

УДК 004

А. К. Петрова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Применение нейронных сетей для решения задач оптимизации процесса учета расхода газа

Проанализированы подходы к оценке эффективности автоматизированных систем управления технологическими процессами, предложен ресурсный подход к оценке, рассмотрены характеристики информационных, организационных, материально-технических и финансово-экономических ресурсов, а также параметры рабочей и внешней сред, обоснован нейросетевой подход к многокритериальной оптимизации ресурсных характеристик, осуществлена нейросетевая интерпретация постановки оптимизационной задачи, представлены основные шаги к применению этого подхода при оценке эффективности и соответствия проектов автоматизации условиям совершенствования газовой отрасли, а также к определению эффективности процесса поиска оптимального решения, предложено применение методов эволюционных вычислений (генетических алгоритмов) для обучения нейронной сети как перспективного в случае большого количества независимых друг от друга дискретных и непрерывных параметров, как это происходит в решаемой многомерной задаче.

Эффективность, проекты автоматизации, газораспределение, организационные, финансовые, информационные, материально-технические ресурсы, характеристики ресурсов, многокритериальная оптимизация, нейросетевые подходы

При выборе или оценке эффективности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) предприятий газораспределительной отрасли, возрастает влияние применяемых для этого инструментов.

В настоящее время нормативные документы газовой отрасли [1] оценивают АСУТП по показателю эффективности, который определяется посредством сопоставления результатов, достигнутых с помощью функционирующей системы, с затратами всех видов ресурсов, использованных и используемых при ее создании, эксплуатации и развитии, при условии минимальных нежелательных последствий или издержек.

Различают следующие виды эффективности АСУТП:

1. Экономическая эффективность, когда приращение эффективности, получаемое за счет создания или совершенствования АСУТП, и затраты исчисляются в денежном выражении.
2. Социальная эффективность.
3. Экологическая эффективность.
4. При комплексном подходе к оценке интегрированной эффективности помимо традиционной оценки оценивается надежность, создаваемой

АСУТП в составе автоматизированного технологического комплекса (АТК).

Как видно из нормативных документов [1], критериями оптимальности, как правило, являются технико-экономические показатели (КПД, удельные расходы сырья, энергии, топлива, себестоимость продукции). Будучи достаточно объективным, данный подход, однако, в условиях быстро меняющихся экономических, политических, технологических, информационных и социальных факторов внешней среды может потребовать усовершенствований, например внедрением большей степени сбалансированности в системе оцениваемых критериев с помощью внедрения новых или уточнения существующих характеристик. В частности, в существующей методике оценки эффективности затраты на повышение квалификации персонала при внедрении новых методов измерения или расчета расхода газа АСУТП включены в экономическую эффективность в виде расходов на обучение, которая, однако, не учитывает качественные характеристики – вовлеченность в процесс обучения, ответственность за безопасность или цифровую компетентность, которые существенно влияют на скорость, результаты обучения и возможность возникнове-

ния ошибок. В информационном же обеспечении может появиться фактор допустимых потерь информации при беспроводных методах передачи данных, а при оценке материального обеспечения – необходимость учета фактора импортозамещаемости.

Нередко перед руководителем встает необходимость разрешить конфликт ресурсов – превышение требуемого количества ресурсов над их наличием, а также необходимость выбора одного ресурса в ущерб другому. Для этой цели может быть применен метод выравнивания загрузки ресурсов – процедура устранения конфликтов и недогрузки ресурсов и обеспечения равномерности их загрузки. Таким образом, задача состоит в оценке и многокритериальной оптимизации характеристик ресурсов для выбора АСУТП учета расхода природного газа.

Целью оптимизационной задачи как практического, так и теоретического характера является выбор «наилучшего» (допустимого или оптимального) набора решений из множества альтернатив для достижения некоторой поставленной цели. В качестве критерия оптимизации выступает целевая функция, аргументы которой – это количественные характеристики, описывающие состояние факторов, влияющих на достижение цели в решаемой задаче [2], [3].

При этом требуется найти такой вектор параметров $\mathbf{x} \in R^n$, который оптимизирует целевую функцию [4]:

$$f(\mathbf{x}) : R^n \rightarrow \mathbf{R}^1,$$

где R^n – n -мерное действительное векторное пространство; \mathbf{R}^1 – вектор оптимальных решений [4].

Методы оптимизации реализуются при помощи программирования, при этом задачи оптимизации классифицируются по типу входных параметров (с дискретными и непрерывными переменными) и по типу функции «стоимости» и ограничений (задачи нелинейного, выпуклого, линейного программирования).

Разработано множество методов оптимизации, которые обобщенно можно отнести к одному из следующих классов: методы, которые приводят к оптимальному решению, но требуют недопустимо большого числа операций (полный перебор вариантов, метод ветвей и границ, метод множителей Лагранжа, алгоритмы отсечений, алгоритмы предварительного расширения и последующего сужения, метод динамического программи-

рования); методы которые не всегда приводят к оптимальному решению, но обладают приемлемым числом операций (итеративные алгоритмы, случайный поиск, алгоритм ближайшего соседа, алгоритм средней величины, стохастические алгоритмы, имитация отжига, методы параллельной обработки данных – искусственного интеллекта, нейронные сети, локально-стохастические – эволюционные методы и вычисления) [2]–[4].

При этом, для решения оптимизационных задач управления технологическими процессами, характеризующихся высокой трудоемкостью, большим количеством сложных входных факторов разнообразных физических процессов в условиях высокой неопределенности, требующих введения многокритериального оптимума, значительно возрастает сложность вычислительного алгоритма и, соответственно, время вычислений, делая задачу поиска наилучшего решения трудновыполнимой. В этой связи, в последние десятилетия вырос интерес к использованию нейросетевых методов обработки информации. Несмотря на то, что разработанные на сегодняшний день эвристические алгоритмы не всегда обеспечивают требуемую точность, применение параллельных вычислений на многопроцессорных устройствах рассматривается как возможное решение данной проблемы. Усложнения вычислительного процесса при этом удастся избежать, если провести аналогию оптимизационного процесса с деятельностью мозга человека при совершении выбора, которая основана на принципе параллельной обработки информации и обеспечивает высокую эффективность обработки большого потока информации в сочетании с отсутствием явного программирования при низкой скорости распространения нервных импульсов и сравнительной простоте обрабатываемых элементов – нейронов [5].

Сущность применения нейросетевых методов для решения оптимизационных задач основывается на свойстве нейросетей минимизировать значение энергетической функции и стабилизироваться в состояниях локальных или глобальных минимумов, или точки покоя.

Этот процесс можно выразить следующим образом [4]:

$$\mathbf{V}^* = \arg \min \{E(\mathbf{V}, T, \mathbf{I})\},$$

где \mathbf{V}^* – вектор оптимального состояния, или точки покоя сети; E – энергия сети; \mathbf{V} – вектор

состояния нейронной сети; T – матрица синаптических связей; \mathbf{I} – вектор смещений.

Применяя нейросетевые методы для решения оптимизационной задачи необходимо выполнить следующие шаги:

1. Осуществить нейросетевую интерпретацию постановки оптимизационной задачи:

– задать каждому вектору параметров вектор состояния сети;

– задать ограничения исходной задачи оптимизации;

– определить отображение выходной функции, обеспечивающее ее минимальное значение, удовлетворяющее при этом заданным ограничениям;

2. Сконструировать энергетическую функцию сети в виде [4]

$$E^0(\mathbf{V}) = \sum_{i=1}^m E^0 \varphi_i(\mathbf{V}) + \sum_{j=1}^p E^0 \psi_j(\mathbf{V}) + E^0 \phi(\mathbf{V}),$$

где E^0 – энергетическая функция нейронной сети; φ_i – ограничения нейронной сети такие, что $\varphi_i \geq 0$ для $i \in \{1; m\}$; ψ_j – ограничения нейронной сети такие, что $\psi_j = 0$ для $i \in \{1; p\}$; m, p – количество соответствующих ограничений; ϕ – нейросетевая интерпретация оптимизируемой функции.

3. Определить искомые параметры сети – для этого необходимо решить уравнение вида

$$E(\mathbf{V}, T, \mathbf{I}) = E^0(\mathbf{V}),$$

при котором такие параметры сети, как матрица синаптических связей T и вектор внешних смещений \mathbf{I} , обеспечивают равенство энергетической функции нейросетей условиям решаемой задачи.

При использовании любого метода оптимизации, в том числе нейросетевого, необходимо определить эффективность процесса поиска оптимального решения. При этом возможны два обобщающих направления эффективности в зависимости от требований задачи: нахождение приемлемого решения за минимальное время или же нахождение максимально строгого решения за приемлемое время. Тогда [4]

$$\Phi = (\Phi_W, \Phi_T, \Phi_R),$$

где Φ – комплексный показатель эффективности; Φ_W – эффективность с точки зрения строгости решения; Φ_T – эффективность с точки зрения временных затрат, или оперативность нахождения решения; Φ_R – структурная сложность сети.

Таким образом, можно осуществить вычислительный эксперимент на основе применения нейросетей для выбора и оценки соответствия АСУТП требованиям. При этом, согласно [5], при помощи нейросетей может быть решена задача классификации, т. е. для данной задачи, оценка соответствия условиям ГОСТ существующего или планируемого к реализации метода измерения и автоматизирующего этот процесс комплекса. Помимо этого может быть решена обратная задача определения требуемого набора входных факторов для выбора того или иного метода измерения и его вычислителя.

Для нейросетевой интерпретации указанных задач выбора и оценки АСУТП газовой отрасли с помощью экспертов газораспределительной отрасли были определены векторы выходных параметров сети в соответствии с векторами параметров, заданы ограничения исходной задачи оптимизации; определено отображение выходной функции, обеспечивающее ее оптимальное значение в зависимости от типа задачи (регрессии или классификации), удовлетворяющее при этом заданным ограничениям.

Предлагается ресурсный подход к оценке эффективности автоматизированных систем управления технологическими процессами. Согласно этому подходу, система оценки состоит из элементов, которые можно определить как характеристики четырех основных ресурсов ТП: материально-технических, информационных, организационных, финансовых. Элементы системы связаны между собой определенными, формализованными с помощью переменных и параметров, отношениями. Указанные характеристики должны учитывать и особенности рабочей среды – природного газа – и внешние условия. Целью функционирования системы при этом может быть обеспечение баланса ресурсов в процессе учета расхода газа при выбранном критерии или критериях оптимизации или же достижение требуемого уровня этого (этих) критериев.

Модель оценки можно представить в следующем виде:

$$K = F(PS, BS, K, I, \Phi, MT),$$

где K – выходной параметр модели (степень соответствия АСУТП требованиям) или предлагаемое решение по выбору АСУТП при заданных входных факторах; PS, BS, K, I, Φ, MT – характеристики рабочей среды, внешней среды, организационного, информационного, финансового и материально-технического ресурсов соответственно. Эти характери-

Классификационный признак оцениваемой АСУТП	Метрологическое обеспечение	Программное, математическое обеспечение	Требования к совместимости АСУТП
1. Уровень, занимаемый в организационно-производственной структуре предприятия. 2. Характер протекания ТП во времени. 3. Показатель условной «информационной мощности». 4. Уровень функциональной надежности АСУТП. 5. Тип функционирования АСУТП. 6. Степень автоматизации объекта	1. Структурные схемы измерительных каналов. 2. Методы оценки погрешности. 3. Программы и методы метрологической аттестации. 4. Поверочная, нормативная и техническая документация. 5. Методы обеспечения надежной эксплуатации средств измерения. 6. Методы анализа необходимости повышения точности узла учета. 7. Методики выполнения измерений: объемные, переменного перепада давления, массовые. 8. Методы измерения уровня разбаланса в системе учета расхода газа	1. Необходимость и частота обновления программного обеспечения. 2. Требования к безопасности АСУТП и передаче данных. 3. Методы выбора средств автоматизации. 4. Методы анализа объема автоматизации измерений и управления. 5. Методы анализа объема передаваемой и получаемой информации	1. Конструктивная. 2. Энергетическая (электрическая). 3. Информационная. 4. Программная. 5. Организационная. 6. Лингвистическая. 7. Метрологическая

стики представляют собой 6 входных факторов (классов) с определенным количеством подклассов в каждом, т. е. решается задача нахождения экстремума функции многих переменных.

Информационный ресурс. К характеристикам информационного ресурса относится метрологическое, программное, информационное, математическое, методическое, правовое обеспечение, определенное в [1], [6] (табл. 1).

Организационный ресурс. К организационному ресурсу относится эргономическое и кадровое обеспечение ТП. Согласно [1], эргономическое обеспечение АСУ ТП представляет собой совокупность взаимосвязанных требований, направленных на согласование психологических,

психофизиологических, антропометрических, физиологических характеристик и возможностей человека-оператора, технических характеристик комплекса средств автоматизации и управляющей вычислительной техники, параметров рабочей среды на рабочем месте.

При этом программа Правительства РФ «Цифровая экономика Российской Федерации» определяет, что «основные сдерживающие факторы включают в себя дефицит профессиональных кадров, недостаточный уровень подготовки специалистов...» [7], поэтому кадровая система в значительной степени определяет эффективность АСУТП. Согласно [6], «АСУ представляет собой человеко-машинную систему, обеспечивающую

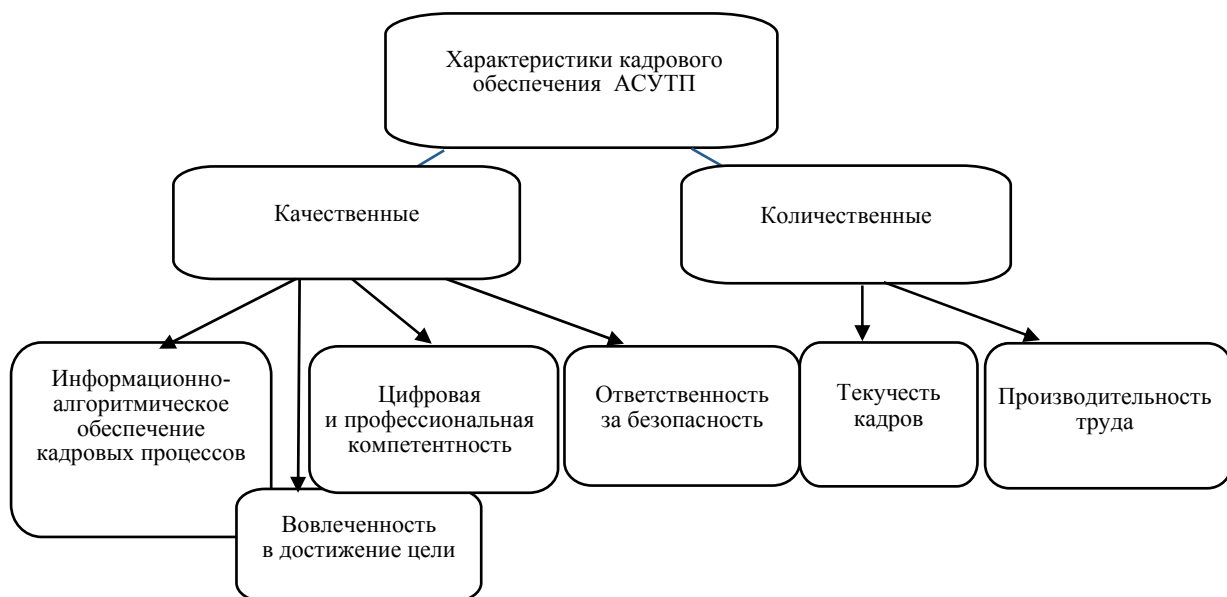


Рис. 1

Характеристики средств измерения и его обслуживания	Характеристики измерительного трубопровода	Особенности узла учета	Характеристики надежности
1. Тип монтажа. 2. Межповерочный интервал. 3. Цена импульса счетчика. 4. Диаметр, материал и радиус закругления входной кромки диафрагмы (для метода измерения перепадом давления). 5. Притупление входной кромки стандартной диафрагмы. 6. Удобство сервиса и ремонта; влияние средства измерения на уровень безопасности	1. Диаметр. 2. Материал. 3. Шероховатость. 4. Качество отверстий для отбора давления предъявляемым требованиям. 5. Участок. 6. Границы и геометрические параметры трубопровода. 7. Местное сопротивление. 8. Уступ	1. Применимость существующего материально-технического комплекса при внедрении АСУ ТП. 2. Логистическое обеспечение (транспортное, складское, обеспечение комплектующими). 3. Коэффициент импортозаменимости. 4. Конструктивные. 5. Совместимость с существующими системами защиты потребителя, контроля уровней загазованности и выдачи предупредительной и аварийной сигнализации. 6. Помехозащищенность	1. Живучесть системы. 2. Помехоустойчивость. 3. Уровень безотказности компонентов системы. 4. Устойчивость к сбоям. 5. Долговечность технических средств, входящих в систему. 6. Надежность программного обеспечения. 7. Ремонтопригодность и надежность действий обслуживающего персонала

автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации процесса управления». Такие особенности также порождают требования АСУ к персоналу, в частности к безопасности работы, количеству ошибочных воздействий и их последствий, компетентности и др.

На основе анализа литературных источников [7]–[5] и оценки инженерных экспертных служб газовой отрасли, осуществляющих или уже осуществивших автоматизацию процесса учета расхода газа, из общего перечня кадровых характеристик были выбраны наиболее значимые для этого процесса, представленные на рис. 1.

Материально-технический ресурс. Комплекс технических средств автоматизации, непосредственно установленный на технологическом оборудовании, обеспечивает управление функциональными узлами, узлом коммерческого учета газа, контроль и самодиагностику технического состояния, представление информации и другие функции. Для оценки соответствия АСУТП с точки зрения возможности выполнения этих функций необходимо оценить согласно нормативным документам [16] характеристики материально-технического ресурса, представленные в табл. 2.

Финансово-экономический ресурс. Экономическая эффективность АСУТП оценивается с целью:

- анализа целесообразности создания, функционирования и развития системы;
- установления основных направлений применения системы;
- выбора наиболее экономически эффективного варианта разработки и внедрения системы;

- текущей оценки качества функционирования системы;
- формирования соответствующих показателей финансовой и бухгалтерской отчетности;
- определения размеров налоговых отчислений в бюджет.

Для оценки финансово-экономического ресурса АСУТП целесообразно определять отношение эффективности в денежном выражении, получаемое за счет создания или совершенствования АСУТП к затратам на нее.

$$\Phi = \mathcal{E}/Z.$$

Другой метод состоит в оценке «экономии затрат», в котором основными параметрами служат ресурсные нормативы, предварительно установленные на предприятии, т. е. оценка финансово-экономической эффективности (Φ) осуществляется по каждому ресурсу, исходя из следующего соотношения:

$$\Phi_i = C_i/P_i,$$

где C_i – норматив затрат i -го ресурса АСУТП; P_i – реальные затраты i -го ресурса АСУТП.

Для определения финансово-экономической эффективности АСУТП существуют отраслевые нормативные документы [1].

Другими характеристиками финансово-экономического ресурса могут быть:

- 1) единовременные вложения;
- 2) срок окупаемости капиталовложений;
- 3) финансирование сопровождения и обслуживания;
- 4) методы анализа затрат на выполнение измерений и их метрологическое обеспечение;

- 5) коэффициент финансовой зависимости;
- 6) собственный капитал;
- 7) инвестиционный капитал.

Характеристики рабочей среды (природного газа). При оценивании АСУТП учета газа на ГРС как коммерческого требуется определять количественные, качественные и другие технологические характеристики учитываемого газа, на основании нормативных документов [17] измеряя следующее:

1. Объемный расход газа, приведенный к стандартным условиям.
2. Давление рабочей среды (природного газа): статическое давление газа, перепад давления, потеря давления – давление является одним из самых важнейших контролируемых параметров на ГРС.
3. Скорость потока.
4. Рабочие условия: стандартный и критический режим течения газа.
5. Параметры состояния рабочей среды: теплофизические, физико-химические характеристики газа, содержание солей, влагосодержание, молярная концентрация азота и CO_2 , температура, плотность среды в нормальных условиях и др.
6. Способ отбора перепада давления (угловой, радиальный, фланцевый) – для измерения расхода методами перепада давления.
7. Фактор сжимаемости и коэффициент сжимаемости.
8. Метод расчета коэффициента сжимаемости.
9. Наличие факторов, влияющие на точность измерения расхода и количества газа: искажение кинематической структуры потока, механические примеси, жидкости, нестационарность течения, нестабильность компонентного состава.

Характеристики внешней среды:

1. Климатические и метеорологические характеристики (перепады температур, предельный вес осадков, влажность, барометрическое давление, ударно-вибрационные и биологические факторы).
2. Демографические (плотность и доходы населения).
3. Географические (пересеченность местности, радиолокационные характеристики, наличие водных артерий).
4. Коммерческие (уровень коммерческого потребления, протяженность магистралей).
5. Макрохарактеристики: (экологические условия).
6. Искусственные факторы.

При этом для более строгого и в то же время оперативного нахождения оптимального решения необходимо обучить нейронную сеть на основе данных, полученных от экспертов газовой отрасли. Обучение нейронной сети заключается в подборе всех значений ее характеристик так, чтобы параметры на ее выходе отличались от заданных не более, чем на некоторую заданную величину. При этом учитываются следующие характеристики нейронной сети:

- количество скрытых нейронов;
- количество нейронов в каждом из скрытых слоев;
- веса входов и функции активации каждого из нейронов, как скрытых, так и выходных.

Графически нейросетевую модель описываемого процесса можно представить в виде однослойного перцептрона с прямым распространением сигнала, входным вектором фактором X_1-X_6 , скрытым слоем весов W_1, W_2 , сигмоидной пороговой функцией и выходным фактором Y (критерием

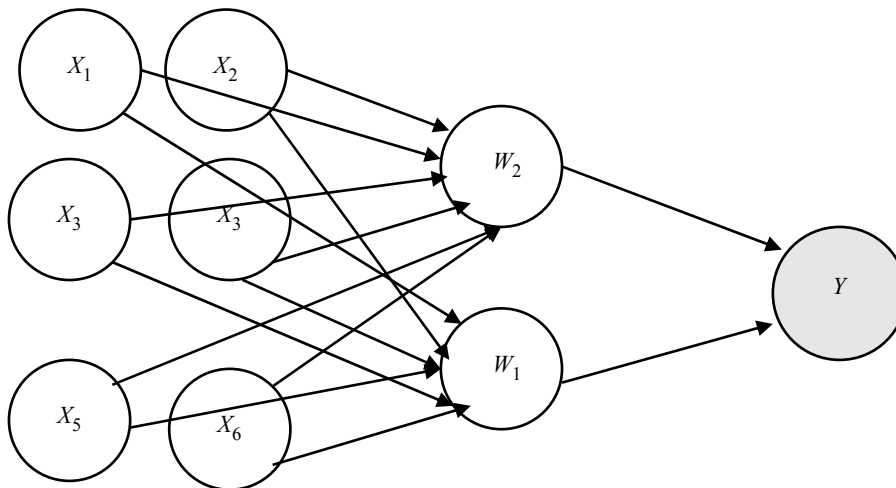


Рис. 2

оценки) – признаком соответствия АСУТП требованиям в случае решения классификационной задачи, или рекомендацией по выбору АСУТП в случае решения задачи регрессии (рис. 2).

В модели на рис. 2 X_i – входные переменные,

т. е. характеристики:

X_1 – организационного ресурса;

X_2 – информационного ресурса;

X_3 – финансово-экономического ресурса;

X_4 – материально-технического ресурса;

X_5 – внешней среды;

X_6 – рабочей среды (природного газа);

Y – выходная переменная, критерий оценки K .

Первая группа весов W_1 определяет влияние характеристик внешней и рабочей сред.

Первая группа весов W_2 определяет влияние ресурсных характеристик.

Следующим шагом в применении нейросетевого подхода для оценки или выбора АСУТП необходимо обучить нейросеть. В случае большого количества независимых друг от друга дискретных и непрерывных параметров, как это происходит в

решаемой многомерной задаче, хорошо зарекомендовали себя методы эволюционных вычислений, и в частности, для определения количества скрытых слоев и нейронов могут быть применены генетические алгоритмы [5], [18].

В статье рассмотрено применение нейронных сетей для многокритериальной оптимизации автоматизированных систем управления технологическими процессами учета расхода газа. Данный подход позволит избежать увеличения вычислительной сложности, учитывая вместе с тем многочисленные характеристики ресурсов, а также внешней и рабочей сред в условиях высокой степени неопределенности их воздействия. При заданных входных параметрах внешней и рабочей сред, а также характеристиках ресурсных факторов выходной параметр нейросетевой оптимизации покажет наиболее соответствующее производственным требованиям решение. Полученные результаты могут стать методическим основанием для оценки и выбора автоматизированной системы управления технологическими процессами газораспределительной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТО Газпром 097–2011. Автоматизация. Телемеханизация. Автоматизированные системы управления технологическими процессами добычи, транспортировки и подземного хранения газа. Основные положения. URL: <https://samara-tr.gazprom.ru/d/textpage/8e/142/sto-gazprom-097-2011-avtomatizatsiya.-telemekhanizatsiya.-osnovn.pdf> (дата обращения 10.05.2019).

2. Дилигенский Н. В., Дымова Л. Г., Севастьянов П. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: Изд-во «Машиностроение-1», 2004.

3. Дубов Ю. А., Травкин С. И., Якимец В. Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. М.: Наука, 1986.

4. Назаров А. В., Лоскутов А. А. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. СПб.: Наука и техника, 2003.

5. Усков А. А., Кузьмин А. В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика. М.: Горячая линия - Телеком, 2004.

6. ГОСТ 34.003–90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения, 1992. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006979> (дата обращения 15.05.2019).

7. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», распоряжение Правительства № 1632-р от 28 июля 2017 г. URL: <http://static.government.ru/>

<media/files/9gFM4FHj4PsB7915v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения 16.06.2019).

8. Вишняков Я. Д., Радаев Н. Н. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., испр. М.: Издательский центр «Академия», 2008.

9. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения 11.07.2019).

10. Давыдова О. Г., Малков А. В. Косвенные причины возникновения аварий на промышленных предприятиях // Успехи в химии и химической технологии. Т. XXX. 2016. № 8. С. 78–80.

11. Gary Dessler. Human resource management. Florida: International University, 2017.

12. Sharp R. The Internet of Things in the office and HR // Hrmagazine. 2018 URL: <https://www.hrmagazine.co.uk/article-details/the-internet-of-things-in-the-office-and-hr> (дата обращения 10.03.2020).

13. Kagemann H., Wahlster W., Helbig J. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2018. URL: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> (дата обращения 20.09.2020).

14. Ferrari A. Digital competence in practice. URL: <http://jiscdesignstudio.pbworks.com/w/file/fetch/558231>

62/FinalCSReport_PDFPARAWEB.pdf (дата обращения 10.03.2020).

15. What is digital capability? // Digitalcapability. 2018. URL: <https://digitalcapability.jisc.ac.uk/what-is-digital-capability/> (дата обращения 10.03.2020).

16. ГОСТ ISO 3183–2015. Трубы стальные для трубопроводов нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия, 2016 г. URL: <https://docinfo.ru/gost-iso/gost-iso-3183-2015/> (дата обращения 16.03.2020).

17. ГОСТ 30319.2–2015. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Вычисление физических свойств на основе данных о плотности при стандартных условиях и содержании азота и диоксида углерода, 2015 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200126782> (дата обращения 16.03.2020).

18. Дьяконов В. П., Круглов В. В. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006.

A. K. Petrova
Saint Petersburg Electrotechnical University

NEURAL NETWORKS IN THE PROBLEMS OF THE GAS CONSUMPTION ACCOUNTING PROCESS' OPTIMIZATION

Approaches to evaluating the effectiveness of automated process control systems are analyzed, a resource approach to evaluation is proposed, characteristics of information, organizational, material, technical, and financial and economic resources, as well as parameters of the working and external environments are considered, a neural network approach to multi-criteria optimization of resource characteristics is justified, and a neural network interpretation of the optimization problem is performed, presents the basic steps to this approach when assessing the effectiveness and compliance of automation projects in terms of improving the gas industry, as well as to determine the effectiveness of the process of finding the optimal solution, we propose the use of evolutionary computation (genetic algorithms) for training the neural network as a perspective in case of a large number of independent from each other of discrete and continuous parameters, as is the case in a multidimensional problem solved.

Efficiency, automation projects, gas distribution, human, financial, informational, material and technical resources, resource characteristics, multi-criteria optimization, neural network approaches

УДК 004.056.3

П. Д. Осмоловский, С. А. Романенко
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Разработка требований и облика системы видеонаблюдения для охраны объектов повышенной опасности

Показаны результат работы по реализации модели требований к системе видеонаблюдения для охраны объектов повышенной опасности и разработке ее обликов. Содержится анализ и разработка требований к системе видеонаблюдения для охраны объектов повышенной опасности. Анализ требований основан на изучении предметной области и погружении в цели, задачи и ограничения систем видеонаблюдения. Формализованная структура требований ложится в основу формирования решений по актуальным вопросам проектирования системы видеонаблюдения. Проведено исследование и сравнение современных технологий и опыта разработки схожих систем. Представлен результат разработки обликов системы, основанной на изучении пользовательского опыта использования приложений. Разработанные облики содержат реализацию формализованных требований в интерфейсе приложения для взаимодействия с серверными модулями системы видеонаблюдения. Разработана модель системы в терминологии требований и реализованы облики для работы пользователей с системой.

Система видеонаблюдения, распределенная автоматизированная система, высоконагруженные сетевые взаимодействия, обработка и передача видеоизображений, потоковое вещание видео, архивная запись видеоизображений, разработка требований, формализация и анализ требований, исследование технологий, облики систем

Описание технологии. Системы видеонаблюдения все глубже проникают в нашу жизнь.

Общество хочет иметь глаза везде, контролировать ситуации и управлять ими в удаленном ре-
