

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Григорьев С.Н., Грибков А.А. Дискретное и непрерывное адаптивное управление интенсивностью подачи материала при поэтапном порционном весовом дозировании	3
Парфёнов Е.В., Лазарев Д.М., Фаткуллин А.Р., Ерохин А.Л. Идентификация технологического процесса плазменно-электролитического оксидирования	6

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Фархадов М.П., Васьковский С.В., Ревонченкова И.Ф. Построение интеллектуальных информационных контакт-центров	14
Иванов В.К. Автоматизация моделирования и управления возможностями производственной системы	24
Степанов Л.В. Моделирование олигополистической конкуренции предприятий	29
Стценко К.Б. Классификация текстовых и нетекстовых объектов	34
Михалёв О.Н., Янюшкин А.С., Попов А.Ю. Современный подход к автоматизации технологической подготовки производства	39

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Куцько П.П., Пермяков Р.С. Оценка рисков при выполнении проектов по государственному оборонному заказу в электронной промышленности	44
---	----

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Итоги работы компании SAP СНГ в 2010 г.	48
--	----

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

Grigorev S.N., Gribkov A.A. Adaptive discrete and continuous control of the material feed intensity at step-by-step weight portion batching	3
Parfenov E.V., Lazarev D.M., Fatkullin A.R., Erokhin A.L. Technological process identification of the plasma-electrolytic oxidation	6

MODERN TECHNOLOGIES

Farkhadov M.P., Vaskodskiy S.V., Revonchenkova I.F. Construction of the intellectual information contact centers	14
Ivanov V.K. Simulation and control automation of the production system facilities	24
Stepanov L.V. Enterprise oligopolistic competition simulation	29
Statsenko K.B. Text and nontextual classification	34
Mikhalev O.N., Yanyushkin A.S., Popov A.Yu. Contemporary approach to technological preparation automation of the production	39

ECONOMICS AND ORGANIZATION OF SCIENTIFIC AND ECONOMIC AKTIVIES

Kutsko P.P., Permyakov R.S. Risks valuation for projects implementation of the state defense order in the electronic industry	44
---	----

EXHIBITION AND PRESENTATIONS

The outcome of the company's SAP CIS in 2010	48
--	----

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу «Роспечать» — 70537, по каталогу «Пресса России» — 27838, по «Каталогу российской прессы «Почта России» — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу (499) 269 4897, по e-mail realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефон для справок (499) 269 6600, 269 5298

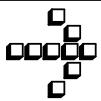
Художественный редактор Галицина Т.Н.
Компьютерный набор Путинов В.Н.
Компьютерная верстка Тугаринов А.А.

Набрано в ФГУ “Научно-исследовательский институт –
Республиканский исследовательский
научно-консультационный центр экспертизы”
123995, Москва, ул. Антонова-Овсеенко, 13. Тел.: (499) 795 1789

Сдано в набор 28.01.11. Подписано в печать 28.03.11.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Уч. изд. л. 6,9. Заказ 183. Цена свободная

Отпечатано в ООО «Подольская Периодика»
142110, Московская обл., г. Подольск,
ул. Кирова, 15

**Перепечатка материалов из журнала «Автоматизация и современные технологии» возможна
при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка
на журнал «Автоматизация и современные технологии» обязательна.
За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель**



УДК 681.5.011

С.Н. Григорьев, д-р техн. наук, проф., **А.А. Грибков**, канд. техн. наук
(Московский государственный технологический университет «Станкин»)

andarmo@yandex.ru

ДИСКРЕТНОЕ И НЕПРЕРЫВНОЕ АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ПОДАЧИ МАТЕРИАЛА ПРИ ПОЭТАПНОМ ПОРЦИОННОМ ВЕСОВОМ ДОЗИРОВАНИИ

Рассмотрена возможность повышения производительности дозирования материалов за счёт адаптивного управления интенсивностью подачи. При рассмотрении дискретного и непрерывного типов управления осуществлено их различие по областям применения.

Ключевые слова: поэтапное весовое дозирование, адаптивное управление, интенсивность подачи.

Productivity growth possibility of the material batching through the use of a feed intensity adaptive control is considered. Application regions differentiation of the discrete and continuous control is implemented for control mode consideration.

Key words: step-by-step weight batching, adaptive control, feed intensity.

Одной из основных составляющих оптимизации порционного весового дозирования является определение оптимального режима дозирования, т. е. нахождения такой зависимости интенсивности подачи материала от времени, которая обеспечивает, в зависимости от критерия оптимизации, минимальное время дозирования порции или минимальные требования к точности элементов дозирующей системы.

Наиболее важным частным случаем оптимизации режима дозирования является оптимизация поэтапного дозирования, при котором интенсивность подачи материала изменяется (снижается) ступенчато, причём на каждом последующем этапе осуществляется компенсация погрешностей предыдущего этапа [1, 2].

При дискретном управляющем воздействии на интенсивность подачи материала (только в момент переключения интенсивности подачи между этапами дозирования) целесообразно определять режим последующего дозирования в соответствии с результатом предшествующего. Например, режим дозирования на втором и третьем этапах трёхэтапного дозирования, полученный в ходе оптимизации всего режима дозирования, становится неоптимальным, если дозирование первого этапа завершено и результат дозирования первого этапа (из-за присутствия погрешностей) отличается от запланированного в ходе оптимизации. В этом случае следует осуществить новую оптимизацию с учётом результата дозирования первого этапа.

Указанная дополнительная оптимизация невозможна при двухэтапном дозировании, так как все параметры дозирования уже определены и не могут быть изменены без потери точности дозирования.

При трёхэтапном дозировании дополнительная оптимизация должна проводиться исходя из следующих соотношений:

$$Q_2 T_2 = KCQ'_1, \quad Q_3 T_3 = KCQ_2, \quad Q_3 = \Delta/K, \\ Q'_1 = M_1/T_1, \quad (1)$$

где Q_2, Q_3 – подлежащие определению интенсивности подачи на втором и третьем этапах; T_2, T_3 – подлежащие определению продолжительности дозирования на втором и третьем этапах; K – приведённая погрешность времени дозирования (время, за которое выпускается масса, равная абсолютной погрешности, при текущем значении интенсивности подачи); C – коэффициент запаса по компенсации погрешностей между этапами; Q'_1 – известная интенсивность подачи материала на первом этапе; M_1, T_1 – измеряемые масса, дозированная на первом этапе, и продолжительность первого этапа.

Исходя из соотношений (1)

$$Q_2 = \frac{M - M_1 - KCQ'_1}{KC}.$$

При четырёхэтапном дозировании дополнительная оптимизация (в данном случае это будет первая дополнительная оптимизация) должна проводиться исходя из следующих соотношений:

$$\begin{aligned} Q_2 T_2 &= KCQ'_1, \quad Q_3 T_3 = KCQ'_2, \quad Q_4 T_4 = KCQ'_3, \\ Q_4 &= \Delta/K, \quad Q'_1 = M_1/T_1, \end{aligned} \quad (2)$$

где Q_4 , T_4 — интенсивность подачи и продолжительность дозирования на четвёртом этапе дозирования.

Исходя из соотношений (2)

$$T_4 = \frac{KCQ_3}{Q_4} = \frac{K^2 C}{\Delta} Q_3, \quad T_3 = \frac{KCQ_2}{Q_3},$$

$$T_2 = \frac{M - M_1}{Q_2} - KC \left(1 + \frac{Q_3}{Q_2} \right).$$

Отсюда

$$\begin{aligned} T_{2,3,4} &= T_2 + T_3 + T_4 = \frac{M - M_1}{Q_2} + \\ &+ KC \left(\frac{Q_2}{Q_3} - 1 - \frac{Q_3}{Q_2} \right) + Q_3 \frac{K^2 C}{\Delta}. \end{aligned}$$

Для определения оптимального режима про-дифференцируем $T_{2,3,4}$ по Q_2 и Q_3 , а затем приравняем к нулю:

$$\begin{cases} \frac{dT_{2,3,4}}{dQ_2} = -\frac{M - M_1 + KCQ_3}{Q_2^2} + \frac{KC}{Q_3} = 0; \\ \frac{dT_{2,3,4}}{dQ_3} = -\frac{KCQ_2}{Q_3^2} - \frac{KC}{Q_2} + \frac{K^2 C}{\Delta} = 0. \end{cases}$$

В результате получим систему уравнений

$$\begin{cases} Q_2^2 = \frac{M - M_1 + KCQ_3}{KC} Q_3 \\ Q_3^2 = \frac{Q_2}{1/Q_4 - 1/Q_2}. \end{cases}$$

Тогда

$$Q_3 = \frac{M - M_1}{(Q_2/Q_4 - 2)KC},$$

а величина Q_2 определяется из уравнения четвёртой степени:

$$\begin{aligned} \frac{1}{Q_4^2} Q_2^4 - \frac{4}{Q_4} Q_2^3 + 4Q_2^2 - \frac{[(M - M_1)/KC]^2}{Q_4} Q_2 + \\ + \left(\frac{M - M_1}{KC} \right)^2 = 0. \end{aligned}$$

После завершения второго этапа четырёхэтапного дозирования следует осуществить вторую дополнительную оптимизацию, исходные соотношения для которой

$$\begin{aligned} Q_3 T_3 &= KCQ'_2, \quad Q_4 T_4 = KCQ'_3, \quad Q_4 = \Delta/K, \\ Q'_2 &= M_2/T_2, \end{aligned} \quad (3)$$

где M_2 , T_2 — измеренные масса, дозированная на втором этапе, и продолжительность дозирования на втором этапе.

Исходя из выражений (3)

$$Q_3 = \frac{M - M_1 - M_2 - KCQ'_2}{KC}.$$

Основной задачей адаптивного управления подачей материала является уменьшение погрешности времени дозирования порции. Для всех случаев дискретного адаптивного управления подачей материала (т. е. когда возможна дополнительная оптимизация) максимальная погрешность времени дозирования порции определяется формулой

$$\Delta T_\Sigma = T_n/C + K, \quad (4)$$

где T_n — расчётная продолжительность дозирования на последнем этапе.

Наряду с дискретным адаптивным управлением интенсивностью подачи перспективным является использование непрерывного адаптивного управления. В этом случае осуществляется перманентное корректирование подачи в соответствии с результатами сопоставления измеренного текущего значения дозированной массы и теоретического значения массы, соответствующего оптимальному режиму дозирования.

Возможны два основных варианта непрерывного адаптивного управления интенсивностью подачи материала.

В первом варианте (рис. 1) управление интенсивностью подачи осуществляется на всех этапах (стадиях) дозирования. При этом интенсивность дозирования на заключительном этапе (стадии) заведомо умножается на $(1 - 1/C)$.

Во втором варианте (рис. 2) управление интенсивностью подачи осуществляется на всех этапах (стадиях), кроме последнего. На последнем этапе интенсивность подачи материала определяется из выражения $Q_n = \Delta/K$.

Диапазон регулирования на этапе (стадии) максимальной интенсивности подачи материала определяется максимальной погрешностью расхода. В частности, для трёхэтапного дозиро-

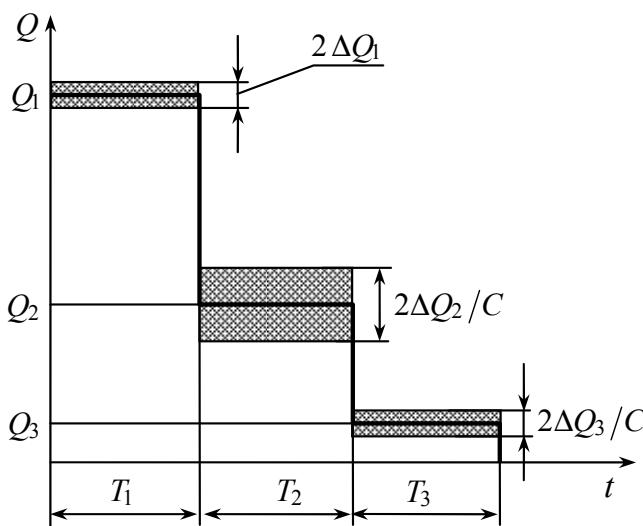


Рис. 1. Первый вариант непрерывного управления

вания диапазон регулирования составит $2\Delta Q_1$ (см. рис. 1 и 2).

Чтобы погрешность предыдущего этапа могла быть полностью компенсирована на последующем за счёт изменения интенсивности подачи без изменения продолжительности дозирования, диапазон регулирования на k -м промежуточном этапе (не первом и не последнем) должен составлять $2\Delta Q_k/C$. Это обусловлено тем, что в соответствии с условиями оптимизации, масса, дозируемая на последующем этапе, в C раз больше погрешности предыдущего этапа ($Q_k T_k = Q_{k-1} K C$).

При первом варианте управления интенсивностью подачи диапазон изменения интенсивности для последнего этапа определяется так же, как для промежуточных этапов. Во втором варианте изменения интенсивности не допускаются. Погрешности ΔT_Σ^I и ΔT_Σ^{II} времени дозирования порции в обоих вариантах оказываются одинаковыми:

$$\Delta T_\Sigma^I = K + (T'_n - T_n) = K + T_n/C,$$

$$\Delta T_\Sigma^{II} = K + T_n/C, \quad (5)$$

где $T'_n = T_n Q_n / Q'_n$; Q'_n – заведомо уменьшенная интенсивность подачи на заключительном этапе (стадии); Q_n , T_n – интенсивность подачи и продолжительность дозирования на заключительном этапе при оптимальном режиме.

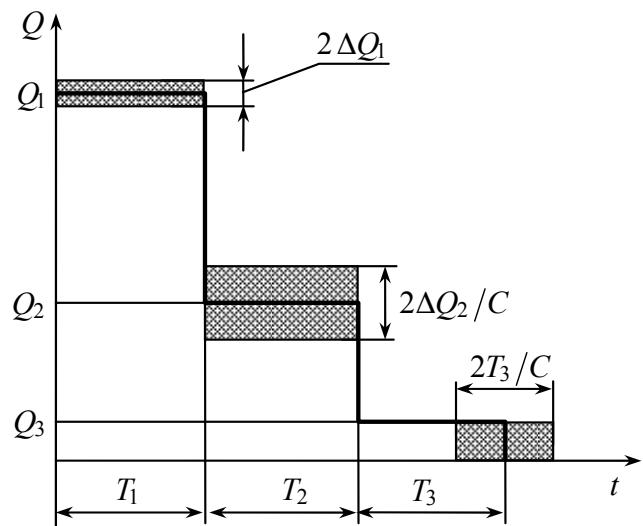


Рис. 2. Второй вариант непрерывного управления

Из сравнения выражений (4) и (5) следует, что погрешность времени дозирования порции при непрерывном управлении не меньше, чем при дискретном управлении. Поэтому при выборе способа управления подачей следует исходить из технических (конструктивных) соображений. Базовыми факторами при выборе способа управления являются следующие критерии:

конструктивно проще реализовать непрерывное управление. Программатор режима дозирования может быть как электронным, так и механическим;

при высокой производительности дозирования непрерывное управление требует измерительных устройств, системы гидро- или пневмоавтоматики очень высокой точности и быстродействия, что сопряжено с повышением стоимости дозирующей системы. При дискретном управлении требования к элементам дозирующей системы существенно ниже.

Таким образом, при низкой и средней производительности можно использовать непрерывное управление, для высокопроизводительных дозирующих систем – дискретное управление.

Библиографические ссылки

- Грибков А.А., Андреев Г.Н. К вопросу о повышении точности дозирования материалов / Проектирование технологических машин. Вып. 12. М.: МГТУ «Станкин». 1998. С. 88–92
- Григорьев С.Н., Грибков А.А. Оптимизация точности элементов дозирующей системы // Техника и технология. 2006. № 5. С. 73–79.

УДК 681.513

Е.В. Парфёнов, канд. техн. наук, Д.М. Лазарев, А.Р. Фаткуллин
 (Уфимский государственный авиационный технический университет),
А.Л. Ерохин (Университет Шеффилда, Великобритания)

pev_us@yahoo.com

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННО-ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ОКСИДИРОВАНИЯ

Рассмотрена задача идентификации процесса плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) как объекта управления. Предложены подходы к идентификации этого процесса на основе фотографий популяции микроразрядов, появляющихся на поверхности детали в ходе обработки. Даны рекомендации по их применению в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом плазменно-электролитического оксидирования.

Ключевые слова: плазменно-электролитическое оксидирование, идентификация процесса, автоматизация процесса, обработка изображений, плотность распределения микроразрядов, размер микроразрядов.

Process identification task of the plasma-electrolytic oxidation (PEO) as control object is considered. Approach to this process identification from the microdischarges population photography appearing on the workpiece surface as a result of processing are proposed. Guidelines for theirs application in the automatic control system structure of the plasma-electrolytic oxidation technological process are adduced.

Key words: plasma-electrolytic oxidation, process identification, process automation, imagery processing, microdischarges distribution density, microdischarges size.

Введение. Внедрение в производство инновационных научноёмких технологий подразумевает применение автоматизированных систем управления, обеспечивающих эффективное проведение и управление технологическим процессом в требуемом направлении [1].

Развитие гальванических процессов привело к появлению нового направления в области получения функциональных покрытий различного назначения – плазменно-электролитического оксидирования (ПЭО) [2, 3]. Метод ПЭО применяется для нанесения износостойких покрытий на поверхности вентильных металлов (алюминий, титан, цирконий, магний и т. д.) и их сплавов, применяемых в автомобильной, судостроительной, авиационной и других областях промышленности [4].

Основным отличием ПЭО от традиционных электрохимических процессов оксидирования является использование высоких напряжений (от 100 до 800 В). При оксидировании на поверхности вентильных металлов образуется полупроводниковый оксид, который при анодном включении детали запирает ток [2]. Оксидный слой обладает наибольшим сопротивлением в системе, и на нём происходит основное падение напряжения источника питания. За счёт высокой напряжённости поля в оксиде появляются микроразряды, которые

повышают интенсивность роста покрытия, но при этом делают процесс ПЭО сложным и нелинейным [5]. Кроме того, при повышенных температурах электролита вокруг детали – электрода меньшего размера – раствор вскипает, и образуется высокоомная парогазовая оболочка (ПГО), которая также воздействует на поверхность, но усложняет механизм процесса. В результате система имеет нелинейную вольт-амперную характеристику с участками отрицательного динамического сопротивления, которая приведена в работе [6]. Таким образом, в отличие от общезвестных электрохимических процессов, для системы ПЭО характерны наличие высокотемпературных химических реакций, транспортирование вещества в электрическом разряде, электроэррозионное и гидродинамическое воздействие на поверхность [2].

В связи с тем что нанесение защитных покрытий методом ПЭО предложено сравнительно недавно, создание автоматизированных систем управления технологическим процессом плазменно-электролитического оксидирования (АСУ ТП ПЭО) неразрывно связано с необходимостью изучения механизма процесса, выявления независимых параметров состояния поверхности и параметров обратной связи, измеряемых в ходе обработки [7]. При этом одной из основных проблем, требующих решения при автоматизации процесса

ПЭО, является его идентификация как объекта управления. Решение данной проблемы затруднено из-за ненаблюдаемости свойств обрабатываемой детали при нанесении покрытия. Проблема усложняется тем, что число наблюдаемых параметров технологического процесса (ток, напряжение, температура электролита) ограничено.

Значительный объём информации может быть извлечён при обработке изображений популяции микроразрядов на поверхности детали. В работах [2, 3] отмечается изменение спектра свечения, видимого размера и плотности распределения микроразрядов в зависимости от условий и длительности обработки, а следовательно, от свойств поверхностного слоя и в первую очередь от толщины покрытия. В работах [8, 9] приведён статистический анализ популяции микроразрядов с целью изучения механизма процесса ПЭО. В настоящей работе рассмотрено решение задачи идентификации свойств поверхностного слоя (толщины покрытия и шероховатости поверхности) в ходе технологического процесса ПЭО алюминия на основе обработки изображений популяции микроразрядов с целью создания нового контура обратной связи в составе АСУ ТП ПЭО, позволяющего повысить точность обработки.

Идентификация процесса плазменно-электролитического оксидирования по фотографиям популяции микроразрядов. ПЭО алюминия проводилось при постоянном напряжении U : 450, 500, 550, 600 В и длительности обработки t : 1, 5, 10, 15, 20 мин по методике, представленной в работе [10]. Фотографирование микроразрядов осуществлялось фотоаппаратом «Зенит КМ» с выдержкой t : 1/2, 1/15, 1/250, 1/2000 с. Фотографии обрабатывались с помощью программы [11] по алгоритму, представленному на рис. 1. По окончании оксидирования измеряли толщину покрытия h (мкм) и шероховатость поверхности R_a (мкм), далее они моделировались с помощью нейронных сетей [10]. Результаты вычислительного эксперимента для параметров h и R_a использовались в данной работе для решения задачи идентификации.

Результатами работы программы анализа популяции микроразрядов являются гистограммы распределения микроразрядов по размерам, которые приведены на рис. 2 (для фотографий, представленных в работе [10]). Анализ гистограмм показал, что распределение разрядов по размерам имеет сложный вид и отличается от нормального. Поэтому на первом этапе решения задачи идентификации процесса ПЭО используются интегральные характеристики данных гистограмм — плотность распределения микроразрядов N (см^{-2}) и средний видимый размер микроразряда S (см^2).

В связи со значительной неопределённостью и сравнительно малым объёмом данных, получен-

ных при обработке изображений, проводилось нейросетевое моделирование интегральных характеристик микроразрядов с помощью обобщённой регрессионной нейронной сети [12], позволяющей выявить в таких условиях наиболее сильные зависимости в многосвязной нелинейной системе ПЭО. При моделировании проводилось нормирование факторов и откликов — приведение к диапазону $[-1; 1]$.

Для построения модели, аппроксимирующей интегральные характеристики популяции микроразрядов, использовали нейронную сеть F_1 :

$$\hat{N}_L, \hat{S}_L = F_1(\tilde{U}, \tilde{t}, \tau_L),$$

где \hat{N}_L — аппроксимированное значение логарифмированной плотности распределения микроразрядов; \hat{S}_L — аппроксимированное значение логарифмирован-

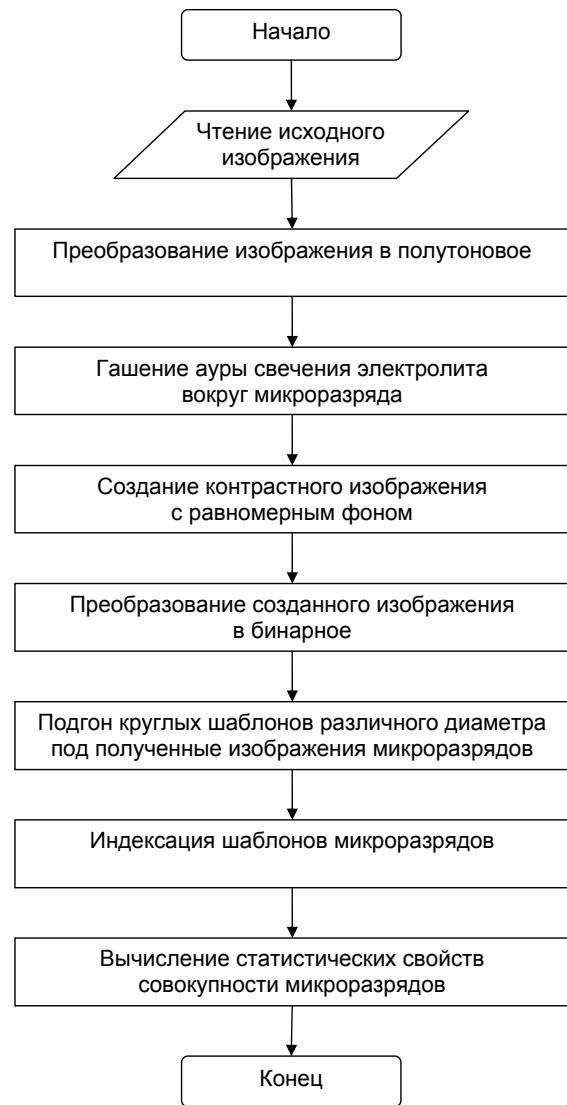


Рис. 1. Алгоритм программы обработки изображений популяции микроразрядов

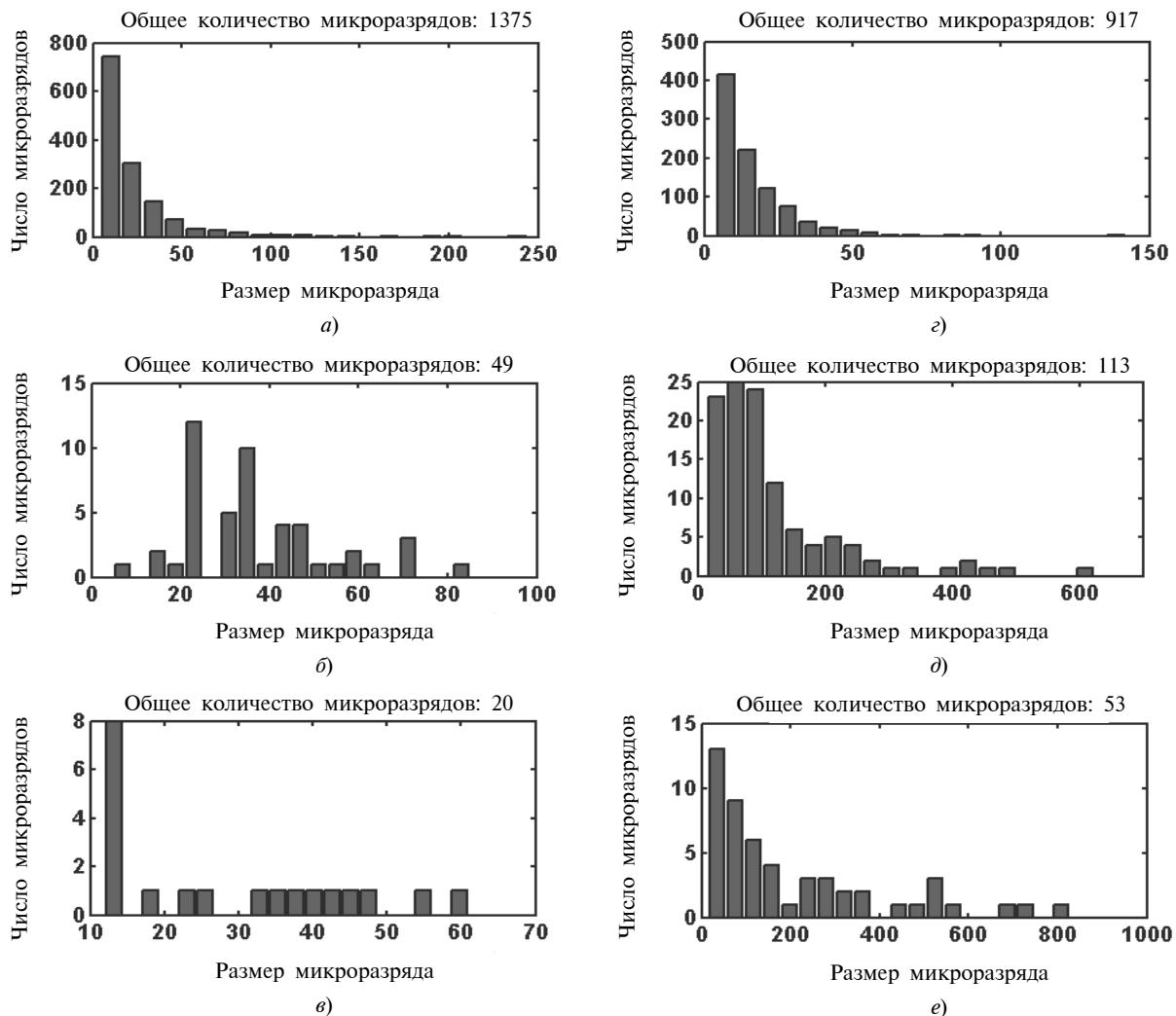


Рис. 2. Гистограммы распределения микроразрядов по размерам:

a – $U = 450$ В, $t = 1$ мин; б – $U = 450$ В, $t = 10$ мин; в – $U = 450$ В, $t = 20$ мин; г – $U = 550$ В, $t = 1$ мин;
д – $U = 550$ В, $t = 10$ мин; е – $U = 550$ В, $t = 20$ мин

ного среднего размера микроразряда; $\hat{U} = \frac{U - 525}{75}$ – нормированное значение напряжения; $\tilde{t} = \frac{t - 10,5}{9,5}$ – нормированное значение длительности обработки; $\tau_L = -\lg(\tau)$ – логарифмированное значение выдержки.

Структура нейросети F_1 показана на рис. 3, а. Обучение данной нейросети проводилось по критериям

$$R^2(\hat{N}_L, N_L) = f_{11}(s) > \alpha,$$

$$R^2(\hat{S}_L, S_L) = f_{12}(s) > \alpha,$$

где R^2 – коэффициент детерминации; $N_L = \lg(N)$ – логарифмированное значение экспериментально измеренной плотности распределения микроразрядов; $S_L = \lg(S)$ – логарифмированное значение экспери-

ментально измеренного среднего видимого размера микроразряда; s – ширина гауссовой активационной функции нейронов spread; α – заданная точность обучения.

Параметры и результаты обучения нейросети приведены в табл. 1. Результаты нейросетевого моделирования параметров популяции микроразрядов показаны на рис. 4 и 5 для аппроксимированной плотности распределения ($\hat{N} = 10^{\hat{N}_L}$) и аппроксимированного среднего размера ($\hat{S}_L = 10^{\hat{S}_L}$) соответственно. Из рис. 4 и 5 видно, что плотность микроразрядов изменяется от $0,3$ до 90 см $^{-2}$ в исследуемом диапазоне условий обработки и выдержек, а средний видимый размер от $2 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-2}$ см 2 .

Анализ зависимостей показывает, что в ходе обработки плотность распределения микроразрядов уменьшается, а средняя площадь микроразряда возрастает при росте покрытия, но снижается,

если покрытие перестаёт расти. С ростом напряжения плотность микроразрядов увеличивается, что связано с повышением интенсивности обработки. Некоторые отклонения от указанной закономерности при $U = 600$ В могут быть связаны с образованием пузырьковой парогазовой оболочки, которая искажает фотографируемую картину популяции микроразрядов. Средний видимый размер микроразрядов также увеличивается с ростом напряжения. При увеличении выдержки фиксируемая плотность микроразрядов повышается, что связано с интегрирующими свойствами фотографий. При малых выдержках зависимость параметра \hat{N} от напряжения проявляется сильнее, при уменьшении выдержки средний видимый размер микроразрядов уменьшается, причём эффект уменьшения зависит от стадии обработки: при активном росте покрытия этот эффект проявляется слабее. Совместный анализ рис. 4 и 5 показывает, что зависимость плотности распределения микроразрядов и среднего размера микроразряда от напряжения и длительности обработки наиболее ярко проявляется при выдержке 1/250 с.

Поиск информативного параметра P проводился на основе корреляционного анализа между параметрами популяции микроразрядов и параметрами состояния поверхности. Степень линейной зависимости оценивали с помощью коэффициента детерминации R^2 , представляющего собой квадрат коэффициента парной корреляции R . Результаты корреляционного анализа приведены в табл. 2, из которой следует, что параметры состояния поверхности h и R_a являются сильно коррелированными, что облегчает идентификацию ТП ПЭО. Анализ также показывает, что интегральные параметры популяции микроразрядов \hat{N} и \hat{S} не коррелированы при больших выдержках и слабо коррелированы при малых выдержках. Отсутствие линейной связи между данными параметрами указывает на их независимость и позволяет использовать в качестве информативных параметров для идентификации процесса. Анализ корреляции между параметрами состояния поверхности и популяции микроразрядов указывает на их недостаточную для проведения идентификации коррелированность, что требует применения нелинейного преобразования для извлечения информации.

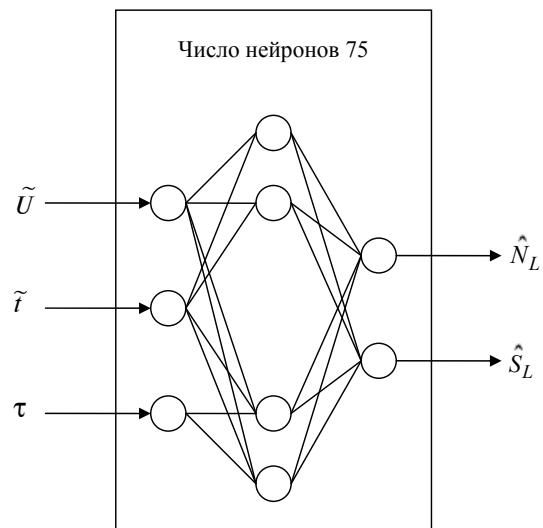
Для решения задачи идентификации предлагаются два альтернативных подхода: применение обобщённого информативного параметра, вычисляемого из параметров популяции микроразрядов и не зависящего явно от напряжения и времени; использование диагностирующей нейронной сети, вычисляющей по значениям информативных параметров идентифицируемые параметры состояния поверхности.

В результате анализа динамики информативных параметров \hat{N} и \hat{S} предложена их следующая

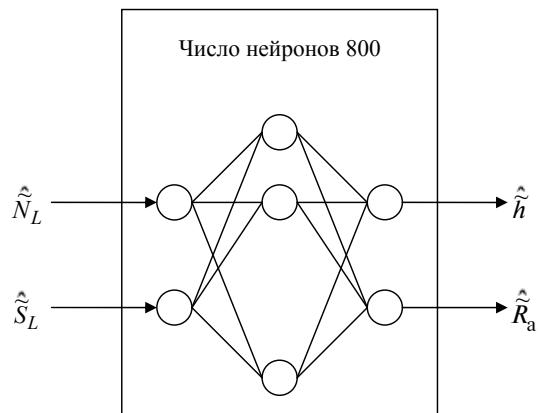
Таблица 1

Параметры обучения нейронных сетей

Нейронная сеть	F_1	F_2	F_2
Ширина активационной функции s	0,70	0,05	0,03
Заданная точность α	0,950		0,990
Средний коэффициент детерминации R^2	0,956	0,997	0,999



a)



б)

Рис. 3. Структура нейронных сетей:

а — модель, аппроксимирующая интегральные характеристики популяции микроразрядов (нейронная сеть F_1); б — модель для нейросетевой идентификации процесса ПЭО (нейронная сеть F_2)

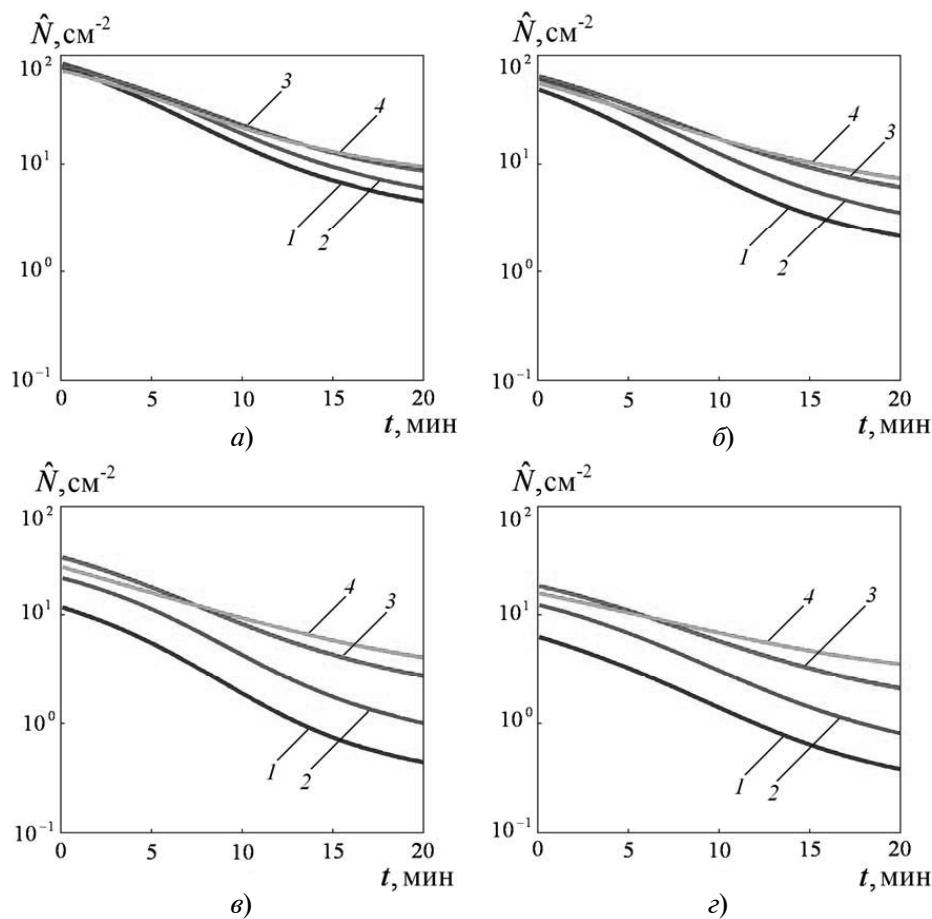


Рис. 4. Результаты нейросетевого моделирования для аппроксимированной плотности распределения микроразрядов \hat{N} при различных выдержках τ и напряжениях U :

a – 1/2 с; б – 1/15 с; в – 1/250 с; г – 1/2000 с;
1 – 450 В; 2 – 500 В; 3 – 550 В; 4 – 600 В

свёртка в обобщённый безразмерный информативный параметр P :

$$P(t) = k \int_0^t \hat{S}(x) \hat{N}(x) dx, \quad (1)$$

где x – переменная интегрирования; k – эмпирический коэффициент.

На рис. 6 приведены результаты применения свёртки (1) к информативным параметрам \hat{N} и \hat{S} при различных выдержках. Анализ динамики кривых указывает на их общее соответствие кривым роста покрытия, обозначенных на рис. 7 точками. Анализ корреляционных коэффициентов (см. табл. 2) свидетельствует о высокой степени корреляции обобщённого информативного параметра P и параметров состояния поверхности h и R_a . Анализ зависимости степени корреляции от выдержки показал, что наиболее информативной также является выдержка 1/250 с, что позволяет рекомендовать экспозиции в диапазоне от 1/100 до 1/1000 с для иден-

тификации процесса ПЭО по фотографиям популяции микроразрядов.

Для нейросетевой идентификации использовалась нейронная сеть F_2 , обеспечивающая отображение из пространства информативных параметров (для выдержки 1/250 с) в пространство параметров состояния поверхности:

$$(\hat{h}, \hat{R}_a) = F_2(\hat{\tilde{N}}_L, \hat{\tilde{S}}_L),$$

где \hat{h} – идентифицированное значение нормированной толщины покрытия $\tilde{h} = \frac{h - 25}{25}$; \hat{R}_a – идентифицированное значение нормированной шероховатости поверхности $\hat{R}_a = \frac{R_a - 2,5}{2,5}$; $\hat{\tilde{N}}_L = (\tilde{N}_L - 0,5)$ – нормированное значение аппроксимированной логарифмированной плотности распределения микроразрядов; $\hat{\tilde{S}}_L = \frac{\hat{S}_L - 2,75}{2,75}$ – нормированное значение аппроксимированного логарифмированного среднего видимого размера микроразряда.

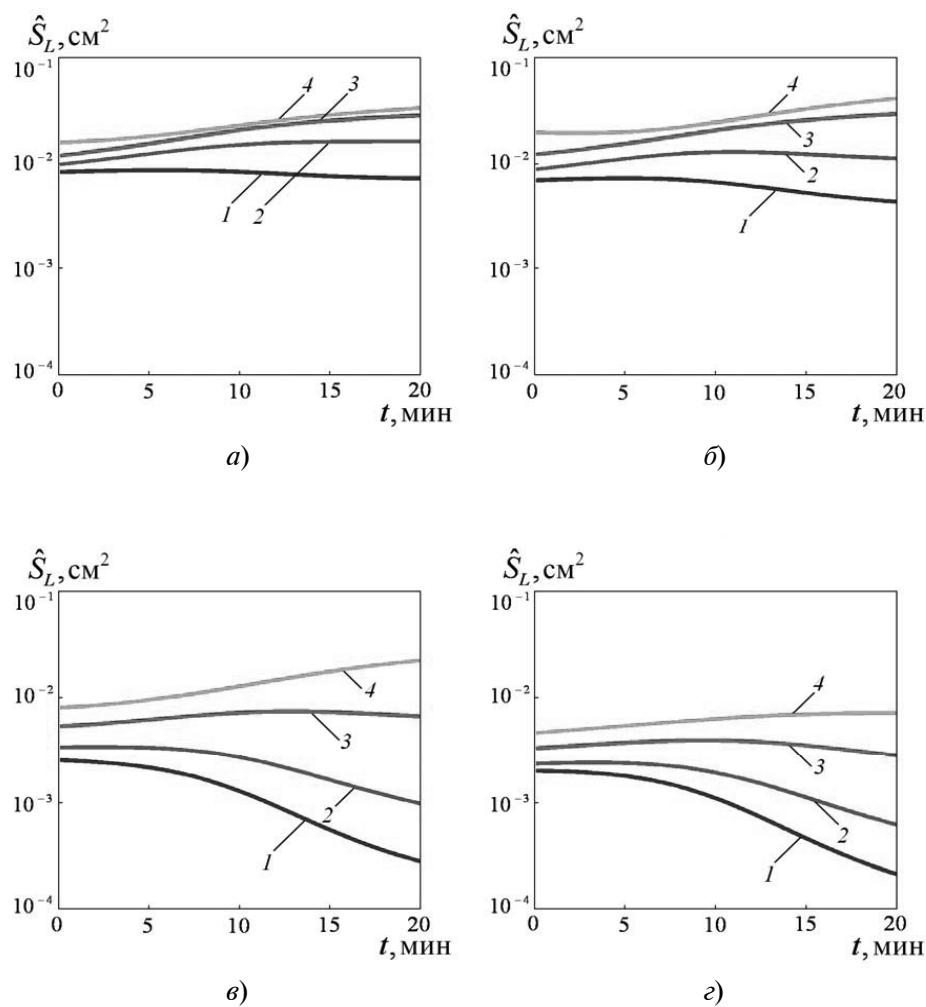


Рис. 5. Результаты нейросетевого моделирования для аппроксимированного среднего размера микроразряда \hat{S}_L при различных выдержках τ и напряжениях U :

a – 1/2 с; *б* – 1/15 с; *в* – 1/250 с; *г* – 1/2000 с;
1 – 450 В; 2 – 500 В; 3 – 550 В; 4 – 600 В

Таблица 2

Квадраты коэффициента парной корреляции R^2 (коэффициенты детерминации)

Выдержка τ , с	1/2	1/15	1/250	1/2000
$R^2(h, R_a)$	0,991			
$R^2(\hat{N}_L, \hat{S}_L)$	0,015	0,039	0,498	0,687
$R^2(\hat{N}_L, h)$	0,044	0,004	0,034	0,067
$R^2(\hat{S}_L, h)$	0,793	0,801	0,650	0,508
$R^2(\hat{N}_L, R_a)$	0,032	0,001	0,046	0,085
$R^2(\hat{S}_L, R_a)$	0,784	0,797	0,671	0,536
$R^2(P, h)$	0,695	0,870	0,967	0,959
$R^2(P, R_a)$	0,661	0,845	0,959	0,952

Структура нейросети F_2 представлена на рис. 3, б. Обучение данной нейросети проводилось по критериям

$$R^2(\hat{h}, \tilde{h}) = f_{21}(s) > \alpha, R^2(\hat{\tilde{R}}_a, \tilde{R}_a) = f_{12}(s) > \alpha.$$

В отличие от нейросети F_1 , для диагностической модели F_2 требуется высокая степень адекватности, что необходимо для успешного решения обратной задачи идентификации.

На рис. 7 показаны результаты нейросетевой идентификации толщины покрытия и шероховатости поверхности по информативным параметрам популяции микроразрядов. Анализ кривых, соответствующих $s = 0,05$ и приведённых на рис. 7, а, показал, что предложенный способ нейросетевой идентификации устойчиво работает во всём диапазоне условий активного роста покрытий при ПЭО. Устойчивость диагностической модели уменьшается в условиях слабого роста покрытий, когда микроразряды практически исчезают, что проявляется в колебаниях на кривой

идентификации. Уменьшение ширины активационной функции нейронов до $s \leq 0,03$ приводит к полному совпадению кривой идентификации и идентифицируемых точек (см. рис. 7, б).

Заключение. Предложен подход к идентификации процесса ПЭО как объекта управления на основе фотографий микроразрядов, появляющихся на поверхности детали в ходе обработки, позволяющий оценить состояние поверхности без прерывания процесса. Предложены способы идентификации ТП ПЭО с использованием плотности распределения микроразрядов и среднего видимого размера микроразряда:

на основе их свёртки в обобщённый информативный параметр, сильно коррелированный с параметрами состояния поверхности;

на основе нейросетевой диагностической модели.

Перечисленные способы позволяют идентифицировать состояние поверхности в ходе технологического процесса ПЭО с точностью порядка 95 % и могут быть использованы в АСУ ТП ПЭО

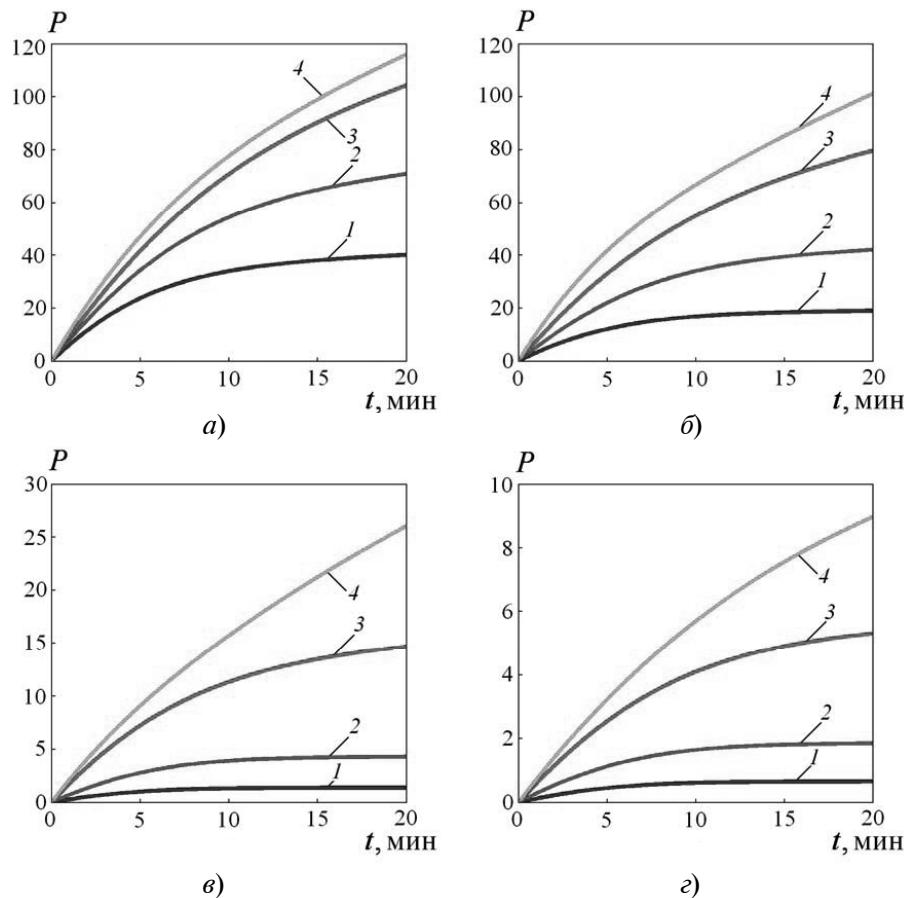


Рис. 6. Обобщённый безразмерный информативный параметр $P(t)$ при различных выдержках τ и напряжениях U :

а – 1/2 с; б – 1/15 с; в – 1/250 с; г – 1/2000 с;
1 – 450 В; 2 – 500 В; 3 – 550 В; 4 – 600 В

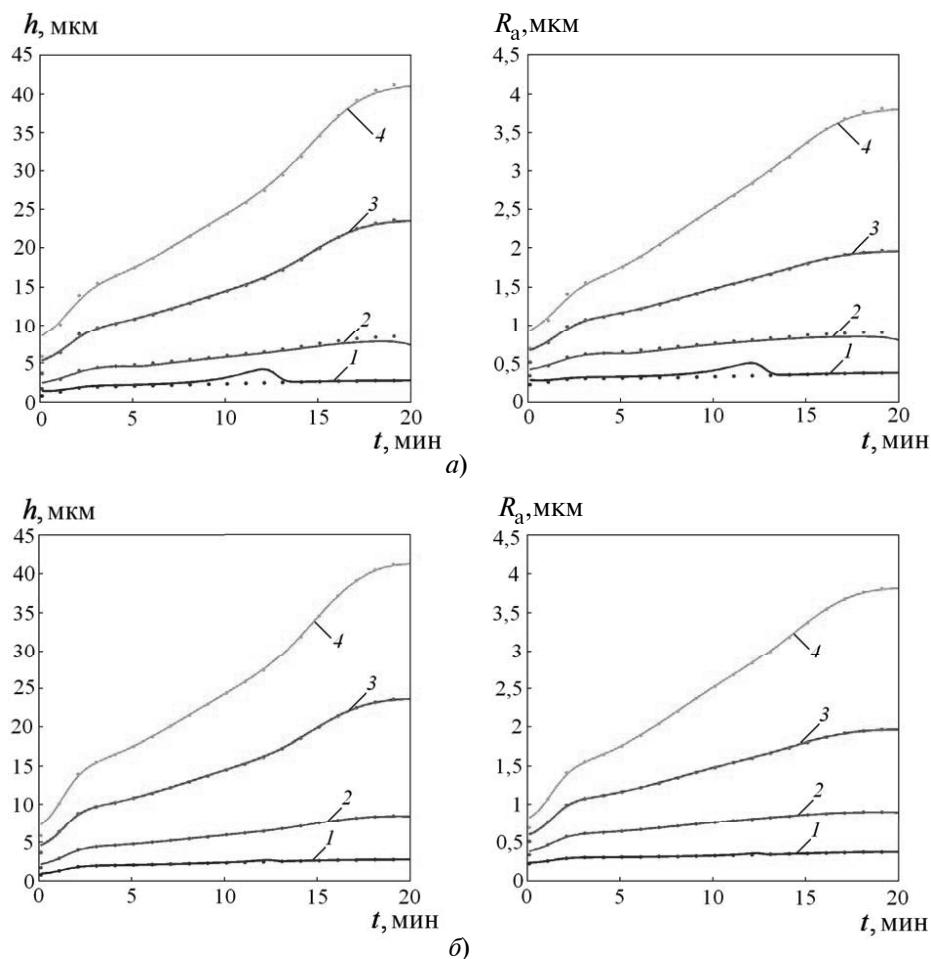


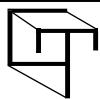
Рис. 7. Результаты нейросетевой идентификации толщины покрытия *h* и шероховатости поверхности *R_a* по информативным параметрам популяции микроразрядов при различных значениях ширины активационной функции нейронов *s* и напряжениях *U*:

a – 0,05; *b* – 0,03 и менее; 1 – 450 В; 2 – 500 В; 3 – 550 В; 4 – 600 В

с новым контуром обратной связи по параметрам состояния поверхности.

Библиографические ссылки

1. Интеллектуальное управление производственными системами / С.Т. Кусимов, Б.Г. Ильясов, Л.А. Исмагилова, Р.Г. Валеева. М.: Машиностроение, 2001. 327 с.
2. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов / В.В. Баковец, О.В. Поляков, И.П. Долговесова. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1991. 164 с.
3. Микродуговое оксидирование: Теория, технология, оборудование / И.В. Суминов, А.В. Эпельфельд, В.Б. Людин. М.: ЭкоМет, 2005. 368 с.
4. Гордиенко П.С., Руднев В.С. Электрохимическое формирование покрытий на алюминии и его сплавах в условиях электрического пробоя. Владивосток: Дальнаука, 1999. 233 с.
5. Микроплазменные электрохимические процессы / В.И. Белеванцев, О.П. Терлеева, Г.А. Марков, Е.К. Шулепко, А.И. Слонова, В.В. Уткин. Обзор // Защита металлов. 1998. Т. 34. № 5. С. 469–484.
6. Plasma electrolysis for surface engineering. Review/ A.L. Yerokhin, X. Nie, A. Leyland, A. Matthews, S.J. Dowey // Surface and Coatings Technology. 1999. Vol. 122. P. 73–79.
7. Горбатков С.А., Парфенов Е.В., Невьянцева Р.Р. Управление технологическим процессом электролитно-плазменного удаления покрытия // Вестник УГАТУ. 2003. Т. 4. № 1. С. 145–152.
8. Discharge characterization in plasma electrolytic oxidation of aluminium / A.L. Yerokhin, L.O. Snizhko, N.L. Gurevina, A. Leyland, A. Pilkington, A. Matthews // Journal of Physics D: Applied Physics. 2003. Vol. 36. P. 2110–2120.
9. Real-time imaging of coating growth during plasma electrolytic oxidation of titanium / E. Matykina, A. Berkani, P. Skeldon, G.E. Thompson // Electrochimica Acta. 2007. Vol. 53. P. 1987–1994.
10. Parfenov E.V., Yerokhin A., Matthews A. Small signal frequency response studies for plasma electrolytic oxidation // Surface and Coatings Technology. 2009. Vol. 203. P. 2896–2904.
11. Парфёнов Е.В., Лазарев Д.М. Программа для анализа микроразрядов по фотографиям процесса электролитно-плазменной обработки / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009611127 (РФ).
12. Wasserman P.D. Advanced Methods in Neural Computing // New York: Van Nostrand Reinold. 1993. P. 155–161.



УДК 681.3.014

М.П. Фархадов, канд. техн. наук, С.В. Васьковский, канд. техн. наук, И.Ф. Ревонченкова

(Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва)

mais@ipu.ru

ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОНТАКТ-ЦЕНТРОВ

Рассмотрена возможность построения интеллектуальных информационных систем с применением речевых и телекоммуникационных технологий. Приведён анализ надёжности, эффективности и себестоимости различных вариантов call-систем и средств их реализации. Предложена концепция системного решения проблемы повышения эффективности информационных и сервисных систем на базе современных речевых, интеллектуальных, информационных и телекоммуникационных технологий.

Ключевые слова: информационные технологии, средства связи, call-центры, речевые технологии, передача речевого трафика, контакт-центры, интеллектуальные информационные системы, открытые информационные и сервисные системы.

Construction possibility of the intellectual information systems with application speech and telecommunication technology application is considered. Reliability, efficiency and cost price analysis of the call-systems different versions and their implementation means is adduced. Problem systemic decision conception for information and service systems efficiency growth from a contemporary speech, intellectual, information and telecommunication technology is proposed.

Key words: information technology, communication means, call-centers, speech technology, speech traffic transmission, contact centers, intellectual information systems, opened information and service systems.

Введение. В конце XX в. в мире произошла научно-техническая революция в области информационно-технических технологий. На международном форуме в Окинаве в 2000 г. восемь индустриально развитых стран приняли хартию открытого информационного общества. В ней говорится, что информационно-технические технологии должны служить главной цели – обеспечению устойчивого экономического роста, повышению благосостояния общества, установлению мира и стабильности. В этих условиях значение телекоммуникационных систем находит своё применение в различных отраслях и постоянно возрастает.

В современном деловом мире одной из главных задач становится эффективное использование информации с её упорядочением, обновлением, передачей, преобразованием, обработкой и отображением. Для достижения наилучших результатов требуются новые технологии. Основным элементом, определяющим пути развития информационных систем и эффективность возрастающих затрат на обработку данных, является, несомненно, программное обеспечение.

Возможные подходы построения контакт-центров. В настоящее время интенсивно развиваются средства телефонной связи благодаря внедрению разнообразных компьютерных услуг, которые включают в себя автоответчики, голосовую почту и ряд других современных функций. Новейшие телекоммуникационные комплексы предлагают целый набор услуг, включая переадресацию вызова, широкий набор возможностей тарификации и финансовое планирование компаний. Голосовая почта позволяет экономить время пользователя, которому нет необходимости дозваниваться в течение длительного времени до нужного абонента. Наиболее важно при этом, что в телефонных системах всё шире реализуется не только передача голоса, но и передача данных.

Передача данных представляет собой передачу электрических сигналов в цифровом либо в аналоговом виде по каналам связи, в том числе беспроводным. Развитие современных технологий быстро расширяет номенклатуру применяемых сред. Особенно это касается оптоволоконных, инфракрасных и радиоканалов. Послед-

ние дают возможность использования переносных терминалов в офисе, автотранспорте, самолете и дома.

Учитывая снижение стоимости средств передачи информации и увеличение их пропускной способности, дороже всего обходится обеспечение взаимодействия между телекоммуникационными системами. Для лучшего использования пропускной способности каналов связи применяют методы мультиплексирования и временного уплотнения данных. При этом мультиплексирование даёт возможность работать в одной среде нескольким пользователям. Совмещение различных методов позволяет в несколько раз увеличить эффективность систем связи и соответственно окупаемость аппаратных средств и программного продукта.

Наиболее распространены в системах связи соединительные линии на основе витой пары, коаксиальных кабелей или оптоволокна. Выбор необходимых средств определяется их производительностью, стоимостью, эффективностью, надёжностью, отказоустойчивостью и помехозащищённостью. Важную роль играет возможность восстановления информации после потерь или повреждения данных. Эта функция, как правило, реализуется в протоколах управления каналами передачи данных [1–3].

По соображениям стоимости, безопасности и удобства частные фирмы используют голосовые сети, арендя телефонные линии у крупных телекоммуникационных компаний. При этом применяются различные технологии коммутации пакетов, дуплексный метод передачи и хранения данных (для исключения любых потерь информации). В целях безопасности используются многопроцессорные системы с встроенной внутренней сетью, которая полностью предотвращает потерю информации, даже при внезапном отключении питания. С этой же целью создаётся цифровая сеть с интегрированными услугами (Integrated Service Digital Network, ISDN). Она представляет собой набор протоколов и услуг, реализуемых для передачи данных, видео и голоса с высочайшим качеством и эффективностью. Локальные сети, использующие протокол Ethernet, как правило, устанавливаются в едином помещении или комплексе зданий одного предприятия. Эффективным и относительно дешёвым средством передачи голосового трафика может служить также глобальная сеть общего пользования Интернет [4–6].

В современном мире компьютерных технологий возникает необходимость создания систем, поддерживающих речевой интерфейс. Эта необходимость обусловлена тем, что у различных компаний возрастает потребность в увеличении обмена информацией. Лавинообразно возраста-

ет число переговоров и заявок на получение информации. Соответственно возрастает число потребителей информации. Телефонные службы не справляются с массой телефонных звонков. Ответы телефонных операторов часто не удовлетворяют запросам потребителя. Например, у производственных предприятий, а также предприятий, реализующих товар, поставляющих сырье и материалы, запчасти и детали на производство, существует потребность в обработке большого объёма телефонных переговоров, сообщений, запросов и вызовов. Компании в сфере услуг также нуждаются в обеспечении стабильного и эффективного процесса обработки информации. В системах массового обслуживания число потребителей, нуждающихся в справочной информации в различных сферах потребления, также стремительно растёт. Что касается системы безопасности и оповещения, связанной с произошедшими террористическими актами, то обработка информации и сообщение списков жертв, а также своевременное уведомление родных и близких не нуждаются в комментариях, так как сотовая связь в это время иногда вообще отключается [7, 8].

Данная проблема обостряется с ростом информационных потоков, сопровождающих накопление и переработку информации. Чаще всего она решается с помощью автоответчиков и перераспределением потока телефонных запросов к различным информационным службам связи. В настоящее время обработка запросов и справочной информации осуществляется в call-центрах. Операторы-телефонисты способны взять на себя основной поток запросов, но возникают ситуации, когда они не справляются с возрастающим потоком запросов. Иногда требуется часы, чтобы просто дозвониться в соответствующую службу за справкой. Поэтому можно рассмотреть варианты передачи некоторых функций call-центров системе самообслуживания с использованием технологии распознавания и синтеза речи, чему способствует мощное развитие компьютерных технологий и аппаратных средств связи. Особенно актуально решение этих проблем в системах массового обслуживания, когда потоки поступающих запросов огромны и требуют немедленного решения [9, 10].

На сегодняшний день существует три возможных варианта создания call-центров:

эксплуатация корпоративного call-центра для обработки всего потока вызовов только внутри корпорации;

обращение к профессиональному call-центру и аутсорсинг услуг у специализированных компаний, занимающихся обслуживанием и администрированием баз данных;

использование технологии распознавания речи и создание интеллектуальной информационной системы самообслуживания.

Первые два способа решения проблемы относятся, в основном, к технической и информационной поддержке компании с помощью своих сотрудников или специалистов другой организации, с которой заключён договор о совместной разработке системы. Корпорация, в данном случае, предоставляя доступ к своим внутренним базам данных и информации о своих клиентах сторонним людям, попадает в зону риска. Это не всегда приемлемо и для самой компании, тем более по соображениям безопасности, если информация касается важных государственных интересов. По этой причине компании, желающие сохранить конфиденциальность своей информации, прибегают к третьему типу call-центров – интеллектуальным информационным системам самообслуживания и автоматизации поиска нужной информации в базе данных (БД) с учётом приоритетов доступа к соответствующим уровням знания. Эти системы обладают соответствующими интеллектуальными способностями в распознавании речи и поиске нужной информации в БД и базах знаний (БЗ). Современные телекоммуникационные системы позволяют интегрировать обработку голосовых сообщений, заявок, запросов, справок и данных из БД и БЗ в рамках одной сетевой структуры.

Учрежденческие автоматические телефонные станции как основной элемент контакт-центров. Учрежденческие автоматические телефонные станции (УАТС) имеют соответствующие программно-аппаратные средства, позволяющие работать с потоками голосовых сообщений как внутри корпоративной сети, так и внешними. В настоящее время компании осуществляют взаимодействие с клиентами с помощью различных видов связи, при этом контакты чаще всего обрабатываются по телефону в режиме реального времени. Поэтому в рамках использования различных приложений УАТС возрастает интерес к автоматизации справочно-информационных служб и созданию полномасштабных контакт-центров. В таких центрах входящие звонки могут обрабатываться как оператором связи (традиционным способом), так и с помощью голосового портала в системе самообслуживания (с использованием интеллектуальных речевых технологий). Чтобы минимизировать влияние человеческого фактора всё шире используются решения для распознавания и синтеза речи. Основная задача построения контакт-центров на базе новейших УАТС – создание автоматизированных систем, которые круглосуточно выполняли приём поступающих вызовов. В этом случае широко

применяется интеллектуальный поиск информации с учётом приоритетов доступа к различным уровням информации для разных групп пользователей. Современные УАТС осуществляют управление вызовами с наибольшей эффективностью, сокращая тем самым время на обработку голосовых и факсимильных сообщений и постоянно расширяя набор предоставляемых пользователю услуг. Широкое распространение получают технологии синтеза речи. Так технология синтеза Text-to-Speech реализует речевое воспроизведение сообщений электронной почты. Современные системы, созданные на базе новейших разработок компьютерно-телефонных приложений, обеспечивают комбинацию функций автооператора (Auto Attendant) и голосовой почты с собственными возможностями по обработке речевых и текстовых сообщений. Системы обработки голосовых сообщений имеют аппаратную поддержку. Например, в УАТС STAREX-CS корпорация LG – Nortel ввела для системы голосовых сообщений специальную сервисную плату – VPM, которая осуществляет обработку голосовых (речевых) данных с помощью технологии обработки речевого сигнала. Как правило, такие платы являются встроенным оборудованием системы. В STATEX-CS одна плата VPM обрабатывает сигналы до 8 каналов [11, 12]. В частности, с помощью этой платы осуществляется кодирование и декодирование голосовых данных PCM в формат G.729A с использованием DSP и DTMF сигналов. Новейшие УАТС отвечают требованиям, предъявляемым при реализации современных контакт-центров, так как они имеют открытые интерфейсы для поддержки различных бизнес-приложений.

Современные информационно-телеkomмуникационные технологии. Анализ показывает, что в России на современном этапе и в условиях движения страны к информационному обществу информационно-коммуникационные технологии активно используются в экономической и социальной жизни общества. При этом сохраняется неравенство в доступе к информации и ресурсам различных групп населения и регионов, что может превратиться в фактор, тормозящий социально-экономическое развитие общества.

Рассмотрим развитие двух основных отраслей обеспечения доступа населения к информации: контакт-центров и сетевых систем обслуживания.

Контакт-центры, где работают операторы, являются традиционным средством предоставления информации по телефону. В развитии контакт-центров можно выделить несколько этапов.

Первоначально центры обработки вызовов строились на базе различных типов АТС с одним из простейших механизмов распределения вызо-

вов: или циклическая маршрутизация, или первый доступный оператор, или наиболее свободный оператор. Информация хранилась, как правило, на бумажных носителях и в лучшем случае на магнитных лентах.

Следующим этапом была оцифровка данных и появление компьютерно-телефонной интеграции, позволившей синхронизировать и частично интегрировать работу коммуникационного ядра и бизнес-приложений. Примером такой интеграции могут служить всплывающие окна с информацией о звонящем клиенте. Эта информация может быть взята из БД бизнес-приложений на основании телефонного номера звонящего и его сообщении о себе.

Третим этапом технического развития можно считать появление мультимедийных контакт-центров, позволяющих обрабатывать обращения по различным электронным каналам коммуникаций. При этом в отличие от технологий компьютерно-телефонной интеграции, такие контакт-центры позволяют осуществлять связь на совершенно новом уровне – от объединения различных БД в любой точке алгоритма маршрутизации до работы с множеством программных интерфейсов. Этот этап характеризуется появлением большого количества дополнительных программных продуктов для платформ контакт-центров. Такие продукты, как системы записи разговоров и снимков с экранов операторов, системы контроля качества работы операторов, системы управления ресурсами, системы телемаркетинга и другие прикладные программы, появились вследствие открытости самих платформ контакт-центров.

Современные контакт-центры используют также системы интерактивного речевого взаимодействия (Interactive Voice Response, IVR) для автоматизации функций донесения ответов абонентам на часто задаваемые вопросы. Чтобы не тратить ресурсы операторов на однотипные, хорошо классифицируемые вопросы, например о времени работы компании, о продуктах и т. д., были созданы системы интерактивных голосовых меню. Пользуясь голосовыми меню и тоновым набором – двухтональным многочастотным аналоговым сигналом (Dual Tone Multi Frequency, DTMF), пользователь мог выбирать нужные пункты меню в дереве автоинформатора, получая в конечном счёте необходимые сведения.

Усложнение и удорожание программно-технической структуры контакт-центров и рост эксплуатационных расходов на обучение, и оплату труда операторов в сочетании с изменившейся социально-производственной структурой общества привели к тому, что получение почти любых справок или услуг через контакт-центры стало платным, а расценки на услуги постоянно растут, что, естественно,

ограничивает доступность информации и услуг для малообеспеченных слоев общества.

Анализируя эволюцию контакт-центров, заметим, что с точки зрения пользователя безусловным новшеством стало внедрение IVR, позволившее получать часть информации в режиме самообслуживания, без участия оператора. Получение информации без участия оператора должно обходиться пользователю гораздо дешевле, что также может быть привлекательным решением. Однако очевидно, что IVR на базе DTMF могут предоставить лишь весьма ограниченный объем информации.

Сетевые системы обслуживания возникли в результате эволюции автоматизированных системы массового обслуживания на фоне достижений в области коммуникационно-сетевых и программных технологий, а также развития сети Интернет.

Автоматизированные системы массового обслуживания (ACMO) – это особый класс интегрированных систем. Он представляет собой сложную систему с центром обработки данных и развитой сетью терминальных агентов. Критериальные параметры этих систем описываются следующими величинами: временными оценками (время обслуживания, время ожидания в очереди, время отклика), вероятностными характеристиками (длины очередей, вероятность отказа в обслуживании) и требованиями к надёжности функционирования (сохранность информации, восстановление после аварий, защита ресурса от разрыва цепочки транзакций, санкционирование доступа). Кроме того, обслуживание ACMO связано с необходимостью учёта дневных и сезонных пиков нагрузки на сеть, незапланированного увеличения запросов клиентов в результате не предвиденных ситуаций и форс-мажорных обстоятельств (террористических актов, экстремальных климатических условий, техногенных и природных катастроф) или просто учёт так называемого понятия «нетерпеливости клиента».

Первые автоматизированные системы массового обслуживания появились во второй половине прошлого столетия в сфере авиационного бизнеса и быстро доказали свою высокую эффективность и перспективность. Информация о ресурсах, хранящаяся прежде на бумажных носителях, была введена в память вычислительных машин центров обработки данных, а доступ к ней осуществлялся с терминалов агентов через корпоративные каналы связи. Фундаментальные достижения в компьютерных, сетевых и программных технологиях вместе с развитием сети Интернет в последние десятилетия привели к широчайшему внедрению ACMO практически во все сферы общественной и экономической жизни во всех странах мира, и сейчас уже невозможно представ-

вить жизнь городского населения нашей страны без таких систем.

В развитии АСМО можно наблюдать три этапа, определяемых состоянием технологий соответствующих периодов.

Для таких систем первого поколения характерна «ведомственная» принадлежность, централизация обработки данных и закрытость сетей передачи данных. Население получало информацию и услуги только через обученных агентов (операторов, кассиров, диспетчеров), рабочие места которых оснащались специализированными непрограммируемыми терминалами. Взаимодействие агентов с центрами обработки данных осуществлялось с помощью специализированных языков, отличавшихся значительной лаконичностью, что объяснялось жёсткими требованиями к времени обработки в условиях ограниченной пропускной способности каналов связи.

Для систем второго поколения характерно использование на рабочих местах агентов многофункциональных терминалов и персональных компьютеров, а для передачи данных – сети Интернет наряду с корпоративными сетями. Языки человеко-машинного взаимодействия агентов с центрами обработки данных стали менее жёсткими, широко использовались меню, маски, пиктограммы, но ориентация на профессиональных пользователей сохранялась, никто другой в системы того времени не допускался.

Для третьего поколения АСМО характерно предоставление доступа к информации и услугам массовому пользователю через домашний или рабочий компьютер и сеть Интернет (наряду с традиционным доступом через агентов) и лавинообразный рост количества систем, предоставляющих информацию и услуги в сети Интернет (часто уже без возможности доступа через офис и даже по телефону). Корпоративные сети модернизируются как в направлении увеличения пропускной способности каналов и узлов, так и в части изменения протокольного профиля в сторону стандартизации и открытости. Наблюдается также тенденция к стандартизации способов взаимодействия систем между собой.

Анализируя эволюцию сетевых систем, отметим, что с точки зрения населения наиболее важным моментом явилось предоставление доступа к информации и услугам с компьютеров через сеть Интернет, т. е. исключение из цепочки «конечный потребитель» – «посредник» – «система» среднего звена – посредника и предоставление конечному потребителю возможности получения данных и услуг в режиме самообслуживания. Оказалось, что новый сервис сразу же получил широкое распространение, несмотря на то, что пользователи стали затрачивать на получение данных и услуг больше

времени, чем раньше. Режим самообслуживания стал настолько популярен, что провайдеры информации и услуг стали сокращать число агентов-посредников, что затруднило доступ к системам той части населения, которая компьютеров не имеет или не имеет доступа в сеть, а это, как правило, наиболее бедная часть населения: пожилые люди, инвалиды, жители отдалённых регионов.

Таким образом, современные системы массового информационно-сервисного обслуживания населения, как сетевые, так и телефонные, не в полной мере соответствуют задачам, стоящим перед ними в свете решения задачи продвижения к постиндустриальному информационному обществу. Преодоление их недостатков пойдет на пользу как населению, так и провайдерам информации и услуг.

В ходе проведённых исследований было найдено, что применение речевых технологий позволит создать сервисы телефонного самообслуживания, которые предоставляют населению возможность получать информацию и услуги значительно дешевле, без очереди к оператору, да и без выхода в Интернет, круглосуточно и на разных языках. Эти решения могут использоваться как в сетевых информационных комплексах, заменяя традиционный Интернет-браузер голосовым браузером, так и в центрах телефонного обслуживания, значительно расширяя функции IVR. Помимо этого, сервисы и данные могут быть предоставлены комплексно, из разных систем, путём организации интеллектуального диалога с сервером самообслуживания и взаимодействия этого сервера с разнообразными прикладными системами, что также выгодно и удобно для пользователей. Одновременно поставщики услуг, контакт-центры и контент-провайдеры могут повысить свою эффективность путём внедрения сервисов самообслуживания, что позволит им сократить число операторов, сгладить пиковые нагрузки, снизить расходы на организацию инфраструктуры.

Применение речевых технологий в системах обслуживания клиентов. Распознавание речи представляет собой довольно сложный процесс и имеет весьма разветвлённую иерархическую структуру анализа речевого сигнала. Он включает в себя следующие последовательные действия:

- акустико-фонемный анализ запроса;
- лексический анализ предложения;
- логический анализ приказа;
- синтаксический и семантический анализ предложения;
- составление орфографическо-фонетической транскрипции слова;
- просодический анализ поступившего предложения;
- pragmaticальный анализ сказанного;

предсказание слова, в случае неполной информации и т. д.

Предварительная обработка поступившего предложения заключается в акустико-фонетическом анализе слов и составление самого предложения из отдельных слов. Синтаксический анализ и определение изолированных слов может столкнуться с нераспознаванием последних. Поэтому дальнейший процесс должен включать процедуры прогнозирования и предсказания предложения по ключевым словам из словаря данных с иерархической структурой возможных вариантов предложений, составленных в БЗ. В результате анализ полученного от оператора предложения проходит сложный процесс распознавания и дознания. Он производится с использованием справочного массива из БД и БЗ, а также под непосредственным контролем блока управления и прогнозирования.

В развитии речевого интерфейса на сегодняшний день определено несколько направлений поиска решения в распознавании речи:

- распознавание непосредственно речи человека;
- извлечение из речи человека полезной информации;
- воспроизведение смысла сказанного;
- преобразование информации;
- моделирование ответа.

На программном и аппаратном уровне все эти задачи в той или иной степени решаются. Средства автоматического распознавания речи (Automated Speech Recognition, ASR) преобразуют речь в текстовое сообщение. Для этого производится спектральный анализ оцифрованной речи и определяется с помощью различных методов звуковые единицы языка – фонемы. Распознавание речи связано с большим объёмом перебора данных и её сортировкой. Система распознавания речи интерпретирует произносимые слова, сравнивает их с эталонными фразами из файлов базы данных и находит наилучшее совпадение.

Синтез речи также не простой процесс, но он в настоящее время с успехом решается. Существует множество программных продуктов, способных синтезировать речь человека даже различными голосами. При этом фразы для формирования ответных предложений выбираются из стандартных эталонных фраз, помещаемых в специальные разделы БЗ, имеющие древовидную структуру. Практичность и приемлемость точности распознавания речи требует новых методов в организации памяти, поиска нужной информации и создания универсальных речевых блоков распознавания (унифицированной базы данных для информационного поиска) для разработки разнообразных интеллектуальных приложений.

Современная архитектура интеллектуальной информационной системы. Архитектура интеллектуальной обработки должны содержать следующие компоненты:

- интеллектуальную сетевую инфраструктуру на базе протокола IP;
- интеллектуальные клиентские места с поддержкой IP протокола;
- цифровую IP-телефонию и соответствующую аппаратуру;
- специальное программное обеспечение для гарантированного распознавания речи;
- бесшумовую передачу звукового сигнала в оцифрованном виде по каналам связи;
- вокодер для формирования голосового сообщения или ответа;
- служебные сервисные приложения, управляющие корпоративной системой IP-телефонии;
- серверы, обеспечивающие информацию по соответствующим запросам;
- программное приложение, определяющие статус пользователя и распределяющие информацию в иерархической последовательности или сетевой структуре БД и БЗ;
- систему унифицированной обработки поступающих запросов и выдачи голосовых сообщений о процессе поиска и наличии запрашиваемой информации, в том числе комментариев и уточнения к запросам пользователя.

Примерный образец архитектурной схемы интеллектуальной системы обработки данных в IP-сетях с помощью речевого интерфейса приведен на рис. 1.

Внедрение подобных приложений в автоматические системы поиска контакт-центров позволит обеспечить дополнительные возможности для клиентов – пользователей корпоративной телекоммуникационной сети, повысить удобство и эффективность использования системы.

Последовательность сообщений в протоколе в обобщённом виде представляет собой следующий список установок и сообщений:

- установка соединения;
- подтверждение установки соединения;
- сообщение о соединении;
- продолжение вызова;
- сообщение о постановке заявки в очередь;
- оповещение о продвижении по очереди;
- освобождение из очереди;
- завершение освобождения из очереди;
- сообщение о выходе из очереди;
- сообщение о благополучном завершении ожидания;
- прерывание и отключение связи;
- информационное сообщение об отключении;
- сообщение о разрыве связи;
- информационное сообщение о причине разрыва связи.

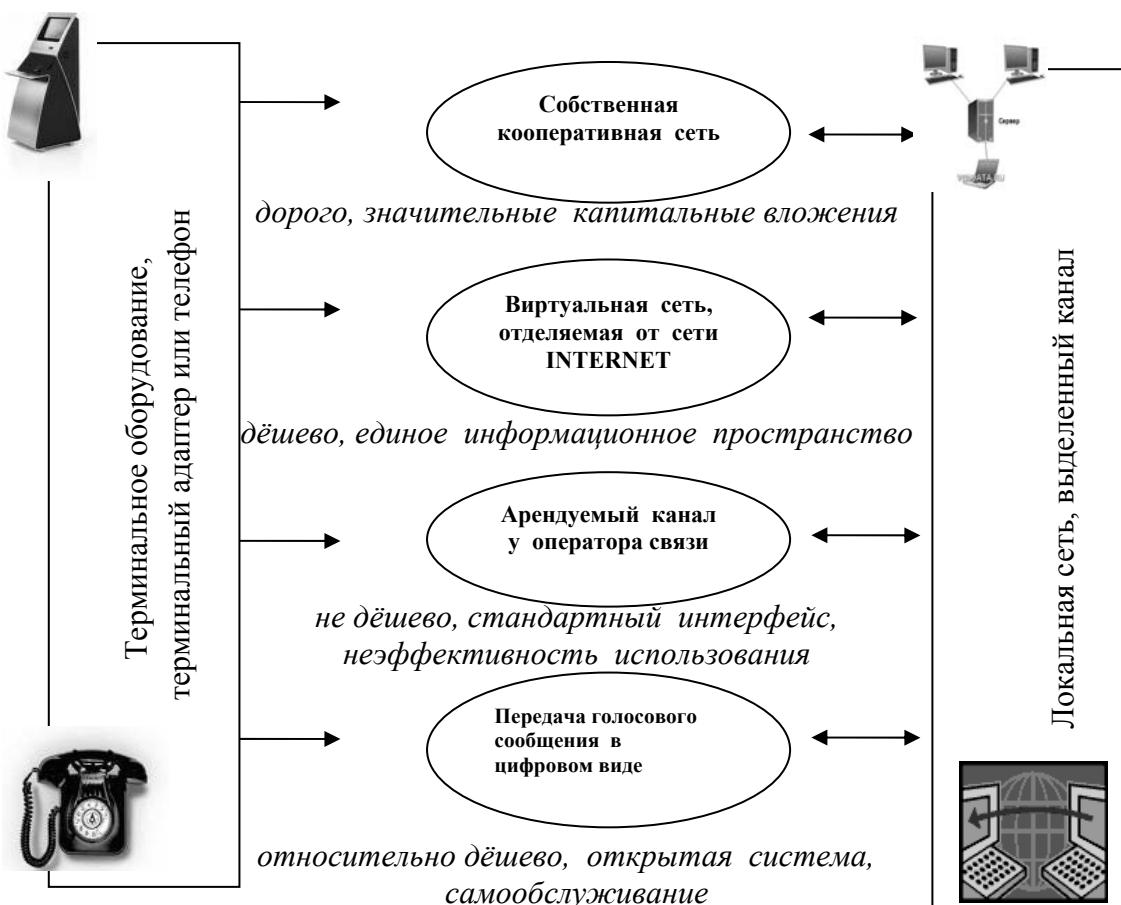


Рис. 1. Обобщенная схема коммутации различных методов связи в интеллектуальной системе обработки данных в IP-сетях и с помощью речевого интерфейса

Преимущества речевых приложений. Применение голосового интерфейса при обработке входящих звонков в контакт-центрах повышает работоспособность последних в несколько раз, что немаловажно для клиента, так как это экономит его время и нервы. В этом случае, можно использовать следующие направления в применении речевых приложений:

автоматический перевод вызовов внутри компании осуществляется с помощью качественной системы распознавания голоса и заранее записанных в профессиональной студии голосовых приветствий;

внедрение в аппаратную часть достаточно надёжных «голосовых» плат Intel Dialogic и программного обеспечения универсальной телекоммуникационной платформы;

осуществление маршрутизации входящих вызовов за счёт использования многоканального номера с различными вариантами доступа к абоненту: по имени, отчеству и фамилии, названию отдела, конкретной услуги или продукта компании и т. д.;

минимизация сроков внедрения речевых приложений в компании за счёт инновационных разработок специалистов Института проблем управления РАН;

обслуживание клиентов на русском языке, а также подключение новых сотрудников в кратчайшие сроки с момента поступления запроса;

работа 7 дней в неделю и 24 часа в сутки;

повышение престижа компании в связи с использованием подобного рода продуктов.

В настоящее время речевое интеллектуальное самообслуживание – уникальное решение с применением технологии распознавания речи. Появление таких сервисов связано с конвергенцией трёх продуктов: телефонных интерфейсных плат с речевыми ресурсами, компьютерно-телефонных приложений и системы распознавания речи. В настоящий момент во многих компаниях используется встроенный либо внешний автосекретарь, где для набора внутреннего номера сотрудника применяются тоновые сигналы. Управление речью позволяет маршрутизировать звонки не только классическим способом, но и посредст-

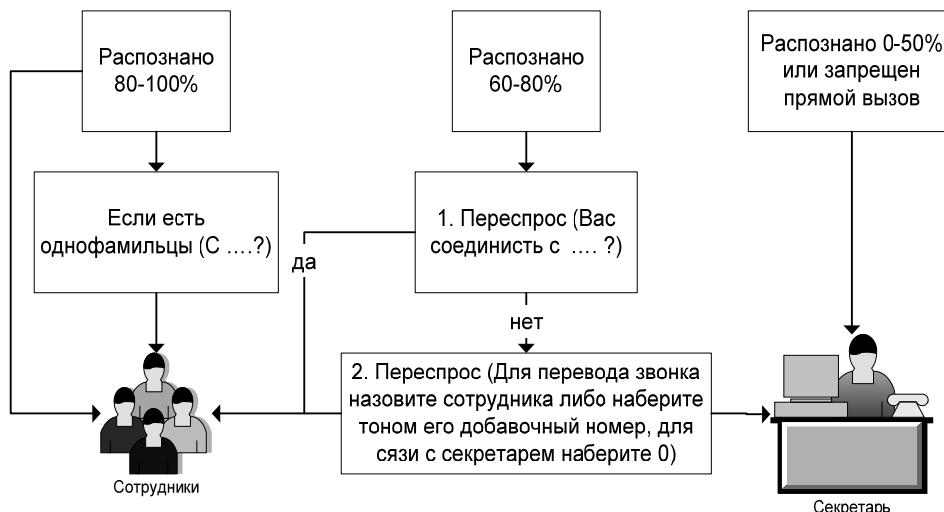


Рис. 2. Схема процесса распознавания речи при использовании автоматизированной системы контакт центра

вом распознавания имён сотрудников, названий отделов, продукции, конкретной ус-луги и т. д. Распознавание происходит мгновенно, не нужно дожидаться пока закончится голосовое меню. В речевых приложениях предусмотрено три уровня качества, основанных на анализе вероятности совпадения слов (рис. 2). При качестве распознавания 80–100 % вызов будет направлен на абонента без дополнительного меню. При 60–80 % будет предложено дополнительное меню. Если качество распознавания меньше 60 %, звонок будет направлен на секретаря. Следует отметить, что на любом уровне меню всегда можно воспользоваться тоновым набором.

Внедрение речевых приложений представляет собой достаточно сложную процедуру. При создании и внедрении электронного секретаря должны учитываться уникальная комбинация слов, инфраструктура компании, гибкость системы интерактивного меню, а также телефонные настройки. Большой опыт создания речевых приложений накоплен в ИПУ РАН, где в рамках выполненных работ сотрудники выполнили установки и настройки речевых приложений. Примерами систем обработки вызовов с сервисами самообслуживания на базе речевых технологий могут служить система «Автодиспетчер» для приёма заявок на подачу такси [13], система «Автосекретарь» для диспетчеризации вызовов [14] и др. [15, 16]. Вызовы клиентов поступают в центр обработки вызовов через сети разного вида: телефонную сеть общего пользования (ТфОП), сети операторов мобильной связи (ОМС), сеть Интернет. Архитектурная модель разработанной системы самообслуживания приведена на рис. 3.

Механизм распознавания предоставляет неограниченные возможности по созданию приложений телефонных услуг, в которых абонент осуществляет выбор в меню не тональным набором, а любыми голосовыми командами. Система становится привлекательнее для абонента за счёт более дружественного и естественного интерфейса. В итоге распознавание речи позволяет создавать такие системы, которые практически невозможно реализовать, имея в качестве интерфейса только тональный набор. Например, система автоматического бронирования авиабилетов по телефону подразумевает выбор из большого числа городов, и тональное меню здесь практически нереализуемо. При использовании же распознавания речи, диалог системы с пользователем может выглядеть примерно так:

Система: «Назовите города вылета и прилёта»

Абонент: «Москва – Киев»

Система: «Назовите дату»

Абонент: «15 июля».

Этот пример показывает, что взаимодействие осуществляется максимально естественно и приближённо к обслуживанию живым оператором.

Такие системы уже много лет широко внедряются на Западе, однако до недавнего времени не было системы распознавания русской речи, которую можно было бы использовать в телефонных системах с достаточным для коммерческой эксплуатации качеством.

Распознавание речи в таких системах может производиться по нескольким направлениям. Это может быть:

дикторонезависимое распознавание (если необходимо, возможно включение также дикторозависимого режима работы);



Рис. 3. Архитектура интегрированной системы самообслуживания

распознавание без необходимости настройки на голос (при необходимости возможна настройка на определенный голос);

распознавание непрерывной речи – поддержка технологии Intel Continuous Speech Processing (CSP, непрерывная обработка речи);

распознавание речи на 45 поддерживаемых языках, включая, русский, английский, немецкий, испанский, французский и др.;

произвольный словарь распознаваемых слов, составляемый разработчиком приложения самостоятельно;

максимальный размер возможного словаря в одном приложении – полтора миллиона распознаваемых слов (применяется в городских телефонных справочных и т. п.).

Основные характеристики построения интеллектуальной контакт-системы. При выборе программного продукта необходимо учитывать следующие основные характеристики системы распознавания речи:

устойчивость в распознавании слов системой (в слитной и дискретной речи);

надёжность системы распознавания речи;

адаптируемость системы к различным приложениям;

удобный и практичный интерфейс пользователя;

недорогое аппаратное обеспечение для реализации проекта;

коммутативность в различных вариантах связи; универсальность интерфейса связи;

простота в применении;

универсальность программного продукта к различным версиям.

Все перечисленные характеристики дают возможность внедрения универсальной интеллекту-

альной системы управления диалогом с пользователем при минимуме используемых технических средств и капиталовложений самого пользователя.

Основные тенденции в разработке интеллектуальных информационных систем в контакт-центрах. В настоящее время к числу основных тенденций развития интеллектуальных информационных систем можно отнести следующие:

количество информации постоянно увеличивается и проблема доступа к ней становится всё более актуальной, что особенно важно на этапе продвижения страны к информационному обществу;

существующие информационно-сервисные системы массового обслуживания как *сетевые*, так и *телефонные*, постоянно развиваются, в том числе в части предоставления различных средств доступа к ним;

неравенство в доступе к информации и информационно-коммуникационным технологиям различных групп населения и регионов сохраняется, особенно для бедной части населения и населения удалённых областей страны;

речевые технологии достигли показателей качества, достаточных для начала их широкого практического применения, благодаря использованию статистических методов в задачах распознавания;

разработчики систем могут и должны устранять слабые места и возможные ошибки распознавателей, используя имеющиеся в их распоряжении методы построения «хороших» приложений.

Заключение. Использование результатов работы позволяет существенно расширить круг пользователей систем массового обслуживания, предоставив им удобный дополнительный канал доступа к услугам этих систем. Это даст возможность

обеспечить новый уровень информационных услуг, предоставляемых населению и организациям в режиме самообслуживания, а также повысит эффективность использования систем обслуживания. Полученные результаты могут быть полезны специалистам для проектирования, исследования и организации высокоэффективной работы контакт-центров современной архитектуры на основе передовых технологий.

Библиографические ссылки

1. **Самолюбова А.Б.** Call Center на 100 %. М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.
2. **Солонин В.** Call-центры в современном бизнесе России. URL: <http://www.cnews.ru/reviews/free/call-center/>.
3. **Гольдштейн В.С., Фрейнкман В.А.** Call-центры и компьютерная телефония. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2002.
4. **Дэвидсон Дж. и др.** Основы передачи голосовых данных по сетям IP. М., СПб., Киев: ИД «Вильямс», 2007. 397 с.
5. **Столлингс В.** Передача данных. СПб.: Питер, 2004. 749 с.
6. **Мешковский К.А.** Цифровые системы передачи: принципы работы. СПб.: Энергомашиностроение, 2007. 215 с.
7. **Жожикашвили В.А., Жожикашвили А.В., Петухова Н.В., Фархадов М.П.** Новый человеко-машинный интерфейс для автоматизированных систем массового обслуживания // Труды института проблем управления РАН. Т. 9. 2000.
8. **Жожикашвили В.А., Петухова Н.В., Фархадов М.П.** Компьютерные системы массового обслуживания и речевые технологии // Проблемы управления. 2006. № 2. С. 3–7.
9. **Трощенко А.Ю., Фархадов М.П.** Экономическая модель CALL-центра и голосовой системы самообслуживания с распознаванием речи // Автоматизация и современные технологии. 2008. № 10. С. 21–27.
10. **Жожикашвили В.А., Трощенко А.Ю., Петухова Н.В., Фархадов М.П.** Архитектура и тенденции развития контакт-центров // Автоматизация и современные технологии. 2007. № 4. С. 19 – 31.
11. **Васьковский С.В., Жабин М.А.** Модернизация корпоративных сетей // Доклады Российской конференции с международным участием систем управления, контроля и измерения (УКИv08). 10–12 ноября 2008г. Москва, Россия. Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 2008. С. 41.
12. **Васьковский С.В.** Построение современных корпоративных телефонных сетей. // Датчики и системы. 2009. № 9. С.54 – 56.
13. **Жожикашвили В.А., Петухова Н.В., Зацепин А.Н., Азаров В.В.** Современные технологии управления в диспетчерской службе такси // Проблемы управления. 2006. № 2. С. 32–34.
14. **Жожикашвили В.А., Билик Р.В., Вертиб В.А., Мясоедова З.П., Петухова Н.В., Фархадов М.П.** Интеллектуальные телефонные услуги на основе речевых технологий // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2007. № 2. С. 75–78.
15. **Жожикашвили В.А., Петухова Н.В., Фархадов М.П.** Компьютерные системы массового обслуживания и речевые технологии // Проблемы управления. 2006. № 2. С. 3 – 7.
16. **Жожикашвили В.А., Петухова Н.В., Фархадов М.П.** Мультисерверная архитектура интеллектуальных порталов самообслуживания // IV Международная конференция по проблемам управления (МКПУ – IV). Москва. 2009. С. 1744–1748.



АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ: учебное пособие.

Л.И. Волчкевич

380 с. ISBN: 978-5-217-03387-4

Цена 308 р.

Пособие призвано дать будущим инженерам-машиностроителям комплекс знаний и умений по трем квалификационным уровням: 1)общей эрудиции, знанию материальной части; 2)вариантности технических решений, их сравнительному анализу и оценке; 3)синтезу технических решений, расчету и проектированию. Особое внимание обращено на выбор оптимальных структурно-компоновочных решений при проектировании

машин-автоматов и их систем на этапе технического предложения.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению 651600 "Технологические машины и оборудование" специальности 120900 "Проектирование технических и технологических комплексов", может быть полезна инженерно-техническим работникам промышленных предприятий.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:

по почте: 107076, г. Москва, Строгинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 519.711.3

В.К. Иванов, канд. техн. наук, доц.
(Марийский государственный технический университет)

ivladko1@rambler.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрена задача моделирования и основная задача управления возможностями предприятия с учётом оборудования и деталей, квалификации специалистов, а также заданного технологического процесса. Поставлена и решена задача выбора рациональных параметров производственной системы.

Ключевые слова: моделирование, основная задача управления, технико-экономические требования, технические условия, критерии качества, оптимизация, рациональные параметры.

Simulation task and basic task of the enterprise facilities control by taking into account the equipment and workpieces, personnel qualification as well as specified technological process are considered. Task of the production system rational characteristic selection is raised and decided.

Key words: simulation, basic control task, technical and economic objective, technical conditions, quality criteria, optimization, rational characteristic.

Введение. Технологические возможности предприятия в основном зависят от вида оборудования и квалификации производственного персонала, а они в свою очередь – от конкретного вида продукции, выпускаемой на предприятии.

При проектировании производственной системы и управлении её параметры должны соответствовать критериям качества системы и заданным техническим условиям. Такая постановка относится к основной задаче управления (ОЗУ) [1].

Основная часть. Комплекс средств, разработанных как для моделирования, так и для решения ОЗУ, содержит базу данных по видам и типам оборудования, специалистов и деталей [2].

Для работы с системой необходим ввод следующей информации:

стоимости S_k работы оборудования k -го вида;
стоимости S_m работы специалистов m -го вида;
имеющегося количества F_k оборудования k -го вида и количества L_m специалистов m -го вида, которым располагает предприятие;

необходимого количества n_k^p деталей p -го вида, времени T_k^p изготовления необходимого количества деталей p -го вида на оборудовании k -го вида, необходимого количества n_m^p деталей p -го вида, времени T_m^p изготовления необходимого количества деталей p -го вида специалистами m -го вида, времени обработки F_k^p деталей p -го вида на оборудовании k -го вида и времени обработки L_m^p деталей p -го вида специалистами m -го вида;

сетевого графика технологического процесса.

Результатом моделирования и решения ОЗУ являются:

время T_p и стоимость S_p выпуска деталей каждого вида;

время работы T_F^k и простоя оборудования k -го вида, время работы T_L^m и простоя специалистов m -го вида;

полное время T и стоимость S выпуска всей партии деталей;

возможный выпуск N_k^p деталей каждого вида на оборудовании k -го вида и выпуск N_m^p деталей каждого вида специалистами m -го вида;

рациональные параметры производственной системы (вектор управления).

Выбор рациональных параметров производственной системы связан с основной задачей управления – задачей аналитического проектирования. Для этого к подсистеме моделирования в контур обратной связи подключён блок оптимизации (рис. 1).

Затем вводятся компоненты вектора управления $\omega = \{S_k, F_k, S_m, L_m, n_k^p, T_k^p, n_m^p, T_m^p\}$, которые выбираются из области, заданной в соответствии с технологическими и эксплуатационными требованиями (ТЭТ):

$$a_{1k} \leq S_k \leq A_{1k};$$

$$a_{2k} \leq F_k \leq A_{2k};$$

$$a_{3m} \leq S_m \leq A_{3m}; \quad (1)$$

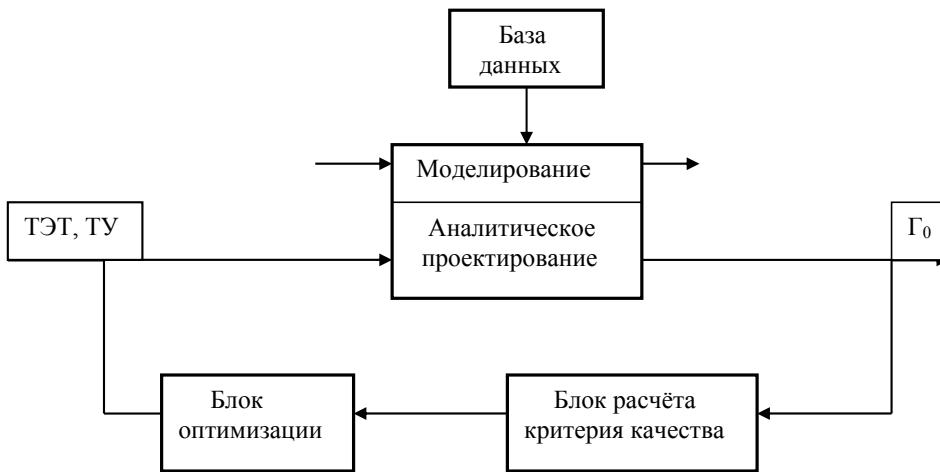


Рис. 1. Структура системы автоматизации

$$a_{4m} \leq L_m \leq A_{4m};$$

$$a_{5k} \leq n_k^p \leq A_{5k};$$

$$a_{6k} \leq T_k^p \leq A_{6k};$$

$$a_{7m} \leq n_m^p \leq A_{7m};$$

$$a_{8m} \leq T_m^p \leq A_{8m},$$

где $a_{1k}, \dots, a_{8m}, A_{1k}, \dots, A_{8m}$ – заданные постоянные величины.

В качестве критериев качества $I[\omega]$ выбраны суммарная стоимость S изготовления всей партии деталей, время работы T_F^k оборудования k -го вида и T_L^m специалистов m -го вида, а также количество деталей каждого вида N_k^p и N_m^p , изготавливаемых в заданное время. На них также наложены ограничения, которые представляют собой технические условия (ТУ):

$$0 \leq S[\omega] \leq D_1;$$

$$d_{2k} \leq T_F^k[\omega] \leq D_{2k};$$

$$d_{3m} \leq T_L^m[\omega] \leq D_{3m}; \quad (2)$$

$$d_{4k} \leq N_k^p[\omega] \leq D_{4k};$$

$$d_{5m} \leq N_m^p[\omega] \leq D_{5m},$$

где $d_{2k}, d_{3m}, d_{4k}, d_{5m}, D_1, D_{2k}, D_{3m}, D_{4k}, D_{5m}$ – заданные предельно допустимые значения соответствующих переменных.

Постановка задачи. Среди допустимых значений вектора управляющих параметров (1) необходимо найти такие, при которых результаты решения ОЗУ удовлетворяют заданным техническим условиям (2). Метод решения задачи такого типа заключается в следующем.

Вводятся безразмерные функционалы $\gamma_\eta^1[\omega] < 1$ и $\gamma_\eta^2[\omega] < 1$, оценивающие удаление значений $I_\eta[\omega]$ от своих границ в технических условиях (2) в виде

$$\gamma_\eta^1[\omega] = \frac{D_\eta - I_\eta[\omega]}{D_\eta - d_\eta}, \quad \gamma_\eta^2[\omega] = \frac{I_\eta[\omega] - d_\eta}{D_\eta - d_\eta},$$

$$\eta = \overline{1, \theta}.$$

Очевидно, что при выполнении технических условий все значения $\gamma_\eta[\omega] < 1$, в противном случае хотя бы одно значение $\gamma_\eta[\omega] > 1$. Затем определяют число

$$\Gamma_0 = \min_{\omega} \max_{\eta} \gamma_\eta[\omega]$$

и проверяют условие $\Gamma_0 \leq 1$. Если оно выполняется, то основная задача управления имеет решение, и найденные значения компонентов вектора $\omega^* = \{S_k^*, F_k^*, S_m^*, L_m^*, n_k^{p*}, T_k^{p*}, n_m^{p*}, T_m^{p*}\}$ являются рациональными. При необходимости можно решить задачу оптимизации по одному из критериев. Если $\Gamma_0 > 1$, то основная задача управления решения не имеет. В этом случае необходимо изменить технико-экономические требования или технические условия.

Пример. Введены множества: K^p – все виды оборудования, необходимого для производства продукции p -го типа, M^p – все виды специальностей, необходимых для выпуска продукции p -го типа,

P^p – продукция p -го вида. Причём виды оборудования, специальностей и деталей делятся на типы. Тогда

$$K^p = \{k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6\},$$

где k_1 соответствует фрезерным станкам типа Ф-1; k_2 – токарным станкам типа Т-1; k_3 – фрезерным станкам типа Ф-2; k_4 – фрезерным станкам типа Ф-3; k_5 – токарным станкам типа Т-2; k_6 – токарным станкам типа Т-3;

$$M^p = \{m_1, m_2, m_3\},$$

где m_1 соответствует слесарю-сборщику типа С-1; m_2 – слесарю-сборщику типа С-2; m_3 – слесарю-сборщику типа С-12;

$$P^p = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9\},$$

где p_1 соответствует корпусным деталям типа К-1, p_2 – телам вращения типа ТВ-1; p_3 – корпусным деталям типа К-2; p_4 – корпусным деталям типа К-11; p_5 – корпусным деталям типа К-21; p_6 – мелким деталям типа МД-4; p_7 – мелким деталям типа МД-41; p_8 – узлам типа УС-1; p_9 – узлам типа УС-2.

Технологический процесс представлен на рис. 2, где 1 – фрезерный станок типа Ф-1, обрабатывается корпусная деталь типа К-1, время обработки детали $F_1^1 = 1,0$ станко-ч/шт.; 2 – токарный станок типа Т-1, обрабатывается тело вращения типа ТВ-1, время обработки детали $F_2^2 = 1,0$ станко-ч/шт.; 3 – слесарь-сборщик типа С-1, собирается корпусная деталь типа К-2, время работы специалиста $L_1^3 = 0,1$ чел.-ч/шт.; 4 – фрезерный

станок типа Ф-2, обрабатывается корпусная деталь типа К-11, время обработки детали $F_3^4 = 1,0$ станко-ч/шт.; 5 – фрезерный станок типа Ф-3, обрабатывается корпусная деталь типа К-21, время обработки $F_4^5 = 1,0$ станко-ч/шт.; 6 – токарный станок типа Т-2, обрабатывается мелкая деталь типа МД-4, время обработки $F_5^6 = 1,0$ станко-ч/шт.; 7 – токарный станок типа Т-3, обрабатывается мелкая деталь типа МД-41, время обработки $F_6^7 = 1,0$ станко-ч/шт.; 8 – слесарь-сборщик типа С-2, собирается узел типа УС-1, время работы специалиста $L_2^8 = 0,1$ чел.-ч/шт.; 9 – слесарь-сборщик типа С-12, собирается, узел типа УС-2, время работы специалиста $L_3^9 = 0,1$ чел.-ч/шт.

Основная задача управления (см. таблицу) решена при следующих исходных данных: стоимость работы фрезерного станка типа Ф-1 – $S_k^1 = 100$ руб./ч; стоимость работы токарного станка типа Т-1 $S_k^2 = 100$ руб./ч; стоимость работы фрезерного станка типа Ф-2 $S_k^3 = 100$ руб./ч; стоимость работы фрезерного станка типа Ф-3 $S_k^4 = 100$ руб./ч; стоимость работы токарного станка типа Т-2 $S_k^5 = 100$ руб./ч; стоимость работы токарного станка типа Т-3 – $S_k^6 = 100$ руб./ч; стоимость работы слесаря-сборщика типа С-1 – $S_m^1 = 100$ руб./ч; стоимость работы слесаря-сборщика типа С-2 – $S_m^2 = 100$ руб./ч; стоимость работы слесаря-сборщика типа С-12 – $S_m^3 = 200$ руб./ч; время изготовления необходимого количества деталей всех типов $T_k^p = 10$ ч.

Компоненты вектора управления $\omega = \{F_1, F_2, L_1, F_3, F_4, F_5, F_6, L_2, L_3, n_k^1, n_k^2, n_m^3, n_k^4, n_k^5, n_k^6, n_k^7, n_m^8, n_m^9\}$ выбираются из области, заданной в соответствии с технологическими и эксплуатационными требованиями:

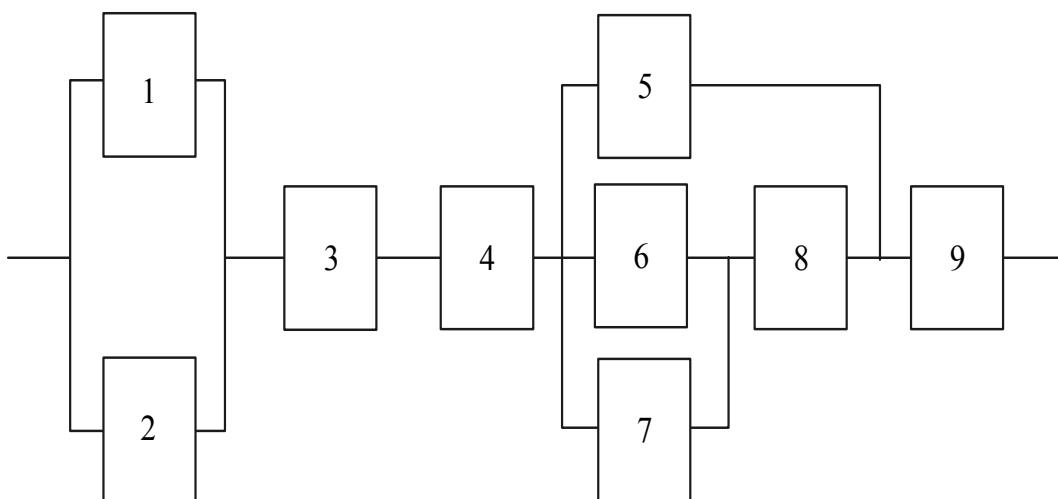


Рис. 2. Технологический процесс изготовления узла типа УС-2

Таблица 1

Результаты решения основной задачи управления

Компонент вектора управления	Шаг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F_1 , станок	3	3	5	5	5	6	6	5	4	3	4	4
F_2 , станок	4	2	2	4	5	6	6	6	6	6	6	6
L_1 , человек	2	5	6	4	4	2	2	2	2	2	2	2
F_3 , станок	3	4	4	5	6	6	4	2	2	2	4	6
F_4 , станок	3	4	5	3	4	3	2	2	2	3	4	3
F_5 , станок	3	4	4	5	3	2	2	4	6	6	6	5
F_6 , станок	2	2	3	3	3	4	6	6	6	5	4	5
L_2 , человек	6	3	4	3	3	2	2	2	2	2	2	2
L_3 , человек	5	5	5	2	3	4	4	3	2	2	2	2
n_k^1 , шт.	6	5	2	9	8	6	5	2	2	2	2	3
n_k^2 , шт.	7	2	8	2	2	4	3	2	2	5	10	10
n_m^3 , шт.	5	7	7	7	8	10	10	7	6	8	9	10
n_k^4 , шт.	3	8	8	3	2	2	4	4	4	6	10	10
n_k^5 , шт.	9	2	7	4	5	8	8	10	8	2	2	4
n_k^6 , шт.	8	4	9	7	6	2	2	2	2	2	4	5
n_k^7 , шт.	9	6	5	3	2	2	2	2	2	2	6	7
n_m^8 , шт.	5	5	7	6	8	6	6	9	9	10	10	10
n_m^9 , шт.	3	5	9	5	7	9	10	10	9	10	10	10
T_{F1} , ч	1,5	1,67	0,4	1,8	1,6	1,0	0,83	0,4	0,5	0,67	0,5	0,75
T_{F2} , ч	1,75	1,0	4,0	0,5	0,4	0,8	0,5	0,33	0,33	0,83	1,67	1,67
T_{L1} , ч	0,25	0,14	0,12	0,18	0,2	0,5	0,5	0,35	0,3	0,4	0,45	0,5
T_{F3} , ч	1,0	2,0	2,0	0,6	0,33	0,33	1,0	2,0	2,0	3,0	2,5	1,67
T_{F4} , ч	3,0	0,5	1,4	1,33	1,25	2,67	4,0	5,0	4,0	0,67	0,5	1,33
T_{F5} , ч	2,67	1,0	2,25	1,4	2,0	1,0	1,0	0,5	0,33	0,33	0,67	1,0
T_{F6} , ч	4,5	3,0	1,67	1,0	0,67	0,5	0,33	0,33	0,33	0,4	1,5	1,4
T_{L2} , ч	0,08	0,17	0,18	0,2	0,27	0,3	0,3	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5
T_{L3} , ч	0,06	0,1	0,18	0,25	0,23	0,23	0,25	0,33	0,45	0,5	0,5	0,5

Продолжение табл. 1

Компонент вектора управления	Шаг											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N_k^1 , шт.	6,67	6,0	25,0	5,56	6,25	10,0	12,0	25,0	20,0	15,0	20,0	13,3
N_k^2 , шт.	5,7	10,0	2,5	20,0	25,0	12,5	20,0	30,0	30,0	12,0	6,0	6,0
N_m^3 , шт.	40,0	71,4	85,7	57,1	50,0	20,0	20,0	28,6	33,3	25,0	22,2	20,0
N_k^4 , шт.	10,0	5,0	5,0	16,7	30,0	30,0	10,0	5,0	5,0	3,33	4,0	6,0
N_k^5 , шт.	3,33	20,0	7,14	7,5	8,0	3,75	2,5	2,0	2,5	15,0	20,0	7,5
N_k^6 , шт.	3,75	10,0	4,44	7,14	5,0	10,0	10,0	20,0	30,0	30,0	15,0	10,0
N_k^7 , шт.	2,22	3,33	6,0	10,0	15,0	20,0	30,0	30,0	30,0	25,0	6,67	7,14
N_m^8 , шт.	120,0	60,0	57,1	50,0	37,5	33,3	33,3	22,2	22,2	20,0	20,0	20,0
N_m^9 , шт.	166,7	100,0	55,6	40,0	42,9	44,4	40,0	30,0	22,2	20,0	20,0	20,0
Γ_0	6,26	3,69	3,14	2,04	1,77	1,56	1,39	1,29	1,13	1,05	1,0	0,93

$$2 \leq F_1 \leq 6; \quad 2 \leq n_k^1 \leq 10;$$

$$0,5 \leq T_{F6} \leq 4,0; \quad 4 \leq N_k^7 \leq 30;$$

$$2 \leq F_2 \leq 6; \quad 2 \leq n_k^2 \leq 10;$$

$$0,1 \leq T_{L2} \leq 1,0; \quad 4 \leq N_m^8 \leq 30;$$

$$2 \leq L_1 \leq 6; \quad 2 \leq n_m^3 \leq 10;$$

$$0,1 \leq T_{L3} \leq 1,0; \quad 4 \leq N_m^9 \leq 30.$$

$$2 \leq F_3 \leq 6; \quad 2 \leq n_k^4 \leq 10;$$

$$2 \leq F_4 \leq 6; \quad 2 \leq n_k^5 \leq 10;$$

$$2 \leq F_5 \leq 6; \quad 2 \leq n_k^6 \leq 10;$$

$$2 \leq F_6 \leq 6; \quad 2 \leq n_k^7 \leq 10;$$

$$2 \leq L_2 \leq 6; \quad 2 \leq n_m^8 \leq 10;$$

$$2 \leq L_3 \leq 6; \quad 2 \leq n_m^9 \leq 10.$$

Технические условия заданы в виде

$$0,5 \leq T_{F1} \leq 4,0; \quad 4 \leq N_k^1 \leq 30;$$

$$0,5 \leq T_{F2} \leq 4,0; \quad 4 \leq N_k^2 \leq 30;$$

$$0,1 \leq T_{L1} \leq 1,0; \quad 4 \leq N_m^3 \leq 30;$$

$$0,5 \leq T_{F3} \leq 4,0; \quad 4 \leq N_k^4 \leq 30;$$

$$0,5 \leq T_{F4} \leq 4,0; \quad 4 \leq N_k^5 \leq 30;$$

$$0,5 \leq T_{F5} \leq 4,0; \quad 4 \leq N_k^6 \leq 30;$$

Таким образом, рациональные значения параметров производственной системы: $F_1^* = 4$ станка, $F_2^* = 6$ станков, $L_1^* = 2$ человека, $F_3^* = 6$ станков, $F_4^* = 3$ станка, $F_5^* = 5$ станков, $F_6^* = 5$ станков, $L_2^* = 2$ человека, $L_3^* = 2$ человека, $n_k^{1*} = 3$ шт., $n_k^{2*} = 10$ шт., $n_m^{3*} = 10$ шт., $n_k^{4*} = 10$ шт., $n_k^{5*} = 4$ шт., $n_k^{6*} = 5$ шт., $n_k^{7*} = 7$ шт., $n_m^{8*} = 10$ шт., $n_m^{9*} = 10$ шт.

Заключение. Разработанная система автоматизации позволяет осуществлять моделирование, выбирать рациональные параметры производственной системы (решать основную задачу управления), при которых удовлетворяются заданные технические условия на показатели качества. Получена хорошая сходимость результатов.

Библиографические ссылки

1. Сиразетдинов Т.К. Методы решения многокритериальных задач синтеза технических систем . М.: Машиностроение, 1988. 160 с.

2. Иванов В.К. Автоматизация проектирования и управления возможностями предприятия / Обзорение прикладной и промышленной математики. М.: Научное изд-во «ТВП», 2009. Т. 16. Вып. 5. С. 853–854.

УДК 519.866

Л.В. Степанов, канд. техн. наук, доц. (Институт менеджмента, маркетинга и финансов,
г. Воронеж)

stepanovlv@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЛИГОПОЛИСТИЧЕСКОЙ КОНКУРЕНЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Олигополистическая конкуренция характеризуется координацией планов участников. Рассмотрены различные виды олигополии. На основе теории множеств предложена модель олигополистического рынка. Разработаны две модели для различных видов конкуренции, построенные на основе генетического алгоритма, нейросетевых технологий и методов теории игр.

Ключевые слова: конкуренция, олигополистическая конкуренция, модель рынка, генетический алгоритм, нейронные сети.

Oligopolistic competition is characterized by participants agenda coordination. Different oligopoly types are considered. Oligopolistic market model from a multitude theory is proposed. Two models of the different competition types constructed from a genetic algorithm, connectionist technology and games theory methods are developed.

Key words: competition, oligopolistic competition, market model, genetic algorithm, neural networks.

Введение. Научных работ, посвящённых экономическим проблемам конкуренции, опубликовано достаточно много как в отечественной [1–4], так и в зарубежной печати [5–8]. Причём практически в каждой из них даются те или иные определения. Многообразие публикаций отражает объективную сложность предмета данного научного исследования.

Одним из видов конкуренции является олигополистическая конкуренция — тип рынка, когда на нём господствуют несколько предприятий (но не много), координирующих свои стратегические, оперативные и (или) тактические планы по взаимодействию с другими участниками, причём как производителями, так и потребителями товаров и услуг.

В современных условиях во многих странах с развитым рынком преобладает именно олигополистический тип конкуренции, которая контролируется государством и антитрестовым законодательством. Этот факт дополнительно подчеркивает актуальность моделирования взаимодействия предприятий в условиях олигополистического рынка.

С учётом экономической сущности олигополии предлагается рассматривать два типа объединения:

объединение с формированием одного «совокупного» участника рынка — фактически создаётся один новый участник рынка, и все вошедшие в него предприятия теряют самостоятельность. К такой олигополии относят трест, холдинг, концерн. Такая форма очень близка к монополии и поэтому рассматриваться не будет;

объединение с кооперацией — предприятия сохраняют свою независимость, фактически высту-

пая как отдельные участники рынка. К этой олигополии можно отнести картель, синдикат, консорциум, конгломерат. Однако между ними существуют различия, связанные с тем, какую продукцию выпускают предприятия. Выделяют дифференциированную и чистую олигополию с кооперацией.

Товары на таком рынке обычно распределяются по так называемым кластерам — группам однотипных по составу, но неоднородных по значениям характеристик товаров. При этом такое разделение носит условный характер, так как по свойствам товары дифференцированы. Таким образом, на рынке присутствует товар как VIP-, так и экономкласса. Предметом кооперации в этом случае являются параметры продукции.

Под математической моделью рынка будем понимать совокупность элементов

$$R = \left\langle \{pt_i\}_{i=1}^n, \{pr_j\}_{j=1}^m, G \right\rangle^{\left\{ \{t_{jk}\}_{k=1}^{l_j} \right\}_{j=1}^m, \left\{ h_{jk}^y \right\}_{y=1}^{w_{jk}}}, \quad (1)$$

где $\{pt\}$ — множество потребителей товара; $\{pr\}$ — множество производителей товара; G — государство как регулирующий механизм рынка; t_{jk} — k -й товар j -го производителя; h_{jk}^y — y -я характеристика k -го товара j -го производителя; w_{jk} — количество характеристик k -го товара j -го производителя; m — число производителей; n — число потребителей; l_j — число товаров j -го производителя.

Модель (1) является наиболее общей и соответствующей всем типам олигополии, в том числе её чистой форме.

Для дифференциальной олигополии вид зависимости несколько упрощается:

$$R = \left\langle \{pt_i\}_{i=1}^n, \{pr_j\}_{j=1}^m, G \right\rangle^{\{t_{jk}\}_{k=1}^l, \{h_k^y\}_{y=1}^{w_k}} \quad (2)$$

В результате полученные описания (1) и (2) рынка олигополистической конкуренции как системы позволяют перейти к моделированию рыночного процесса, т. е. самого конкурентного взаимодействия. Особенности видов олигополии требуют построения отдельной модели для каждого из них.

Цель дифференциированной олигополии состоит в обеспечении необходимого уровня потребительских свойств каждого товара без нарушения сформированной на рынке дифференциации.

Замечание. Товар по характеристикам должен соответствовать требованиям потребителя, но не замещать другие товары на рынке. Если товар t_1 превосходит товар t_2 , то его параметры H_1 превосходят параметры H_2 . Другими словами, если $t_1 \succ t_2$, то $\{h_1^y\} \succ \{h_2^y\}$, где знак « \succ » обозначает превосходство (доминирование).

Для всех товаров рынка R

$$\begin{aligned} t_1 \succ \dots \succ t_k \succ \dots \succ t_l &\text{ если } \{h_1^y\} \succ \dots \succ \\ &\succ \{h_k^y\} \succ \dots \succ \{h_l^y\} \text{ при } \forall y. \end{aligned} \quad (3)$$

Применяя подходы теории игр [9, 10], можно утверждать, что t^* превосходит по параметрам t^{**} , если $\forall h \in H: \Pi(h^*) \geq \Pi(h^{**})$, где Π – некоторая функция, зависящая от характеристики товара, причём хотя бы одно неравенство выполнено строго.

Тогда с учётом транзитивности можно записать

$$\begin{aligned} t_1 \succ \dots \succ t_k \succ \dots \succ t_l \\ \text{если } \Pi_1 \geq \dots \geq \Pi_k \geq \dots \geq \Pi_l. \end{aligned} \quad (4)$$

С учётом экономической сущности дифференциированной конкуренции и выражения (3) результатом рыночного процесса должны стать оптимальные характеристики товара, не нарушающие соотношения (4), т. е.

$$\begin{aligned} \{h_1^y\}_{\text{опт}} \succ \dots \succ \{h_k^y\}_{\text{опт}} \succ \dots \succ \{h_l^y\}_{\text{опт}} \\ \text{при } \forall y. \end{aligned} \quad (5)$$

В качестве методологической базы для построения модели дифференциированной олигополии предлагается применить генетический алгоритм, который демонстрирует значительные успехи при решении многих сложных задач оптимизации в условиях, когда целевые функции являются многоэкстремальными.

Формирование исходной популяции (инициализация) заключается в выборе заданного количества хромосом (особей), представляемых последовательностями фиксированной длины. В условиях олигополии предлагается сформировать две родительские популяции.

1. Множество фактических параметров товара, выпускаемого производителями H^{PR} на рынке R :

$$\begin{aligned} H^{PR} = \{ \{h_1^y\}_{y=1}^{w_1} \succ \dots \succ \{h_k^y\}_{y=1}^{w_k} \succ \dots \succ \\ \succ \{h_l^y\}_{y=1}^{w_l} \}, \end{aligned} \quad (6)$$

где h_k^y – значение y -й качественной характеристики k -го товара, производимого на рынке R ; w_k – число характеристик k -го товара.

2. Множество параметров товара, обеспечивающих наибольшую полезность товаров для потребителей H^{PT} (наиболее желаемых):

$$\begin{aligned} H^{PT} = \{ \{h_1^y\}_{y=1}^{w_1} \succ \dots \succ \{h_i^y\}_{y=1}^{w_k} \succ \dots \succ \\ \succ \{h_n^y\}_{y=1}^{w_l} \}, \end{aligned} \quad (7)$$

где h_i^y – значение y -й качественной характеристики товара i -го потребителя на рынке R ; w_k – число характеристик k -го товара.

Число элементов в выражении (7) необязательно должно соответствовать числу потребителей n на рынке R . Это связано с тем, что потребитель pt_i может нуждаться в товарах из различных кластеров, например из VIP- и экономкласса одновременно.

Базовые принципы формализации качественных характеристик рассмотрены в работах, посвящённых теории нечётких множеств [11, 12] и теории принятия решений [13–15]. Применение этих моделей позволяет перейти от набора лингвистических конструкций к числовому представлению характеристик. Это обязательно, так как разные параметры могут иметь различный набор терминов, используемых для их характеристики. Переход к числовой форме позволяет их унифицировать.

Затем можно оценить приспособленность (Π^{PR} и Π^{PT}) для каждой из хромосом (6) и (7) согласно формуле

$$\Pi_k = w' \sqrt{\prod_{y=1}^{w'} h_k^{Cy}} \text{ или } \Pi_k = \frac{\sum_{y=1}^{w'} h_k^{Cy}}{w'}, \quad (8)$$

где h_k^{Cy} – нормализованное значение y -й характеристики k -й хромосомы; w' – число характеристик товара.

Рассчитываемое значение Π_k будет представлять собой величину, учитывающую равнозначность всех h_k^{Cy} . Среднегеометрическая зависимость обеспечивает большую точность, но не может применяться при условии $\exists h_k^{Cy} = 0$.

Селекция хромосом является одной из наиболее важных операций. На данном этапе происходит формирование пар хромосом для последующего скрещивания. Именно на этом этапе необходимо ввести модификацию, позволяющую реализовать кооперативный характер поведения предприятий на рынке. Предлагается разделить множество H^{PT} на совокупность непересекающихся подмножеств на основании значения функции приспособленности каждой из хромосом. С учётом выражения (5) товар t_1 из VIP класса будет превосходить по значениям характеристик товар t_2 из экономкласса. Следовательно, условие $\Pi_1^{PT} > \Pi_2^{PT}$ будет верно.

Все последующие этапы генетического алгоритма (скрещивание и формирование новой популяции) подробно рассмотрены в работе [16] и не требуют изменений. Эти этапы применяются отдельно к каждому из подмножеств множества H^{PT} .

В результате последовательного применения генетического алгоритма ко всем сформированным подмножествам может быть получено множество

$$H_{\text{опт}}^{PT} = \{\{h_1^y\}_{\text{опт}}^{PT} \succ \dots \succ \{h_k^y\}_{\text{опт}}^{PT} \succ \dots \succ \{h_l^y\}_{\text{опт}}^{PT}\}, \quad (9)$$

где $\{h_k^y\}_{\text{опт}}^{PT}$ – подмножество оптимальных характеристик k -го товара.

Необходимо отметить, что число подмножеств $\{h_k^y\}_{\text{опт}}^{PT}$ в множестве $H_{\text{опт}}^{PT}$ равно l – числу товаров, производимых для потребления на рынке R .

Условие (5) выполняется для всех наборов характеристик. Каждый последующий набор параметров товара превосходит предыдущий, но будет превзойдён по значению функции приспособленности следующего товара.

Для учёта параметров производимого товара предлагается сформировать новую популяцию на основе выражения (7) и применить к ней генетический алгоритм.

В результате может быть получено множество родительских популяций, представляющих собой кортеж:

$$\left\langle \{h_k^y\}_k^{w_k}, \{h_k^y\}_{\text{опт}}^{PT} \right\rangle \quad (10)$$

Экономический смысл решаемой на данном этапе задачи состоит в том, что необходимо найти оптимальное соотношение между потребительскими (желаемыми) и реальными параметрами товара. При этом можно предположить, что желаемые параметры могут быть несколько завышенными, а реальные – заниженными в силу стремления производителя минимизировать издержки. Таким образом, оптимальные параметры будут находиться между ними.

Так как генетический алгоритм применяется только к одной паре хромосом и с учётом экономического смысла решаемой задачи предлагается внести изменения в условие остановки алгоритма, выбрав

$$|\Pi_k^{PT} - \Pi_k^{PR}| \leq \Delta, \quad (11)$$

где Δ – допустимая погрешность работы алгоритма, которая определяется экспертизой.

В результате последовательного применения генетического алгоритма ко всем сформированным популяциям может быть получено множество

$$H^{\text{опт}} = \{\{h_1^y\}_{\text{опт}}^{PT}, \dots, \{h_k^y\}_{\text{опт}}^{PT}, \dots, \{h_l^y\}_{\text{опт}}^{PT}\}, \quad (12)$$

где $\{h_k^y\}_{\text{опт}}^{PT}$ – подмножество оптимальных характеристик k -го товара.

Элементы $H^{\text{опт}}$ будут соответствовать интересам как производителей, так и потребителей товара на рынке.

Следующим видом кооперации на рынке является чистая олигополия. В её основе лежит координация при распределении количества выпускаемой продукции на рынке. Коалицией будем называть объединение субъектов рынка для решения общих экономических задач и достижения общих целей.

При решении задачи ресурсного распределения необходимо обеспечить выполнение условия

$$Q^k = \sum_{j=1}^m q_j^k, \quad (13)$$

или

$$Q^k = \{q_j^k\}, j = \overline{1, m}, \quad (14)$$

где q_j^k – количество k -й продукции, вменяемой для выпуска j -м производителем коалиции S .

При определении уравнения (14) должны учитываться индивидуальные особенности каждого субъекта pr_j коалиции S .

Для получения распределения предлагается воспользоваться вектором Шепли [17, 18]. В работе [19] доказано, что оптимальный вектор распределения Шепли будет единственным для коалиции предприятий.

Вектор $D = \{D_j(\Psi)\}$ будем называть распределением D по элементам S , где Ψ – некоторая характеристическая функция.

Сформулированные базовые аксиомы аналитического способа задания характеристической функции Ψ [19] полностью применимы к данному исследованию.

Тогда в соответствии с условиями постановки задачи функция D , ставящая в соответствие согласно аксиомам коалиции S вектор распределения Шепли для данного исследования $D = \{D_j(\Psi)\}$, имеет вид

$$D_j(\Psi) = \sum_{pr_j \in S} \frac{(|S|-1)!(n_S - |S|)!}{n_S!} (\Psi(S) - \Psi(S \setminus \{j\})), \quad j \in S, \quad (15)$$

где $\Psi(S)$ – характеристическая функция; n_S – число элементов коалиции S ; $|S|$ – переменная суммирования. Знак модуля в этом случае означает, что величина S используется не как коалиция, а как некоторая целочисленная величина, показывающая количество базовых элементов подмножества S множества производителей.

Введём обозначение характеристик j -го производителя k -го товара:

$$H_k^{pr_j} = \{h_y^{pr_j}\}_k, y = \overline{1, w}, k = \overline{1, l}, \quad (16)$$

где h – индивидуальная характеристика j -го производителя; $\{h_y^{pr_j}\}$ – множество характеристик j -го производителя k -го товара.

В условиях олигополии на рынке представлены производители однородной продукции, поэтому можно утверждать, что по параметрам эти предприятия схожи, т. е. имеют одинаковый состав характеристик:

$$H_k^{pr} = \{h_y^{pr}\}_k, y = \overline{1, w}, k = \overline{1, l}. \quad (17)$$

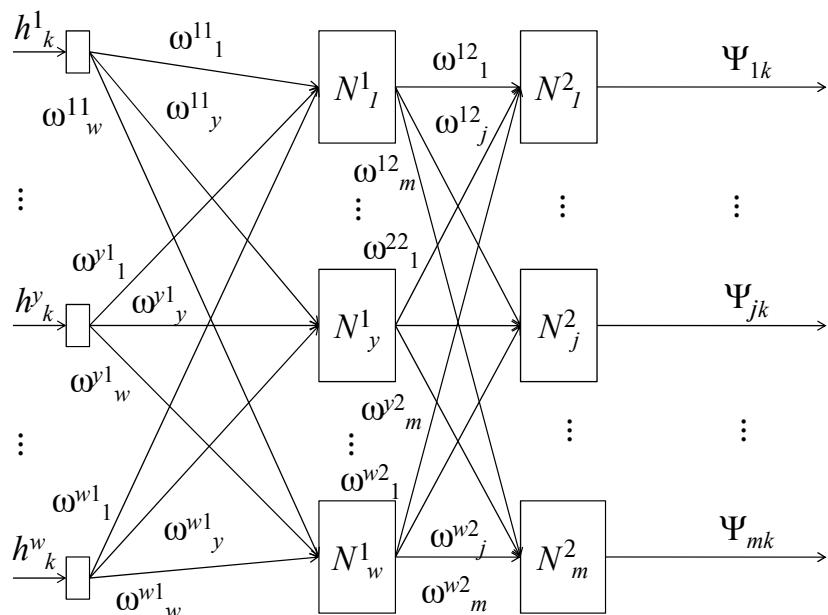
Однако связать между собой некоторые из них и представить в аналитической форме не представляется возможным. В связи с этим для получения значений, характеризующих каждого из участников коалиции, предлагается воспользоваться технологией нейронных сетей [20, 21].

Для моделирования коалиции S производителей предлагается использовать двухслойную архитектуру (см. рисунок).

В предложенной архитектуре входной слой состоит из нейронов N , число которых соответствует числу входных характеристик j -го производителя. В результате преобразования вектор входных характеристик будет преобразован в вектор такой же длины ψ . Процесс преобразования может быть выражен формулой

$$\psi = F_1(H), \quad (18)$$

где F_1 – активационная функция первого слоя.



Архитектура искусственной нейронной сети k -го товара

В условиях данной задачи значения вектора входных параметров являются одинаково значимыми, что позволяет использовать гомогенную структуру. Одной из наиболее распространённых функций является нелинейная функция с насыщением, так называемая логистическая функция, или сигмоид [22].

Вектор ψ будет представлять собой совокупность взвешенных характеристических значений вектора исходных параметров.

Для применения вектора Шепли (15) требуется получить характеристические значения для каждого производителя коалиции. Для решения этой задачи нейронная сеть дополнена вторым слоем (см. рисунок), число нейронов которого равно числу производителей.

В результате преобразования получаем:

$$\Psi = F_2(\psi), \quad (19)$$

где F_2 – активационная функция второго слоя.

Нейронные сети представляют собой адаптивную систему, жизненный цикл которой состоит из двух независимых фаз – обучения и работы сети. Существует множество различных способов обучения нейронной сети [16].

Производственные характеристики предприятий рынка R зависят от особенностей выпускаемого товара. Эти отличия связаны не только с технологией производства отдельных товаров, но и с экономическими процессами на предприятиях (например, сбытом и хранением). Поэтому использовать одну и ту же нейронную сеть для различных товаров рынка нельзя. В то же время, определение характеристических значений связано с анализом одних и тех же производственных характеристик, поэтому изменять предложенную архитектуру не требуется. Тогда нейронная система коалиции S производителей рынка R может быть представлена совокупностью независимых искусственных нейронных сетей, количество которых равно числу товаров на рынке R .

Получив на основе нейронной системы множество векторов характеристических значений и используя выражение (15), можно получить распределение (14) и пропорционально ему определить количество продукции, вменяемой для выпуска каждым производителем коалиции S .

Заключение. Следует особо отметить, что новизной предложенного подхода является возможность учёта большого спектра производственных характеристик предприятий. Можно учесть не только финансовые показатели производства, но и особенности технологических процессов на предприятиях, а также прочие экономические факторы (маркетинг, сбыт, снабжение, хранение и др.) их деятельности.

Библиографические ссылки

1. Абрамов В.Л. Маркетинговое управление конкурентоспособностью экономических систем // Маркетинг в России и за рубежом. 2005. № 5. С. 100–107.
2. Герасименко В.В. Ценовая политика фирмы // Бизнес и банки. 2001. № 43. С. 11–14.
3. Глисин Ф., Воронина Г. О конкурентоспособности промышленных предприятий // Экономист. 2004. № 6. С. 17–21.
4. Кеворков В.В., Кеворков Д.В. Конкурентоспособность, клиентоориентированность компаний // Библиотечка российской газеты. 2005. № 12. С. 30–44.
5. Berkowitz Erik N. et al. Marketing. Homewood: Boston; Irwin, 1989. 756 р.
6. Cravens D. W., Lamb Ch. W. IR. Strategic marketing management: cases and applications. Homewood; Boston: Irwin, 1990. 742 р.
7. Dillon W. R. et al. Marketing research in a marketing environment. Boston: Richard D. Irwin, Inc., 1990. 853 р.
8. Hiam A., Schewe Ch. D. The Portable MBA in marketing. N. Y., etc.: John Wiley & Sons, Inc., 1992. 464 р.
9. Глисин Ф., Воронина Г. О конкурентоспособности промышленных предприятий // Экономист. 2004. № 6. С. 17–21.
10. Петросян Л.А. Бескоалиционные дифференциальные игры. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1989. 275 с.
11. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечётких множеств в управлении предприятиями / Пер. с исп. Мин.: Вышэйшая школа, 1992. 224 с.
12. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. В кн.: Математика сегодня. М.: Знание, 1974. С. 5–49.
13. Айзерман М.А., Малишевский А.В. Некоторые аспекты общей теории выбора лучших вариантов. М.: ИПУ АН СССР, 1980. 36 с.
14. Беляев Л.С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределённости. Новосибирск: Наука, 1978. 126 с.
15. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях. М.: Знание, 1979. 64 с.
16. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы / Пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 452 с.
17. Ауман Р., Шепли Л. Значения для неатомических игр. М.: Мир, 1977. 230 с.
18. Дибин Г.Н. О функции Шелли для игр с бесконечным числом игроков. // Теоретико-игровые вопросы принятия решений. Л.: Наука, 1978. 310 с.
19. Розенмюллер И. Кооперативные игры и рынки. М.: Мир, 1974. 168 с.
20. Нейронные сети: История развития теории / Под ред. А.И. Галушкина и Я.З. Цыпкина. М.: ИПРЖР, 2001. 840 с.
21. Головко В.Л. Нейронные сети: обучение, организация и применение / Под ред. А.И. Галушкина. Науч. сер. «Нейрокомпьютеры и их применение». Кн. 4. М.: ИПРЖР, 2001. 256 с.
22. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 240 с.

УДК 004.93'12

К.Б. Стациенко (Компания ABBYY, г. Москва)

Konstantin_S@abbyy.com

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТОВЫХ И НЕТЕКСТОВЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрена классификация областей, найденных на изображении печатного документа. Эта задача является одним из этапов анализа структуры документа в процессе распознавания текста. Приведён пример анализа серых изображений, содержащих текст, картинки и различный мусор, а также результаты экспериментальной апробации предложенного подхода.

Ключевые слова: классификация, анализ документа, распознавание текста.

Regions classification founded on the printing document imagery is considered. This task is one of document structure analysis phase in the text recognition process. Analysis example of the grey imagery containing text, pictures and different sweepings as well as results of the offered approach experimental approbation are adduced.

Key words: classification, document analysis, text recognition.

Введение. При создании первых программ для распознавания текста анализу документа уделялось мало внимания. Как правило, такие программы не могли работать со сложно форматированными страницами, требовали от пользователя выделения интересующих его фрагментов вручную или имели достаточно простую, полуавтоматическую систему анализа [1]. С развитием средств оптического распознавания и проникновением соответствующего программного обеспечения на рынок подсистема анализа документа постоянно усложнялась, подстраиваясь под требования пользователей. В современных программах она должна не только определять положение текста на странице, но и находить все остальные элементы её структуры и форматирования (книжный разворот, врезки, картинки, таблицы, штрихкоды и т. п.).

При обработке сложно форматированных журнальных страниц поиск и идентификация нетекстовых объектов имеют особое значение. На документах текст часто находится перед фотографиями, которые, в свою очередь, имеют сложные неровные границы. Стоит отметить, что при получении распознаваемого изображения с помощью фотосъёмки или из-за неаккуратного сканирования на документе образуются участки неоднородной освещённости (особенно вблизи книжного разворота), а также посторонние объекты попадают в область видимости (например, крышка сканера или поверхность стола).

В процессе анализа выполняются две важные задачи: сегментация (разделение страницы на области, обладающие определёнными свойствами) и классификация (определение типа каждой из областей). При анализе документа эти задачи приходится выполнять неоднократно, начиная с

поиска простейших объектов (пунктуация, отдельные символы или разделители) и заканчивая выделением высокоуровневых объектов (таблица или текстовая колонка с врезками).

В статье рассматриваются подходы к решению задачи классификации текстовых и нетекстовых областей на основе информации, полученной с серого и бинаризованного изображений страницы. Серым называется изображение, информация о яркостях пикселей которого представлена в виде целого числа (от 0 до 255). Если каждый пиксель изображения имеет только два состояния (чёрное и белое), то изображение называется чёрно-белым, его получают из серого бинаризацией. В процессе бинаризации все пиксели, яркость которых превышает некоторый, специально подобранный порог, считаются белыми, а остальные — чёрными.

Решение задачи. На рис. 1 приведён пример страницы, на которой выделены три области: текст, картинка и мусор. Классификатору необходимо определить тип каждой из них. Решение текстовых и нетекстовых областей является хорошо проработанной задачей [2], в отличие от задачи различия мусора и картинок.

Чтобы классифицировать графические объекты, их необходимо описать с помощью признаков. Одним из источников информации для подсчёта признаков может служить чёрно-белое изображение страницы, полученное в ходе бинаризации исходного серого или цветного изображения. Использование бинаризованного изображения удобно ещё и потому, что оно необходимо не только для решения данной задачи, но и для множества предшествующих и последующих этапов распознавания, а значит, его получение не требует дополнительных затрат, и к моменту исполь-

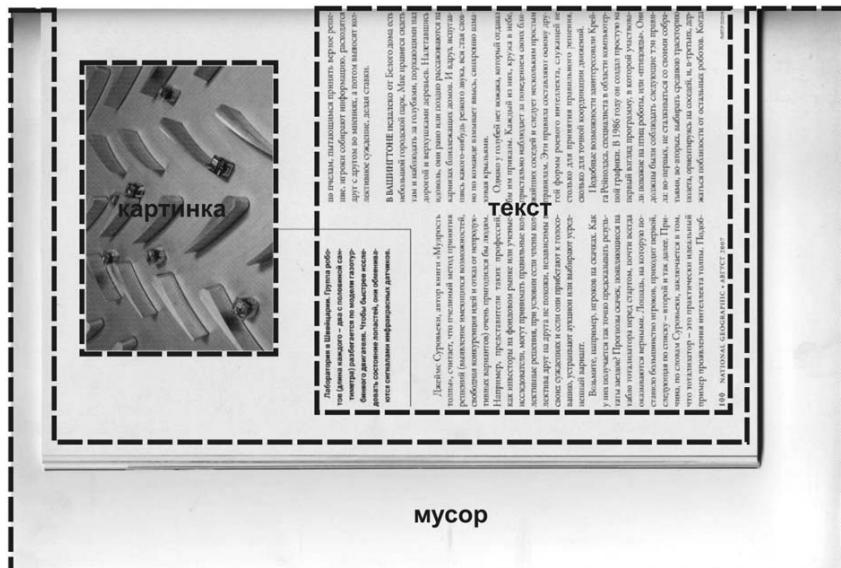


Рис. 1. Пример отсканированной страницы, содержащей как текстовые, так и нетекстовые (картинка и мусор) объекты

зования описываемого классификатора оно, как правило, уже существует.

В коммерческой системе оптического распознавания FineReader[®], частью которой является рассматриваемый классификатор, чёрно-белые изображения представлены с помощью RLE-кодирования (Run-Length Encoding), суть которого заключается в том, чтобы для каждой строки изображения сохранять информацию только о начале и конце непрерывных последовательностей чёрных пикселей. Такие последовательности называются RLE-штрихами. Данный способ кодирования позволяет существенно экономить вычислительные ресурсы.

Используя бинаризованное изображение в RLE-представлении, можно получить простейшие его характеристики (количество горизонтальных и вертикальных RLE-штрихов, количество чёрного штриха и его наибольшую длину). Эти характеристики, подсчитанные для вырезанного участка изображения вместе с информацией о его ширине, высоте и количестве содержащихся в нём связных белых областей, являются базовыми признаками для классификации текста. Поэтому они выбраны в качестве первых претендентов для описания классифицируемого графического объекта.

Ещё одним источником информации служат данные о связных чёрных областях, присутствующих на чёрно-белом изображении. Эти компоненты выделяются на первом этапе анализа страницы «снизу вверх» и также известны к моменту начала классификации. Подход «снизу вверх» предусматривает выделение простых объектов

(буквы или знаки пунктуации) и последующее их объединение в более крупные и сложные (слова), а затем в строки, параграфы и текстовые колонки. Такой подход противоположен процедуре «сверху вниз», в ходе которой исходное изображение делится сначала на крупные объекты, а затем объекты рекурсивно делятся на более мелкие подобъекты.

Для каждой связной компоненты известны координаты её описывающего прямоугольника, а также пяти упомянутых выше признаков (количество чёрного, горизонтальных и вертикальных RLE-штрихов, белых дырок и наибольшая длина чёрного штриха). Эти данные позволяют подсчитать такие характеристики интересующего участка изображения как распределение компонент по размерам, количеству чёрного штриха, его толщине (отношению количества чёрного штриха к сумме горизонтальных и вертикальных RLE-штрихов) и найти параметры среднестатистической крупной и мелкой компоненты.

Чтобы определить, какие признаки стоит использовать, проводилось сравнительное тестирование классификаторов с различными наборами признаков. Для этого применялась коллекция изображений страниц (тестовая база), на которых выделены области, занимаемые картинками, текстом и мусором. База состояла из фотографий и отсканированных изображений печатных материалов различного типа, качества и вёрстки (книги, журналы, газеты, каталоги, бланки и т. д.). База была разделена на три части, первая из которых использовалась для обучения классификатора.

тора, вторая для тестирования качества его работы. В зависимости от результатов выбирался тот или иной признак. Так как многократное повторение процедуры «обучение – тестирование – настройка» может привести к переобучению, то необходим способ контроля данного эффекта. Этим способом стало тестирование с помощью третьей части базы, результаты которого не влияли на ход обучения, что позволяло рассматривать их как достоверную оценку качества работы классификатора.

Устройство классификатора подробно описано ниже. Здесь же нужно отметить, что результатом работы классификатора является оценка вероятности того, что классифицируемый объект принадлежит к каждому из трёх типов (картинка, текст и мусор). Для расчёта качества классификации использовался теоретико-информационный критерий:

$$s = \sum_{i,j \in \{P,T,N\}} p_{ij} \ln p_{ij}, \quad (1)$$

где p_{ij} – вероятность того, что классифицируемый объект принадлежит к классу j , в то время как классификатор отнёс его к классу i ; индексы i и j могут принимать значения P , T и N , соответствующие классам картинок, текста и мусора.

Чем больше значение s , тем лучше работает классификатор. Величины p_{ij} рассчитывались по результатам тестирования следующим образом:

$$p_{ij} = \frac{\sum_{k \in \Omega_j} q_{ik}}{\sum_{k \in \Omega_P} q_{ik} + \sum_{k \in \Omega_L} q_{ik} + \sum_{k \in \Omega_T} q_{ik}}, \quad (2)$$

где q_{ik} – оценка (данная классификатором) того, что k -й объект текстовой выборки принадлежит к классу i ; суммирование ведётся по множествам Ω_j объектов класса j .

Настройка классификатора заключается в подборе комбинации признаков, при которой значение s , рассчитанное по данным второй базы, было бы максимальным. Процесс начинается с некоторой группы признаков, которая служит первым приближением. Затем к этой группе добавляется новый признак, и если последующее тестирование показывает, что значение s выросло, то добавленный признак остаётся в базе. Аналогичная процедура проводится с удалением и заменой признаков.

Из числа признаков, рассчитанных по чёрно-белому изображению и участвовавших в подборе, стоит выделить группу (первую), в которую во-

шли признаки, хорошо зарекомендовавшие себя в задачах предварительной классификации текстовых областей:

1. Количество горизонтальных и вертикальных RLE-штрихов, отнесённых к площасти (два признака).
2. Средние длины чёрных и белых, вертикальных и горизонтальных RLE-штрихов (четыре признака).
3. Количество чёрных (белых) связных компонент, отнесённых к площасти объекта (два признака).
4. Среднее количество чёрных (белых) дырок в белой (чёрной) связной компоненте (два признака).
5. Отношение количества чёрного к площасти объекта (один признак).
6. Отношение суммы горизонтальных и вертикальных RLE-штрихов к количеству чёрного (один признак).

Вторую группу составили признаки, казавшиеся наиболее адекватными для описания таких отличительных особенностей картинок, как большое количество вхождений каждого из оттенков серого или наличие средних значений градиентов. В эту группу вошли подгруппы, состоящие из четырёх основных характеристик распределений тех или иных величин, описывающих классифицируемый объект: среднее значение распределения, его дисперсия, коэффициент асимметрии (величина, характеризующая асимметрию распределения, может быть вычислена по формуле $\gamma_1 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$, где μ_3 – третий центральный момент рассматриваемого распределения, а σ – дисперсия) и коэффициент эксцесса (мера остроты пика распределения случайной величины, может быть вычислена по формуле $\gamma_2 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3$, где μ_4 – четвертый центральный момент рассматриваемого распределения).

Для определения значений признаков второй группы использовались распределения таких величин, как значения яркости пикселей и градиентов, рассчитанных и усреднённых различными способами. Во вторую группу входят:

1. Среднее, дисперсия, асимметрия и эксцесс распределения частот встречаемости оттенков серого изображения объекта (четыре признака).
2. Среднее, дисперсия, асимметрия и эксцесс распределения частот встречаемости значений горизонтальной и вертикальной составляющих поля градиента серого изображения объекта (восемь признаков).
3. Среднее, дисперсия, асимметрия и эксцесс распределения частот встречаемости модуля значений поля градиента серого изображения объекта (четыре признака).

Окончательное множество составили признаки, добавление которых наилучшим образом сказывалось на качестве классификации. В это множество вошли подгруппа 2 первой группы признаков и подгруппа 2 второй группы, а также дополнительный признак, равный среднему количеству белых дырок в чёрных связных компонентах градиентного изображения (градиентное изображение – это чёрно-белое изображение, чёрные пиксели которого соответствуют точкам, где значение градиента превышает некий порог). Стоит отметить, что при расчёте распределения частот встречаемости значений градиента значения усреднялись по соседним точкам, а также в распределение включались только те точки, значения которых превышали определённый порог. Это делалось для отсечения шумовой составляющей, которая в противном случае будет доминировать в распределении. Другими словами, 80 % поверхности среднестатистической картинки содержат небольшие градиенты, им соответствует резкий максимум в распределении, на фоне которого остальные особенности становятся малозаметными. На рис. 2 приведены примеры типичных распределений, рассчитанных для разных типов объектов.

Классификация. Особенностью мусора является то, что значения его признаков могут лежать в широком диапазоне, в отличие от картинок или текста, чьи признаки локализованы в достаточно ограниченном объёме пространства. Это вызвано разнообразием причин возникновения мусора и его проявлений. На рис. 3 приведён пример рас-

пределения объектов трёх типов при двухмерном пространстве признаков. Здесь отделять положительные примеры от отрицательных гиперплоскостью нецелесообразно, вместо этого можно попробовать описать пространственное распределение плотности положительных примеров (текста и картинок). Опираясь на то, что положительные примеры сосредоточены вокруг некоторых значений признаков, образуя группы (кластеры), искомое распределение плотности $\phi(q)$ можно представить как сумму распределений плотностей в этих кластерах:

$$\Phi_{p,t}(q) = \sum_i^{N_{p,t}} \alpha_i \phi_{p,ti}(q), \quad (3)$$

где p и t – индексы, соответствующие величинам для картинок или текста; N – количество кластеров; α_i – объём i -го кластера (количество точек в кластере); ϕ_i – функция, задающая форму распределения плотности внутри кластера (интеграл этой функции по пространству признаков равен единице).

В качестве функции ϕ_i использовалось многомерное гауссово распределение:

$$\phi_i(q) = \frac{1}{(2\pi)^{K/2} |\Sigma_i|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(q-\mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (q-\mu_i)}, \quad (4)$$

где μ_i – радиус-вектор центра; Σ_i – матрица ковариации i -го кластера.

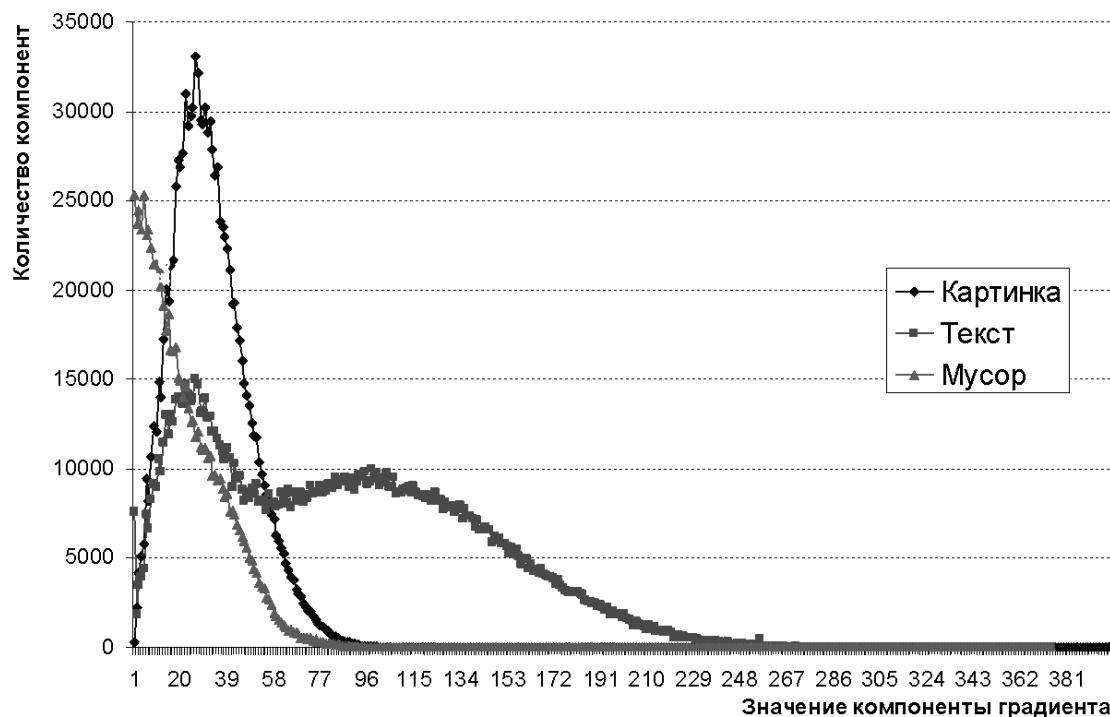


Рис. 2. Пример распределения значений градиента для различных объектов

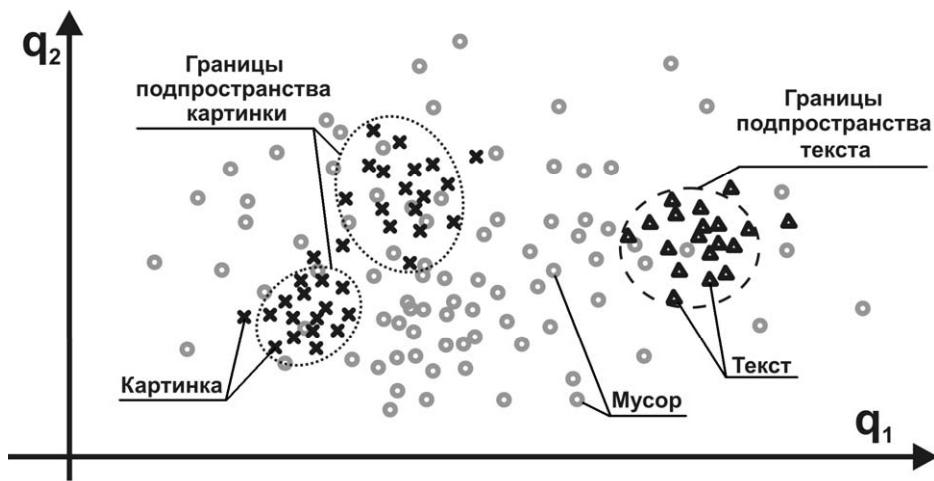


Рис. 3. Пример распределения объектов разных типов в двумерном пространстве признаков

Для нахождения неизвестных параметров распределения α_i , μ_i и Σ_i использовался алгоритм не-контролируемой кластеризации EM (Expectation Maximization) [3, 4], суть которого заключается в итеративной оптимизации значений искомых переменных в присутствии скрытых параметров (скрытыми параметрами являются вероятности того, что пример принадлежит заданному кластеру), от которых необходимо избавиться интегрированием. Каждая итерация алгоритма состоит из двух шагов. На первом шаге (expectation) оценивается распределение скрытых параметров, исходя из значений искомых переменных, полученных в предыдущей итерации. На втором шаге (maximization) – выполняется поиск новой оценки для искомых переменных, доставляющей максимум функции правдоподобия с учётом нового распределения скрытых параметров.

Для классификации очередного объекта, определялись его признаки, затем с помощью формулы (3) – плотность положительных примеров в окрестности точки в пространстве признаков, соответствующей интересующему нас объекту. Далее полученное значение сравнивали со значением плотности отрицательных примеров, которая аппроксимировалась константой. Искомое качество классифицируемого объекта определялось по формуле

$$F_{p,t}(q) = \frac{j_{p,t}(q)}{j_{p,t}(q) + C_{trash}}. \quad (5)$$

Заключение. Таким образом, выше рассмотрен подход к признаковой классификации различных графических объектов на изображении страницы печатного документа, предназначенный для работы с серыми или цветными изображениями. Однако первая группа признаков также может быть использована самостоятельно для классификации объектов на чёрно-белом изображении. Особую эффективность в качестве признаков продемонстрировали средние длины чёрных и белых, вертикальных и горизонтальных RLE-штрихов (четыре признака), среднее, дисперсия, асимметрия и эксцесс распределения частот встречаемости значений горизонтальной и вертикальной составляющих поля градиента серого изображения (восемь признаков), а также среднее количество белых дырок в чёрных связных компонентах градиентного изображения.

Библиографические ссылки

1. Wong K.Y., Casey R.G., Wahl F.M. Document Analysis System: IBM J. Res. Develop. 1982. T. 26. № 6. С. 647–656.
2. Zheng Y., Li H., Doermann D. Machine Printed Text and Handwriting Identification in Noisy Document Images: Ieee transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2004, T. 26. № 3. С. 337–353.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход: М.: Вильямс, 2007. С. 942–972.
4. Dellaert. F. The Expectation Maximization Algorithm: Georgia Institute of Technology. Technical Report number GIT-GVU-02-20. 2002. С. 1013–1019.

УДК. 681.5.011

О.Н. Михалёв, канд. техн. наук, **А.С. Янюшкин**, д-р техн. наук, проф.

(Братский государственный университет),

А.Ю. Попов, д-р техн. наук, проф.

(Омский государственный технический университет)

mih_tm@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрены основные недостатки и резервы автоматизации технологической подготовки производства к выпуску новых изделий с точными отверстиями. Более подробно описан способ автоматизированного проектирования технологических процессов обработки точных отверстий, основанный на модульном принципе построения машиностроительного производства.

Ключевые слова: автоматическое распознавание отверстий, классификация технологических процессов, модули поверхностей, повышение степени автоматизации.

Basic limitation and reserves of the technological preparation automation of the production for new products output with precise holes are considered. Automatic designing method of the precise holes machining technological processes based on the modular principle of the engineering industry construction is described in every detail.

Key words: holes automatic recognition, technological processes classification, surface modulus, automatic degree growth.

Технологическая подготовка производства (ТПП) к выпуску новых изделий является одним из ответственных этапов жизненного цикла изготовления изделий. Данный этап характеризуется большой трудоёмкостью и чрезмерной продолжительностью. В частности, при обработке на станках с ЧПУ осуществление ТПП в большинстве случаев занимает гораздо больше времени, чем обработка всей партии деталей.

Внедрение информационных технологий значительно сократило сроки и трудоёмкость проведения ТПП к выпуску новых изделий. Использование CAD/CAM-систем (Computer Aided Design/Manufacturing system) стало неотъемлемой частью работы конструкторов, технологов и программистов. Без данных систем невозможно представить полноценную работу современного машиностроительного предприятия.

CAD/CAM-систем становятся всё больше, они постоянно совершенствуются. Однако необходимо признать, что все разработки по автоматизации проектирования технологических процессов (ТП) разрозненны и процесс совершенствования систем становится всё более неуправляемым, поэтому должно быть общее направление развития автоматизированных систем, а также необходимо создание чёткой терминологии основных понятий и процессов для согласованного совершенствования систем.

Современные CAD/CAM-системы построены на концепции автоматического распознавания конструктивных элементов (КЭ) детали (карманы, отверстия и т. д.) для автоматического применения к ним типовых ТП обработки. КЭ детали являются элементарными составляющими исходных данных для построения ТП обработки детали. В модульном принципе построения машиностроительного производства аналогично рассматриваются модули поверхностей (МП) или модули совокупности поверхностей детали, как элементарные «частицы» исходных данных [1]. Также существуют понятия технологических комплексов (Т-комплексов), использующихся для технологического моделирования при параллельном проектировании деталей машин [2]. Как бы ни называли эти элементы, речь идёт о некоторой совокупности поверхностей различных типов, обрабатывающихся за один установ детали и обладающих рядом свойств. Необходимо дать одно общепризнанное определение данным совокупностям поверхностей, которым можно было бы оперировать. Несмотря на существование разрозненных сведений в этой области, данное направление является верным в развитии всех автоматизированных систем и машиностроения в целом. Только так возможно осуществить в едином комплексе проектирование, изготовление и эксплуатацию машиностроительной продукции и тем самым резко повысить её

технический уровень. В первую очередь для этого необходимо установить взаимосвязи между деталью, ТП её изготовления и технологическим оснащением, а также осуществить качественные классификации ТП, технологического оснащения и т. д., с учётом того, что данные классификации согласованы между собой. Такие классификации и их взаимосвязи сегодня не реализованы и требуют более глубоких исследований. Первостепенной задачей при этом является установление основных критериев данных классификаций.

Например, для классификации ТП обработки точных отверстий основными критериями будут вид отверстия, его назначение (базирующее, рабочее и т. д.), предельные диаметральные размеры отверстия, отношение глубины к диаметру отверстия, точность диаметральных размеров,

точность относительного расположения оси отверстия, щероховатость поверхности, материал детали, обрабатывающее оборудование, жёсткость заготовки, наличие предварительно подготовленного отверстия, возможность обработки отверстия с двух сторон. Фрагмент подобной классификации ТП обработки точных отверстий представлен на рис. 1. Данный фрагмент приведён для простых гладких отверстий.

Точное отверстие – это довольно простой конструктивный элемент. Однако приведённая классификация демонстрирует большое количество факторов, требующих учёта для проектирования ТП обработки отверстия. Поэтому организация автоматического проектирования оптимального ТП для распознанного КЭ является сложной задачей и главной проблемой комплексной автоматизации проектирования ТП. Вызывает интерес

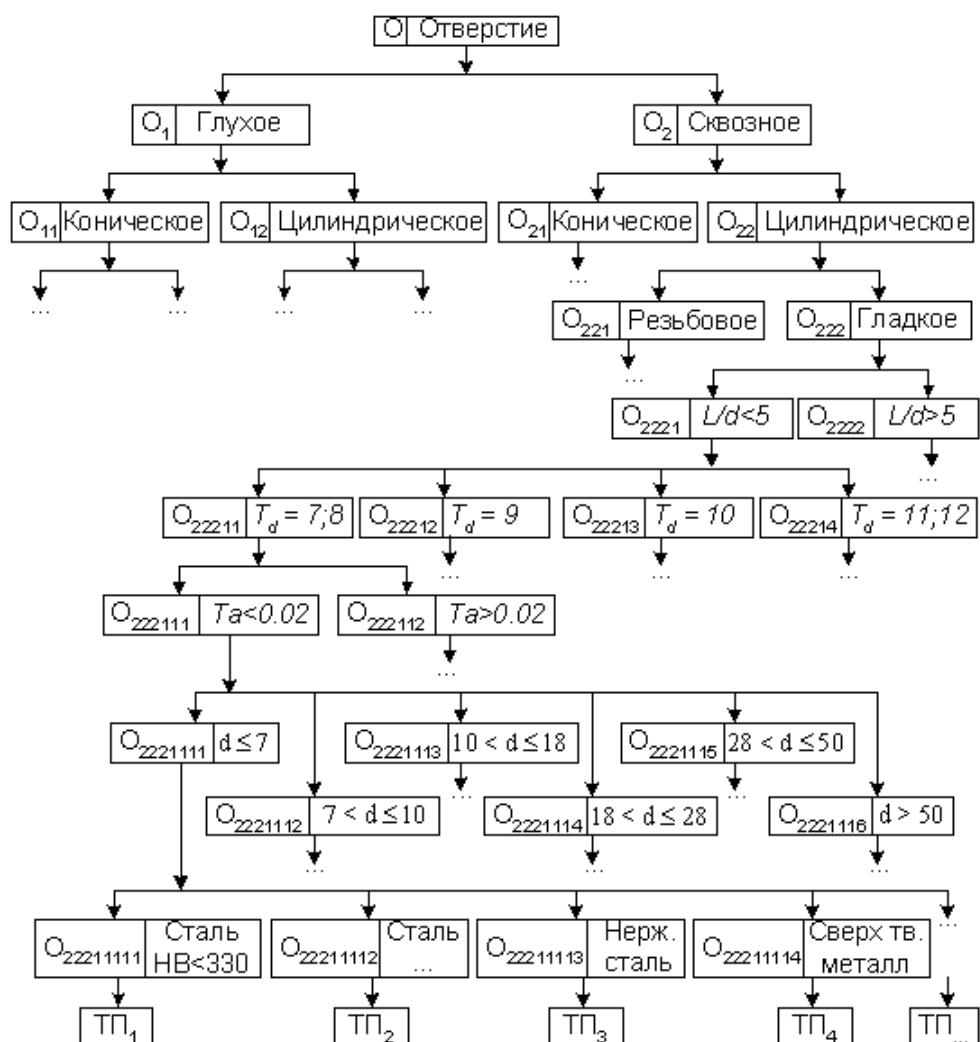


Рис. 1. Классификация технологических процессов обработки точных отверстий:

L/d – отношение длины отверстия к диаметру; T_a – точность относительного расположения отверстия;
 T_d – точность диаметрального размера отверстия

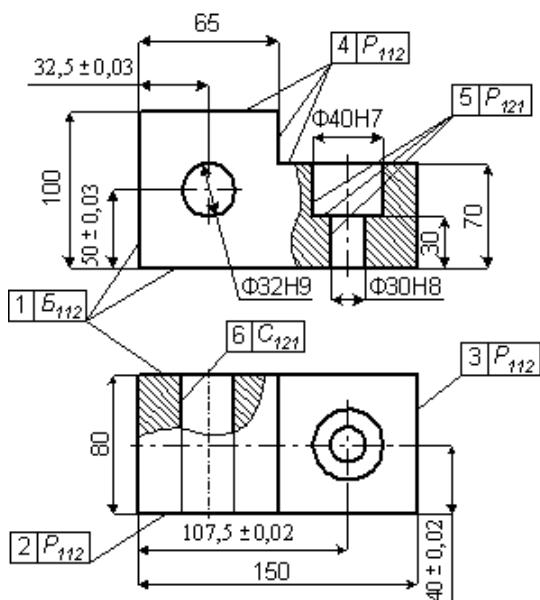


Рис. 2. Эскиз детали с точными отверстиями

автоматическое применение к КЭ не просто типового, а оптимального ТП обработки.

Кроме того, рано утверждать, что подобная классификация окончательная, так как не все её уровни подробно разобраны, в ней не учитывается точность перпендикулярности оси отверстия, вид дна глухого отверстия, а также служебное назначение отверстия (базирующее, рабочее, соединительное и т. д.). Необходимо дальнейшее её совершенствование.

Именно иерархическое представление классификации ТП обработки точных отверстий делает программную реализацию автоматизированного проектирования ТП обработки точных отверстий более прозрачной.

Некоторую деталь, согласно модульному принципу построения машиностроительного производства, представим следующим образом.

Все поверхности детали могут быть разбиты на элементарные МП. В частности, поверхности де-

тали, представленной на рис. 2, разбиты на следующие МП: B_{112} – плоские наружные поверхности (Б – базирующие поверхности); P_{112} – плоские наружные поверхности (Р – рабочие поверхности); C_{121} – внутренняя поверхность вращения (С – соединительная поверхность); P_{121} – внутренняя поверхность вращения.

Распознавание геометрии внутренних поверхностей вращения (P_{121} ; C_{121}) не достаточно для дальнейшего проектирования их обработки, так как они обладают большим количеством отличительных признаков (см. рис. 1). Поэтому при распознавании отверстий (внутренних поверхностей вращения) система должна каждой ступени присваивать определённое условное обозначение, соответствующее классификации (см. рис. 1). Таким образом, отверстия детали, показанной на рис. 2, могут быть представлены в виде графов, состоящих из условных обозначений отверстий в соответствии с классификацией ТП (рис. 3).

После представления точных отверстий в виде подобных графов CAD/CAM-система сможет полностью автоматически сформировать оптимальный ТП их обработки с помощью классификации ТП. Автоматизированное формирование ТП для обработки ступенчатых отверстий осуществляется обобщением процессов обработки каждой ступени в отдельности. Для этого разработан специальный алгоритм проектирования ТП обработки ступенчатых отверстий.

Не менее важным направлением развития CAD/CAM-систем является повышение степени их автоматизации. Необходимо найти не только способы автоматизации решений различных задач, но и интегрировать их в одно общее решение. Например, в системе автоматизированного проектирования ТПП на станках с ЧПУ («САПР ТПП ЧПУ» v.1.0) реализовано интегрирование частных решений таких задач, как назначение технологической схемы обработки точных отверстий, выбор режущих инструментов и расчёт основных параметров обработки в одно общее решение [3]. Это позволило решать данные задачи в считанные секунды для любого типа отверстия,

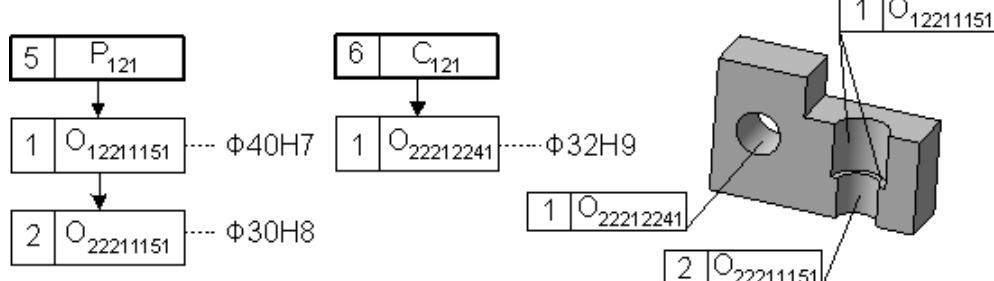


Рис. 3. Представление точных отверстий детали в виде графов

причём учитывая множество факторов, представленных в классификации (см. рис. 1). Разработан обобщённый алгоритм решения данных задач. Также необходимо интегрировать и другие задачи, найти взаимосвязь между ними. Только после этого можно создать интеллектуальную автоматизированную систему.

Одним из важных моментов при этом является наделение отверстий трёхмерной модели детали параметрами точности как диаметральных размеров, так и относительного их расположения. Современные CAD/CAM-системы считывают геометрические параметры отверстия, материал детали, но не могут определить точность диаметрального размера отверстия и относительного его расположения. Поэтому системы не в состоянии автоматически разработать оптимальный ТП его обработки. Нельзя сказать, что системы вообще не могут учсть точность отверстия. Во многих системах используются шаблоны ТП обработки часто встречающихся точных отверстий. При нахождении шаблона обработки точного отверстия, конкретного его вида и типоразмера в базе данных система может автоматизированно создать ТП его обработки. Соответственно при отсутствии подобного шаблона его необходимо создать вручную, что является главным недостатком данного способа автоматизации ТП. Необходим подход, при котором системы самостоятельно смогли бы разработать ТП обработки точного отверстия любой конфигурации, присущуюего на трёхмерной модели детали.

Существующее представление трёхмерной модели детали не позволяет технологу разработать оптимальный ТП её обработки. Для этого необходимо наделить КЭ трёхмерной модели детали, в том числе и отверстия, параметрами точности (T_a , T_d и т. д.). Таким образом, CAD/CAM-система при распознавании отверстия на трёхмерной модели сможет определить не только его геометрические размеры, но и показатели точности, а затем автоматически применить и необходимый ТП его обработки.

После автоматического применения ТП обработки КЭ или МП, выбора режущих инструментов, расчёта основных параметров обработки необходимо выбрать вспомогательные инструменты и технологическую оснастку. Автоматизация решения данных задач ограниченно реализована в современных CAD/CAM-системах. Основной проблемой является то, что разнообразие технологического оснащения стало чрезмерно большим. Решение данной проблемы возможно унификацией и классификацией технологического оснащения. Причём такой классификацией, которая согласовывалась бы с классификациями КЭ и ТП, что имеет важное значение. Именно созданные связи между деталью, ТП и технологи-

ческим оснащением позволяют решить большинство задач – от проектирования технологической схемы обработки до выбора приспособления для конкретного оборудования в «сквозном» режиме.

Однако этого недостаточно для комплексной ТПП к выпуску новых изделий на станках с ЧПУ. Для этого необходима технологическая документация: карты наладки станка с ЧПУ, карты настройки инструмента, операционные карты, операционные эскизы и т. д. Автоматизированное оформление данной технологической документации недостаточно хорошо реализовано в существующих автоматизированных системах.

Разработчики современных CAD/CAM-систем стремятся к образованию единой среды для работы как конструкторов, так и технологов. Подобное построение систем позволяет создать технологическую документацию в CAD-системе, так как в ней имеются все связи с CAM-модулями. Для автоматизированного построения чертежа режущих и вспомогательных инструментов (в соответствии с их точными размерами) в графической системе потребовалась разработка математических описаний их геометрии и создание баз данных их основных размеров [4]. Именно математическое описание инструмента позволяет получить его чертёж в графической системе с любым типоразмером, имеющимся в базе данных. Таким образом, возможно не только вычерчивать инструменты, но и создавать карты наладки целиком. Данная возможность реализована в системе «САПР ТПП ЧПУ» v. 1.0, которая интегрирована и работает полностью в среде графической системы «Компас-3D», что и позволяет автоматизированно генерировать технологическую документацию в графической системе.

Перед началом производства новых изделий созданная карта наладки станка с ЧПУ передаётся в инструментальное отделение предприятия, которое в соответствии с планом подготовки инструментальных наладок готовливает и настраивает указанные инструменты. Наладчик станка с ЧПУ приступает к работе согласно карте наладки станка, используя уже подготовленные инструменты. После этого начинается процесс механической обработки партии деталей. Для снижения сроков проведения ТПП к выпуску новых изделий автоматизированное оформление необходимой технологической документации имеет большое значение.

Система «САПР ТПП ЧПУ» v. 1.0 обладает возможностью «сквозного» проектирования ТП обработки отверстий в зависимости от параметров точности диаметральных размеров и их относительного расположения в комплексе, а также имеет высокую степень автоматизации принятия различных решений [4]. В системе реализован обобщённый алгоритм автоматизированного

проектирования ТП обработки точных отверстий, базирующийся на интеграции частных решений основных задач, включающих разработку технологических схем обработки отверстий, выбор режущих инструментов, расчёт параметров обработки. На основе результатов данного проектирования система способна автоматизированно генерировать управляющие программы для многооперационных станков с ЧПУ и оформлять необходимую технологическую документацию в графической системе «Компас-3D».

Экспериментальные исследования и тестирование системы «САПР ТПП ЧПУ» v. 1.0 показали, что её использование позволяет снизить сроки проектирования операций обработки точных отверстий на 50 %, общие сроки проведения ТПП для выпуска деталей с точными отверстиями на 30 %, трудоёмкость проектирования на 30 % по сравнению с существующими системами.

ТПП к выпуску деталей «Плита» (рис. 4), имеющих четыре отверстия с диаметральными размерами 7-го квалитета точности и предельными отклонениями размеров относительного их расположения $\pm 0,025$ мм, в системе «САПР ТПП ЧПУ» v. 1.0 заняла на 20–35 % меньше времени, чем при аналогичном проектировании в различных существующих современных CAD/CAM-системах.

Используя систему «САПР ТПП ЧПУ» v. 1.0 в автоматизированном режиме спроектированы технологические схемы обработки отверстий плиты в зависимости от их показателей точности, выбраны режущие инструменты из базы данных, рассчитаны основные параметры обработки, сгенерирована управляющая программа для мно-

гооперационного станка с ЧПУ, создана техническая документация (карта наладки, операционная карта, операционные эскизы) в графической системе «Компас-3D».

Наделение отверстий 3D-модели детали параметрами точности, их автоматическое распознавание и представление в виде графов в соответствии с классификацией технологических процессов, интегрирование частных решений различных задач автоматизации ТПП позволяют существенно повысить степень автоматизации CAD/CAM-систем и снизить сроки и трудоёмкость проведения ТПП до 50 % и более по сравнению с использованием существующих CAD/CAM-систем.

Крупнейшие предприятия мира заявляют об использовании высоких технологий (high-tech) в области автоматизации и управления технологическими процессами и производством, что свидетельствует о высоком качестве продукции. В современных условиях снижение затрат на изготовление изделий напрямую зависит от совершенствования технологий автоматизации и управления технологическими процессами и производством. Именно в данной области находятся резервы по снижению затрат на ТПП и производство изделий в целом.

Таким образом, представленный подход к автоматизации ТПП обработки точных отверстий является наиболее прогрессивным, его развитие позволит решать задачи проектирования ТП обработки точных отверстий в «сквозном» режиме без участия человека. Необходимо также автоматизировать процессы обработки и остальных модулей поверхностей детали.

Использование модульного принципа для автоматизации технологических процессов обработки деталей даёт желаемый результат и приведёт к созданию действительно интеллектуальной автоматизированной системы.

Библиографические ссылки

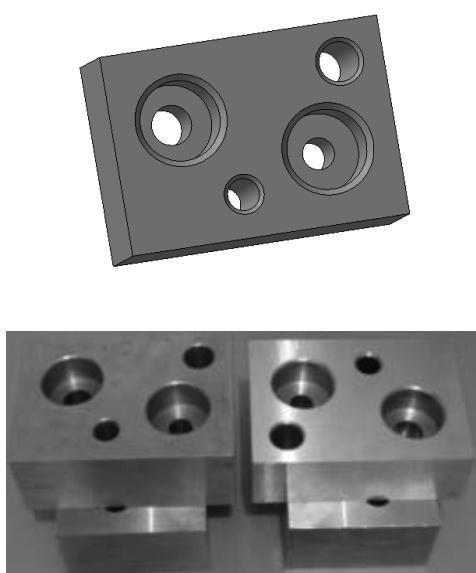


Рис. 4. Плита с точными отверстиями

- Базров Б.М.** Модульная технология в машиностроении. М.: Машиностроение, 2001. 368 с.

- Мешков Р.Б.** Технологическое моделирование при параллельном проектировании деталей машин // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. №5(47). С. 26–33.

- Янюшкин А.С., Михалёв О.Н.** Система автоматизированного проектирования технологической подготовки производства на станках с ЧПУ (САПР ТПП ЧПУ v. 1.0). Роспатент. Свидетельство № 2008615315 от 06.11.2008 г.

- Михалёв О.Н., Янюшкин А.С.** Программная реализация автоматизированного проектирования обработки точных отверстий на станках фрезерно-сверлильно-расточкой группы с ЧПУ. Технология машиностроения. М.: Изд. центр «Технология машиностроения», 2008. № 10 (76). С. 44–48.



УДК 681.3

П.П. Куцко, д-р техн. наук, Р.С. Пермяков
 (Воронежская государственная лесотехническая академия)

milya@niet.ru

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРОЕКТОВ ПО ГОСУДАРСТВЕННОМУ ОБОРОННОМУ ЗАКАЗУ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Предложен метод оценки рисков при выполнении проекта по государственному оборонному заказу в электронной промышленности.

Ключевые слова: электронная компонентная база, риск при выполнении проектов, вероятность события, ранжирование важности рисков.

Risks valuation method for projects implementation of the state defense order in the electronic industry is proposed.

Key words: electronic component base, projects implementation risk, event probability, risks importance rating.

В Управлении развития электронной компонентной базы (УРЭКБ) Министерства обороны создана информационная система координационного управления базовыми предприятиями электронной промышленности, которые участвуют в выполнении государственного оборонного заказа (ГОЗ) – создании изделий микроэлектроники военного назначения [1, 2]. В её состав включена подсистема проведения различных экспертиз заявок работ для включения в ГОЗ.

В данной статье рассмотрены метод, модель и алгоритм оценки рисков проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) (см. рисунок).

Оптимальным сценарием (событием) A оценки рисков является своевременная реализация отдельного проекта по развитию электронной компонентной базы (ЭКБ) с заданными требованиями в пределах выделенных ассигнований. Обратным событию A является событие \bar{A} , связанное с невыполнением требований технического задания в установленные сроки в пределах выделенных ассигнований. События A и \bar{A} по определению являются несовместимыми ($A \cap \bar{A} = \emptyset$) и представляют собой множество элементарных событий $E = (A, \bar{A})$.

Одним из основных показателей оценки рисков при выполнении отдельных проектов НИОКР может быть вероятность своевременной реализации конкретного проекта с заданными требованиями в пределах выделенных ассигнований:

$$P(A) = 1 - P(\bar{A}). \quad (1)$$

Предлагаемый подход заключается в вычислении вероятности события A через определение вероятности обратного события \bar{A} .

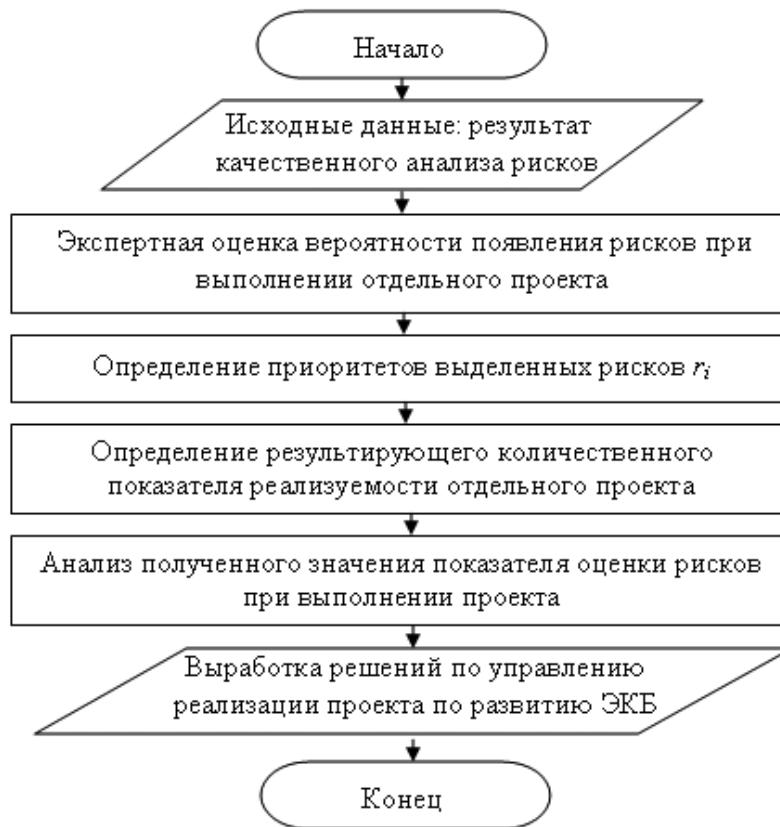
Пусть B_s – множество событий, которые заключаются в проявлении той или иной совокупности рисков r в процессе выполнения проекта НИОКР $s = 1, \dots, \Omega$, где Ω – число возможных событий B_s . Если B_{ri} – событие проявления риска r_i , то соответственно B_{rj} – событие обозначающее, что данный риск не проявился. Тогда множество событий B_s может быть представлено выражением

$$B_s = \left\{ \begin{array}{l} B_1(B_{r_1}, \bar{B}_{r_2}, \bar{B}_{r_3}, \dots, \bar{B}_{r_n}) \\ B_2(\bar{B}_{r_1}, B_{r_2}, \bar{B}_{r_3}, \dots, \bar{B}_{r_n}) \\ B_n(B_{r_1}, \bar{B}_{r_2}, \bar{B}_{r_3}, \dots, B_{r_n}) \\ B_\Omega(B_{r_1}, B_{r_2}, \bar{B}_{r_3}, \dots, B_{r_n}) \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Предполагая наличие предварительной информации о рисках (или их сочетаниях), проявление которых неизбежно ведёт к срыву реализации проекта, т. е. событию \bar{A} , и на основе формулы полной вероятности получим значение искомой вероятности события A :

$$P(\bar{A}) = \sum_{s=1}^{\Omega} P(B_s)P(\bar{A}/B_s), \quad (3)$$

где $P(B_s)$ – вероятность наступления события B_s ; $P(\bar{A}/B_s)$ – условная вероятность события \bar{A} при условии, что событие B_s уже произошло.



Алгоритм количественной оценки рисков реализации при выполнении проектов по развитию компонентной базы

С учётом выражений (2) и (3) искомая вероятность своевременной реализации проекта по развитию ЭКБ с заданными требованиями в пределах выделенных ассигнований реализации проекта имеет вид

$$P(A) = 1 - \sum_{s=1}^{\Omega} P(B_s)P(\bar{A}/B_s). \quad (4)$$

Рассмотренный показатель может применяться не только для оценки реализации проекта в целом, но и при анализе рисков на определённых этапах НИОКР. В этом случае вводится ограничение на состав рисков, присущих проекту.

На основе полученных значений вероятностей для выборки проектов НИОКР, в случае если этап укладывается в годовой срез, можно производить оценку риска реализации годового плана по созданию ЭКБ.

Актуальными являются подходы, основанные на субъективной вероятности проявления факторов риска r_i , получаемой на базе качественных суждений экспертов, которые строят своё мнение на основе имеющегося опыта с учётом результатов анализа текущей информации.

Каждому эксперту предоставляется перечень первичных рисков в виде анкет и предлагается оценить вероятность их возникновения, руководствуясь разработанной системой оценок. Предполагается, что предварительная карта рисков для конкретного проекта уже составлена. Основной целью применения экспертных подходов в задаче оценки рисков проектов является получение согласованных групповых оценок — вероятностей возникновения событий, выступающих факторами риска.

Оценку вероятностей наступления негативных событий можно отнести к классификационной задаче. Оцениваемую вероятность следует рассматривать как величину с природой интервальной неопределённости. Значение вероятности проявления риска распределено по определённому закону в пределах значений от 0 до 1. Эксперты могут оперировать качественными заключениями, которые в свою очередь могут быть соотнесены с балльными оценками и соответственно с интервалами значений вероятности проявления того или иного риска. В табл. 1 представлены качественные показатели классификации рисков по вероятности проявления, соотнесённые с количественными значениями диапазонов вероятностей.

Таблица 1

Качественная и количественная классификация рисков по вероятности проявления

Вид риска	Вероятность возникновения события (P)		
	Балл	Количественная оценка	Качественная оценка
Слабовероятные	1	$0 < P < 0,1$	Событие может произойти в исключительных случаях
Маловероятные	3	$0,1 < P < 0,4$	Редкое событие, которое имело место
Вероятные	5	$0,4 < P < 0,6$	Наличие свидетельств, достаточных для предположения возможности наступления события
Весьма вероятные	7	$0,6 < P < 0,9$	Событие может произойти
Почти возможные	9	$0,9 < P < 1,0$	Событие, как ожидается, произойдёт

Таблица 2

Ранжирование важности рисков, существующих при реализации отдельных проектов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по развитию ЭКБ

Оценка	Определение	Пояснения
1	Равная значимость	Оба риска вносят одинаковый вклад
3	Слабое преобладание	Первый риск незначительно превосходит второй
5	Существенное преобладание	Существуют веские аргументы того, что первый риск более значим, чем второй
7	Явное преобладание	Имеются неопровержимые основания предпочтительности первого риска второму
9	Абсолютное преобладание	Превосходство первого риска очевидно
2 4 6 8	Промежуточные суждения	Выбор между двумя соседними нечётными числами затруднителен
Числа, обратные приведённым	Если при сравнении первого риска со вторым, первый получил один из указанных выше рангов важности, то при сравнении второго критерия с первым второй получает обратное значение	

В качестве экспертной информации предлагается использовать балльные оценки, соответствующие значениям диапазона вероятности проявления того или иного риска, а в качестве процедуры получения групповой оценки – вычисление медианы вариационного ряда.

Немаловажным является вопрос определения относительного удельного веса рассматриваемых рисков. Данный аспект, по сути, в количественном выражении обосновывает приемлемость рисков, формулируемую на этапе их качественной оценки.

Наиболее показательным критерием является возможность нанесения максимального ущерба реализации проекта при проявлении рассматриваемого риска (совокупности рисков). Данная подзадача может быть решена путём парных сравнений рисков с целью формирования нормированного вектора приоритетов по величине максимального ущерба для реализации проекта. Для применения метода парных сравнений предлагается использовать ранжирование важности рисков на основе порядковой шкалы (табл. 2).

Результатом заполнения будет квадратная матрица $R = (r_{ij})$, удовлетворяющая следующим условиям:

$$\begin{cases} r_{ij} > 0, i, j = 1, \dots, n; \\ r_{ij} = 1/r_{ji}, i, j = 1, \dots, n, \end{cases} \quad (5)$$

где n — число сравниваемых рисков, i, j — номера строки и столбца матрицы соответственно.

При использовании метода парных сравнений объектов (построение матрицы приведено в табл. 3) для выявления преобладаний одних над другими существует необходимость проверки согла-

Таблица 3
Построение матрицы парных сравнений рисков

Номер риска	1	2	3	...	n
1	1	r_{12}	r_{13}	...	r_{1n}
2	$1/r_{12}$	1	—	—	r_{2n}
3	$1/r_{13}$	—	1	—	r_{3n}
...	...	—	—	1	—
n	$1/r_{1n}$	$1/r_{2n}$	$1/r_{3n}$...	1

Таблица 4

Классификация видов рисков по диапазону значений весовых коэффициентов парного сравнения

Вид риска	Вероятность срыва работ для разных видов риска в зависимости от значения весового коэффициента
Минимальный	$0 < P \leq 0,1$
Низкий	$0,1 < P \leq 0,4$
Средний	$0,4 < P \leq 0,6$
Высокий	$0,6 < P \leq 0,9$
Максимальный	$0 < P \leq 0,1$

сованности полученной матрицы сравнений. Формально задача сводится к получению отклонения согласованности матрицы и сравнения этого значения с нормальным.

С учётом результатов взвешивания риски подразделяются на группы (табл. 4).

Представленная классификация позволяет получить значения условных вероятностей $P(A/B_{ri})$, т. е. значение вероятности срыва реализации отдельного проекта НИОКР — события A при возникновении элементарного события B_{ri} множества событий B_s .

Основываясь на количественной оценке предложенного показателя риска как для отдельного этапа проекта по созданию электронной компонентной базы, так и проекта в целом на основе отношения лица, принимающего решение, к риску данного вида, могут осуществляться следующие мероприятия:

постановка отдельного проекта НИОКР на основе прогнозируемых благоприятных условий его реализации;

выбор исполнителя путём сравнения полученных показателей для различных условий реализации проекта, обусловленных внесением неопределённостей, связанных с участием в его реализации того или иного исполнителя;

возможность изменения установленных сроков и лимитов ассигнований, необходимых для реализации выполняемого отдельного проекта;

необходимость прекращения или отказа выполнения определённого проекта для уклонения от нецелесообразного расходования ассигнований и своевременного поиска альтернативных решений.

Библиографические ссылки

1. Куцко П.П., Фортинский Ю.К., Антимиров В.М. Информационная система координационного управления электронной промышленностью. Воронеж: ВГУ, 2007. 143 с.

2. Автоматизация управления и проектирования в электронной промышленности / Ю.К. Фортинский, В.Е. Межов, В.К. Зольников, П.П. Куцко. Воронеж: ВГУ, 2008. 275 с.

Вниманию авторов!

Требования к оформлению статей, присыпаемых для публикации,
можно найти на сайте www.mashin.ru



ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

Итоги работы компании SAP СНГ в 2010 г.

Компания SAP (NYSE: SAP) – лидер на рынке корпоративных решений – подвела итоги работы в странах СНГ и России в 2010 г. Доход компании SAP от продажи программного обеспечения в странах СНГ показал рост в 84% (в России на 83%), доход от сервисных услуг вырос на 38% (в России на 84%), а рост совокупного дохода по странам СНГ составил 53% (в России также 53%). Наиболее впечатляющий рост в сравнении с 2009 г. был отмечен в дискретном производстве (157%), в банковском секторе (370%), обрабатывающей промышленности (132%), государственном секторе (250%), розничной торговле (102%) и сфере услуг (168%).

Мировой лидер на рынке корпоративных приложений, компания SAP помогает организациям любого размера и специализации эффективнее управлять своим бизнесом. Будь то вспомогательные службы или совет директоров, склад или магазин, настольные или мобильные приложения – решения SAP позволяют повысить эффективность взаимодействия отдельных сотрудников и организаций в целом, сформировать глубокое понимание бизнеса и создать конкурентное преимущество. Решениями и сервисами SAP пользуются более 105 000 клиентов, передовые технологии компании гарантируют высокую рентабельность, способствуют непрерывной адаптации и устойчивому росту.

От бэк-офиса до совета директоров, от склада до магазина, от настольных ПК до мобильных устройств – SAP предоставляет отдельным специалистам и организациям в целом инструменты, обеспечивающие эффективную коллективную работу, продуктивное использования бизнес-данных и повышение конкурентоспособности. Благодаря своей исключительной доступности программные решения SAP могут устанавливаться на стороне клиентов, использоваться «по запросу», а также развертываться на мобильных устройствах.

Основанная в 1972 г., компания SAP (название которой означает: Systems, Applications, and Products in Data Processing – «Системы, приложения и продукты для обработки данных») имеет богатый опыт разработки инноваций и реализации стратегий роста и является несомненным лидером в своей области. Сегодня подразделения SAP по разработке и продаже программных продуктов находятся в 50 странах мира. Благодаря приложениям и услугам SAP более 109 000 клиентов компании во всем мире имеют возможность работать прибыльнее, гибко приспосабливаться к меняющимся рыночным условиям и обеспечивать устойчивый рост своего бизнеса. В 1992 г. был открыт офис SAP AG в Москве. За прошедшие с тех пор 19 лет открылись представи-

тельства SAP в Санкт-Петербурге, Новосибирске, Ростове-на-Дону, Алматы, Минске и Киеве, а численность сотрудников превысила 700 человек. Компания SAP стала первым в России иностранным разработчиком систем управления ресурсами предприятия, высокий уровень безопасности программного обеспечения которой был подтвержден специалистами Министерства Обороны РФ.

Для подготовки пользователей в Москве и Киеве созданы Информационно-сервисные центры, где потенциальные клиенты могут познакомиться с программным обеспечением SAP в рамках информационных мероприятий, а клиенты – посетить семинары по интересующим их системам.

В компании отмечают, что важной составляющей успеха в посткризисном 2010 г. стала новая стратегия развития SAP. Суть стратегии заключалась в экспансии в регионы, развитии экосистемы SAP и росте набора решений для компаний любых размеров и индустрий. Так, к примеру, один из акцентов был сделан на преднастроенных решениях от партнеров для среднего и малого бизнеса. В итоге количество таких быстрорастущих компаний в клиентской базе SAP СНГ увеличилось на 67% в 2010 г., а рост выручки в годовом исчислении в данном сегменте составил 73%.

Кроме того, в 2010 г. компания еще раз продемонстрировала, что SAP – это не только ERP (Enterprise Resource Planning System – Система планирования ресурсов предприятия), но и широкий ряд других решений для бизнеса. Продажи решений, не связанных с ERP-системами, увеличились и сейчас составляют 51% в структуре всех продаж. И очевидно, что тенденция снижения доли ERP сохранится в 2011 г.

Еще один из поворотных моментов – это изменение структуры продаж. В 2010 г. число непрямых сделок, осуществлённых через партнеров SAP, выросло на 10% и в общем зачете более 30% всех сделок компаний по продаже программного обеспечения были реализованы именно партнёрами (годом ранее – 20%).

Сейчас SAP является безоговорочным лидером в области бизнес приложений на рынке России. Согласно исследовательской компании IDC, доля рынка SAP в России составляет 50,1%. Компания SAP в странах СНГ продолжает оставаться лидером рынка решений для управления предприятиями, её доля составляет 49,6% по данным отчета IDC, ведущей международной исследовательской и консалтинговой компании. Клиентами SAP в России являются 9 из 10 крупнейших компаний в рейтинге журнала «Эксперт» – «Газпром», «Роснефть», «Лукойл», «Норильский Никель», «Сургутнефтегаз», «Вымпелком», «НЛМК», «Газпромнефть», «НоваТЭК».