

**АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К РАЗРАБОТКЕ  
ИНФОКОММУНИКАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕКУЩИХ  
И БУДУЩИХ БИЗНЕС–ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ  
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

***Евгений Сергеевич Чухланцев***

*Доцент, к.т.н.*

*Зав. кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок  
и технологических комплексов»*

*Белорусского национального технического университета*

***Сергей Валентинович Вологдин***

*Доцент, д.т.н.*

*Профессор кафедры «Информационные системы»*

*ИжГТУ им. М.Т. Калашникова*

***Григорий Александрович Благодатский***

*Доцент, к.т.н.*

*Доцент кафедры «Информационные системы»*

*ИжГТУ им. М.Т. Калашникова*

***Инна Витальевна Матвеева***

*Старший преподаватель кафедры «Экономика и финансы»*

*ИжГТУ им. М.Т. Калашникова*

***Александр Владимирович Жалдыбин***

*Студент кафедры «Робототехнические системы»*

*Белорусского национального технического университета*

**Аннотация:** В статье описаны проблемы, связанные с внедрением на предприятии инфокоммуникационных систем старого поколения. Авторами предложены несколько вариантов усовершенствования этих систем и описаны математические зависимости для нахождения поправочных коэффициентов информационных систем на базе нейронных сетей.

**Ключевые слова:** инфокоммуникационные системы, «Индустрия 4.0», нейронная сеть, расчет погрешностей нейронной сети.

**ANALYSIS OF APPROACHES TO THE DEVELOPMENT  
OF INFOCOMMUNICATION SUPPORT OF CURRENT AND FUTURE  
BUSINESS-ENTERPRISE PROCESSES BASED ON NEURAL NETWORKS**

***Evgeny Sergeevich Chukhlantsev***

*Assistant Professor, PhD in Technical Sciences*

*Head of Department of Electric Drive and Automation of Industrial Installations  
and Technological Complexes Belarusian National Technical University*

***Sergey Valentinovich Vologdin***

*Assistant Professor, Doctor in Technical Sciences Professor of Department of Information Systems  
Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

***Grigory Alexandrovich Blagodatsky***

*Assistant Professor, PhD in Technical Sciences*

*Assistant Professor of Department of Information Systems  
Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

**Matveeva Inna Vitalievna**  
*Senior Teacher of Department of Economics and Finance*  
*Kalashnikov Izhevsk State Technical University*

**Zhaldybin Alexandr Vladimirovich**  
*Student of Department of Robotic systems*  
*Belarusian National Technical University*

**Abstract:** The article describes the problems associated with the introduction in the enterprise information and communication systems of the old generation. The authors proposed several options for improving these systems and described mathematical dependencies for finding correction factors for information systems based on neural networks.

**Keywords:** infocommunication systems, Industry 4.0, neural network, calculation of neural network errors.

В современном мире информационные технологии имеют довольно плотное сплетение со всеми сферами человеческой жизни. Согласно правилам, стремительно наступающей «Индустрии 4.0», подразумевающей полную интеграцию производства, человеческого капитала и информационных технологий, все современные предприятия, желающие обладать положительным сальдо на своих счетах, будут обязаны перейти на цифровую экономику в том или ином масштабе. Что, в свою очередь, приведет к поэтапному внедрению и дальнейшему использованию инфокоммуникационного обеспечения проектной деятельности производственных, добывающих, химических, научных и других видов предприятий.

Однако, анализ состояния современного рынка информационных технологий показывает недостаточную степень готовности существующих информационных систем для подобного рода интеграции. Это обуславливается рядом следующих факторов [3]:

- отсутствие возможности быстрой коррекции структуры и дальнейшего масштабирования в соответствии с динамически изменяемыми потребностями клиента;
- медленная, а в отдельных системах, отсутствие реакции на внешние микро и макро экономические изменения;
- необходимость полной и постоянной интеграции человек – машина (24/7 (двадцать четыре часа, семь дней в неделю)) для корректного функционирования системы;
- постоянное или частичное переобучение сотрудников при изменении или коррекции информационных модулей системы.

Как следствие всего выше сказанного, сроки интеграции подобного рода систем в деятельность предприятия могут растягиваться на долгие годы. Что довольно пагубно сказывается на эффективности капиталовложения и деятельности в целом.

Одним из наиболее перспективных направлений в решении данного вопроса, на данный момент, является применение инфокоммуникационного обеспечения текущих и будущих бизнес – процессов на основе нейронных сетей.

Дальнейший анализ источников [1, 2] показал наличие множества вариантов построения нейронных сетей, различающихся типом решаемой задачи (анализ данных, распознавание изображений, управление процессами и т.д.), типом входных параметров, степенью ветвления и т.д., следовательно, правильный выбор основы для построения программного обеспечения, позволяющего управлять бизнес-процессами предприятия в автономном режиме (без применения связи человек – машина), может

быть сделан только после классификации и систематизации существующих типов нейронных сетей (рис. 1).

В результате чего, наиболее оптимальным выбором для решения поставленной задачи явилась многослойная рекуррентная нейронная сеть, обладающая обратной связью, с количеством нейронов на скрытых уровнях (рис. 2), описываемым согласно выражению (1).

$$\frac{N_y N_p}{1 + \log_2(N_p)} \leq N_w \leq N_y \left( \frac{N_p}{N_x} + 1 \right) (N_x + N_y + 1) + N_y, \quad (1)$$

где,  $N_x$  – размерность входного сигнала;

$N_y$  – размерность выходного сигнала;

$N_p$  – число элементов обучающей выборки.

В классической литературе рассматривается несколько вариантов обучения сети перед ее интеграцией в полноценную инфокоммуникационную систему обеспечения текущих и будущих бизнес-процессов предприятия. Ряд авторов [1, 2] предлагает применение системы обучения «с учителем» (нейронная сеть полностью подчинена приказам обучающего ее человека и строго следует заложенным ранее алгоритмам взаимодействия), их противники предлагают обучение «без учителя» (нейронная сеть находится в полной автономии от интерфейса взаимодействия человек – машина и методом «проб и ошибок» находит правильное решение).

Однако, как показывает практика применения этих двух методов в жизни, каждый из них обладает как рядом преимуществ, так и рядом недостатков. Следовательно, наиболее правильным решением в данной ситуации будет применение гибридной системы обучения нейронной сети. На первых этапах внедрения и взаимодействия нейронная сеть будет обучаться по принципу «с учителем». После того, как будет принято решение о достаточном уровне обученности, сеть перейдет в режим «без учителя» и будет находиться в нем до окончания ее жизненного цикла.

Оценка точности принимаемого информационной системой решения является второй по степени актуальности после выбора типа и способа обучения нейронной сети. Для этого воспользуемся рядом формул (2-5).

Если дисперсии выходных сигналов точки ветвления  $D_1, D_2, \dots, D_k$  при обратном распространении не равны между собой, то в качестве дисперсии входного сигнала точки ветвления выбирается

$$D = \min\{D_i\}_{i=1}^k \quad (2)$$

Дисперсия выходного сигнала нелинейного преобразователя равна  $\sigma_1^2: \sigma_1^2 = \varphi'(A)^2 \sigma^2$ . Отсюда получаем

$$\sigma = \frac{\sigma_1}{|\varphi'(A)|}, \quad (3)$$

где,  $\varphi$  – функция активации;

$A$  – точный входной сигнал.

Погрешность выходного сумматора можно рассчитать по следующей формуле

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \alpha_i^2}}, \quad (4)$$

где,  $\sum_{i=1}^n \alpha_i$  – точный выходной сигнал сумматора.

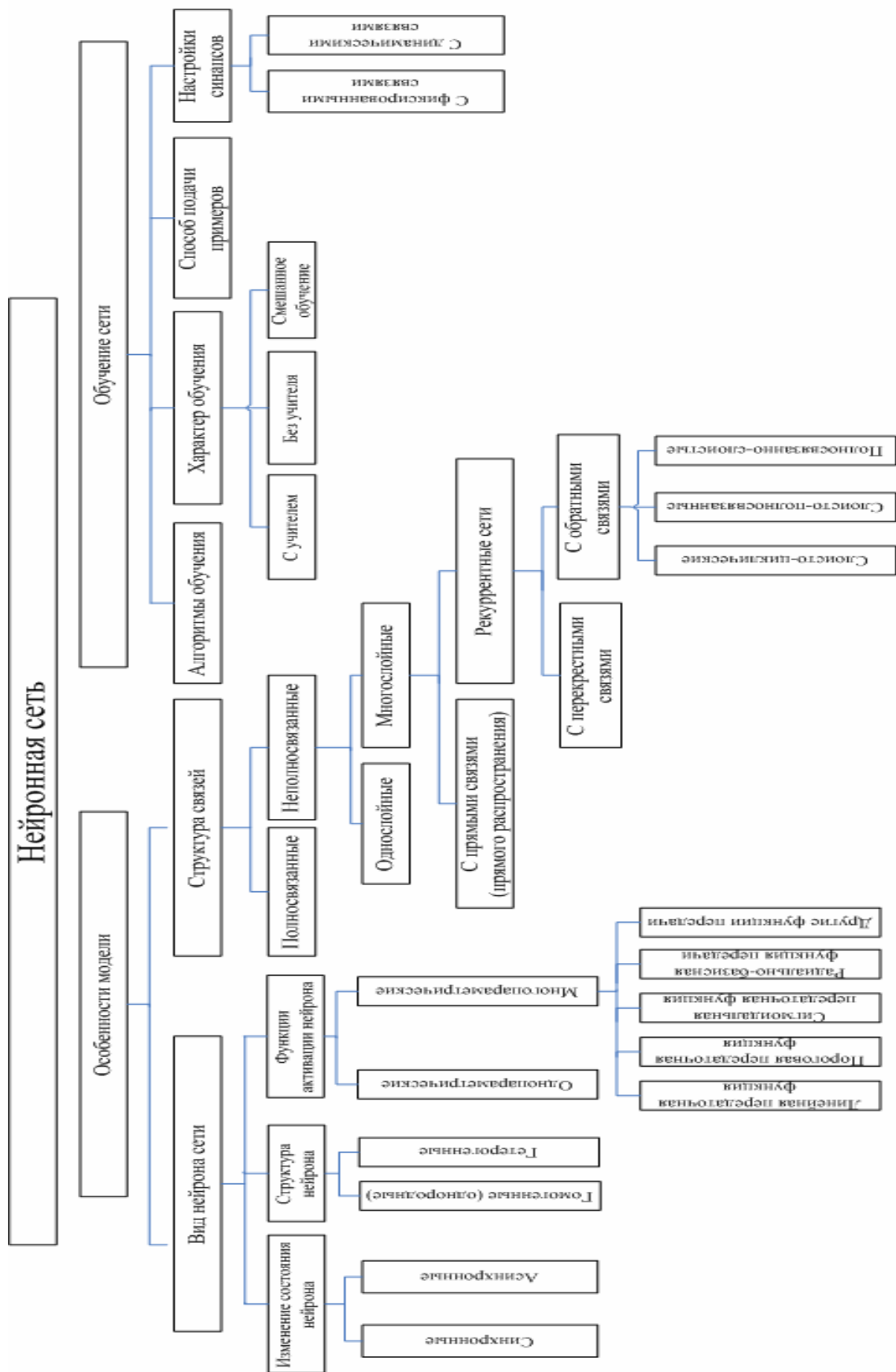
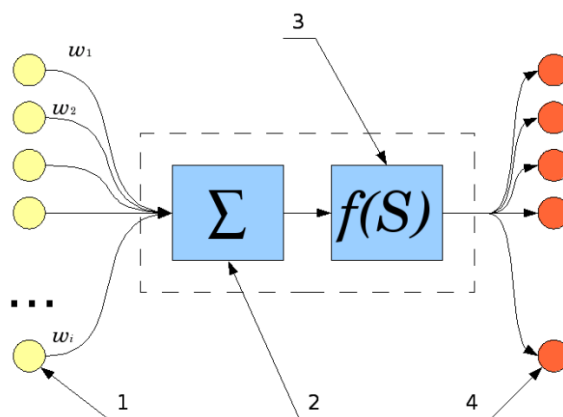


Рис. 1. Классификация нейронных сетей



- 1 – входные нейроны; 2 – сумматор входных сигналов;  
 3 – вычислитель передаточной функции;  
 4 – выходные нейроны, предоставляющие результат

**Рис. 2. Искусственный нейрон**

Следовательно, общая погрешность точности принимаемого информационной системой решения вычисляется по формуле

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{n|\alpha_i|} \quad (5)$$

Отсюда, зная общую погрешность вычислений, при обучении нейронной сети на начальном этапе процесса ее внедрения в полноценную инфокоммуникационную систему обеспечения текущих и будущих бизнес-процессов предприятия можно будет применить ряд корректирующих коэффициентов.

Следовательно, решение всех описанных выше задач позволит создать информационную систему обеспечения развития производственного потенциала любого предприятия, при этом частично или полностью отказавшись от устаревшего, с точки зрения «Индустрии 4.0» человеко-машинного интерфейса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клековкин В.С., Чухланцев Е.С., Данилова А.А. Разработка системы оценки менеджмента качества на основе нейронных сетей // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – Т. 24. – № 2. – С. 221-223.
2. Манжула В.Г., Федяшов Д.С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных // Фундаментальные исследования – 2011. – № 4. – С. 108-114.
3. Матвеева И.В. Разработка механизма интеграции информационно-аналитических инструментов инфраструктурной поддержки малых предприятий в процессе бизнес-инкубирования // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2018. – Т. 21. – № 2. – С. 83-89.
4. Чухланцев Е.С., Максимова В.В. Разработка автоматизированной системы управления складом // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электроника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 16. – С. 98-105.