tool, neural networks.

Введение. В предыдущих работах авторов разработано интерактивное программное средство, имитирующее все основные условия функционирования реального предприятия [1]. Виртуальный производственный комплекс представляет собой компьютерную программную

системную математическую модель, которая воспроизводит основные функциональные возможности реального прототипа в режиме реального времени [2].

Многообразие условий работы производственного комплекса определяют 16 параметров

окружения, 9 параметров для оперативного управления, 6 параметров результатов, оценивающих качество и себестоимость продукции, загрязнение окружающей среды. Работа осуществляется в режиме реального времени и сопровождается фиксацией условий и результатов в базе данных, которая содержит информацию по 26 столбцам. Системным временем является время выработки одной тонны продукции. Таким образом, размерность базы данных для анализа составляет 500–1000 строк и 26 столбцов.

Основная часть. В предлагаемом примере снижена размерность решаемой задачи. Количество признаков, характеризующих условия, уменьшено до 9. Задача классификации данных этого примера методом нейронных сетей решается быстро и просто. Интерпретировать результаты очень сложно. Только парных взаимодействий придется рассмотреть 36, а с учетом взаимовлияния различных значений внутри признаков это количество возрастает до 630.

В таких случаях эффективным оказывается применение метода прогрессивной централизации. Для снижения размерности решаемой задачи можно, например, сосредоточиться на проблеме коррекции технологического режима для различных сезонных условий.

Для моделирования накопления результатов длительных наблюдений за работой комплекса мы использовали возможность генерирования и фиксации сочетаний всевозможных случайных значений природных сезонных погодных условий, ценовой ситуации на рынке сырья, химикатов, воды, энергии, возмещения ущерба, нанесенного окружающей среде производственной деятельностью, значений управляющих воздействий с синхронным вычислением каче-

ства получаемой продукции, загрязнения атмосферы и проточного водоема, суммы удельных энерготехнологических затрат (рис. 1).

База данных, приведенная на рис. 2, служит просто одним из возможных примеров накопленной информации. Подобных плохо структурированных сведений скапливается немало на каждом предприятии из журналов ОТК и лаборатории, синоптических карт, бухгалтерских отчетов и других источников.

В среде JMP SAS можно заказать получить ответ в виде оптимальных значений расхода волокна и степени помола (главные управляющие параметры), при которых обеспечивается минимум загрязнения (рис. 3, 4). Тем самым мы уходим от необходимости рассматривать все остальные парные взаимодействия. Перемещениями ползунков мы добиваемся такого их положения, при котором на графике отмечается минимальное значение загрязнения. Перемещения оказываются целенаправленными, и отпадает надобность в их полном переборе. Перемещение ползунка Response Greed Slider синхронно перемещает решетку значений аппликаты (загрязнение водоема), а галочка в окошке фиксирует минимальное значение (0.17886).

Альтернативным инструментом для проведения аналогичных вычислений является надстройка Microsoft Excel «Интеллектуальный анализ данных с помощью SQLServer» (рис. 5).

На рис. 5 остались только два незадаанных атрибута – «Допустимо Al» и «Расход полимера». Оказалось, что для выпуска продукции заданного качества (прочность 4,78–6,28) при расходе волокна 104,3–132,2 и степени помола 21,7–27,2 расход полимера должен быть в пределах 63,5–110,1, а содержание сульфата алюминия не должно превышать 0,093.

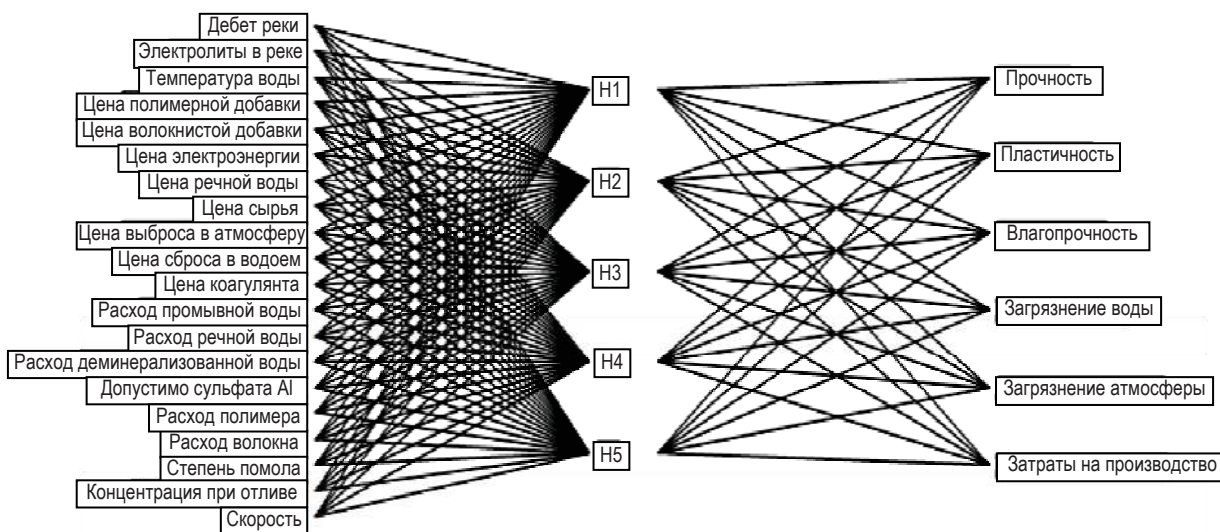


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

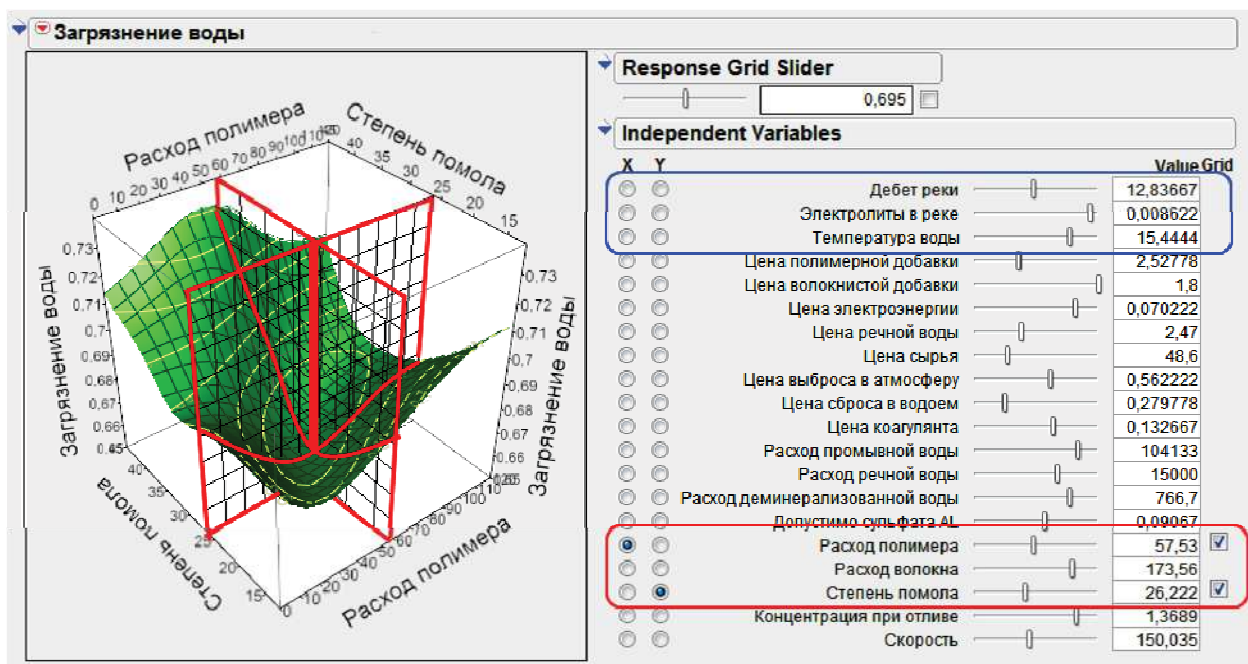


Рис. 4. Определение рекомендательного режима получения минимального загрязнения водоема в сезонных условиях

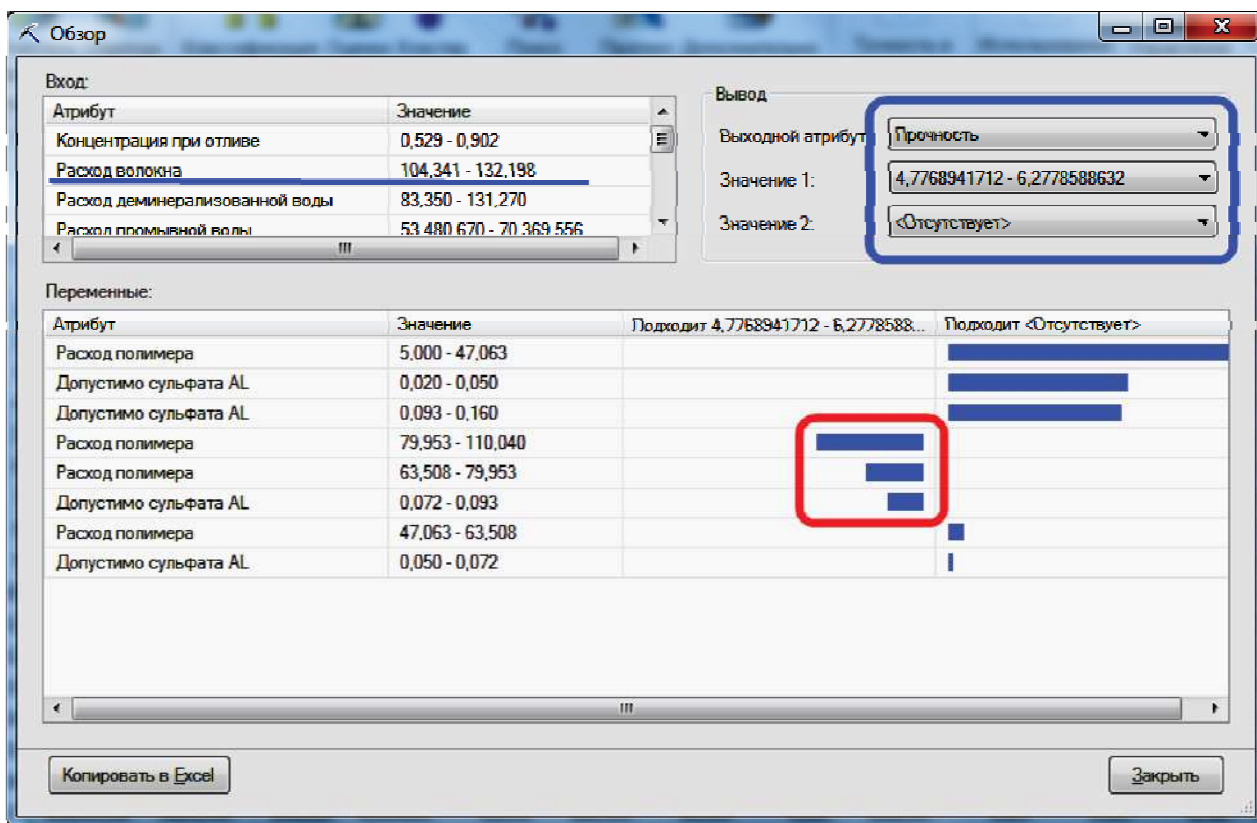


Рис. 5. Реализация рабочего примера в Microsoft Excel

Здесь просматриваются сюжеты интересных вычислительных экспериментов. Обычно основными подстраиваемыми параметрами являются «Расход полимера», «Расход волокна», «Степень помола», а главным «возбудителем спокойствия» выступает «Допустимое содержа-

ние сульфата алюминия». Значит, если закрепить на среднем уровне значения всех входных атрибутов, кроме «Расход полимера», «Расход волокна», «Степень помола», а «Допустимое содержание сульфата алюминия» закрепить на нижнем уровне, то для заданных требований по

качеству мы получим оптимальный технологический режим по трем управляющим воздействиям. Фиксируем его и далее, последовательно изменяя значения входного атрибута «Допустимое содержание сульфата алюминия», мы получим необходимые коррекции оптимальных значений параметров технологического режима в различных условиях солевого состава речной воды. Те же самые действия можно повторить для разных требований к качеству продукции.

Заключение. Нейронные сети оказываются мощным средством не только для классификации данных, но и для графического решения

оптимизационных задач в разнообразных формулировках.

По простоте и гибкости настройки этот метод оптимизации превосходит классические и градиентные методы.

Поскольку в данном случае используются не традиционные математические модели, а базы данных результатов наблюдений за длительный период времени, то предлагаемый метод обладает наибольшей оперативностью и экспрессностью в подстройке задач при изменении текущих условий функционирования производственного комплекса.

Литература

1. Колесников В. Л., Урбанович П. П., Жарский И. М. Компьютерное моделирование и оптимизация химико-технологических систем. Минск: БГТУ, 2004. 532 с.
2. Kolesnikov V., Urbanovich P., Brakovich A. Modeling and software implementation of fibrous waste disposal processes // *New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation – NEET' 2015: proc. of the 9-th Intern. conf. Lublin, 2015.* P. 37.

References

1. Kolesnikov V. L., Urbanovich P. P., Zharsky I. M. *Komp'yuternoe modelirovanie i optimizatsiya khimiko-tekhnologicheskikh sistem* [Computer simulation and optimization of chemical processes: manual for universities]. Minsk, Belarusian State Technological University, 2004. 532 p. (In Russian)
2. Kolesnikov V., Urbanovich P., Brakovich A. Modeling and software implementation of fibrous waste disposal processes. *New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation – NEET' 2015: proc. of the 9-th Intern. conf. Lublin, 2015,* p. 37.

Информация об авторах

Колесников Виталий Леонидович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и технологий. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: vitalykolesnikov@mail.ru

Бракович Андрей Игоревич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: brakovich@yandex.ru

Information about the authors

Kolesnikov Vitalii Leonidovich – DSc (Engineering), Professor, Professor, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vitalykolesnikov@mail.ru

Brakovich Andrei Igorevich – PhD (Engineering), Associate Professor, Assistant Professor, the Department of Information Systems and Technologies. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: brakovich@yandex.ru

Поступила 14.04.2017