

## ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

*Процесс функционирования систем организационно-экономического управления и систем управления техническими процессами создают новые знания и данные, которые необходимо учитывать с целью обеспечения безопасной эксплуатации. Для достижения данной цели при функционировании сложных систем наиболее целесообразно использовать системы поддержки принятия решений на базе нейронных сетей. В статье представлено обоснование использования нейронных сетей в системах поддержки принятия решения при функционировании сложных систем.*

*Ключевые слова: сложная система, система поддержки принятия решений, нейронная сеть.*

**Введение и постановка задачи исследования.** Характерной особенностью развития информационных технологий является непрерывное качественное усложнение сфер их применения. Можно выделить технологии автоматизации процесса решения сложных вычислительных задач; управление объектами и производственными процессами; сбора, накопления, хранения и использования больших объемов информации; формирование управленческих решений по обеспечению уровня безопасности не ниже данного военно-политического состояния (регионов, районов и т.д.). Эти информационные технологии используют формально заданные модели объективно существующих процессов. Такие модели построены не для всех областей человеческой деятельности, где человек должен принимать решение, которое в силу этого субъективно [3, 6]. При этом лицо принимающее решение (ЛПР) должно учитывать как свои приоритеты, так и ряд неформализуемых

факторов нравственного, политического, экономического, экологического характера, а также ряда других. Количество факторов, которые ЛПП должно одновременно учитывать, как правило, больше психофизиологических возможностей человека по одновременной обработке объектов. Это вынуждает человека для создания себе комфортных условий мышления исключать при принятии решения ряда факторов. Ясно, что это приводит к снижению обоснованности и качества принимаемых решений. Поэтому объективно возникает задача разработки информационных технологий поддержки принятия решений (СППР) помогающих ЛПП учесть свои приоритеты и многочисленные внешние факторы, влияющие на эффективность решения. В свою очередь технологии должны учитывать современные и перспективные требования, которые предъявляются или могут возникнуть при управлении сложными системами [3, 7].

Учитывая тот факт, что идет бурное и непрерывное развитие и получение научно-теоретических результатов, и как следствие, создание инновационных технологий приводит к выходу на новый виток развития систем организационно-экономического управления и систем управления техническими процессами (сложные системы). При этом в процессе их функционирования возникают новые знания и данные, которые необходимо учитывать с целью обеспечения безопасной эксплуатации. Для достижения данной цели при функционировании сложных систем наиболее целесообразно использовать СППР на базе нейронных сетей.

Совершенно очевидно, что свою силу нейронные сети черпают, во-первых, из распараллеливания обработки информации и, во-вторых, из способности самообучаться, т.е. создавать обобщения. Под термином обобщение понимается способность получать обоснованный результат на основании данных, которые не встречались в процессе обучения. Эти свойства позволяют нейронным сетям решать сложные (масштабные) задачи, которые на сегодняшний день считаются трудноразрешимыми. Однако на практике при автономной работе нейронные сети не могут обеспечить готовые решения. Их необходимо интегрировать в сложные системы. В частности, комплексную задачу можно разбить на последовательность относительно простых задач, часть из которых может решаться нейронными сетями [5, 9].

**Основные результаты исследования.** Приведем некоторые преимущества и достоинства нейронных сетей перед традиционными вычислительными системами [1, 4].

1. Решение задач при неизвестных закономерностях.

Используя способность обучения на множестве примеров, нейронная сеть способна решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации и зависимости между входными и выходными данными. Традиционные математические методы и экспертные системы в таких случаях малоэффективны.

2. Устойчивость к шумам во входных данных.

Возможность работы при наличии большого числа неинформативных, шумовых входных сигналов. Нет необходимости делать их предварительный отсев, нейронная сеть сама определит их малопригодность для решения задачи и отбросит их.

3. Адаптирование к изменениям окружающей среды.

Нейронные сети обладают способностью адаптироваться к изменениям окружающей среды. В частности, нейронные сети, обученные действовать в определенной среде, могут быть легко переучены для работы в условиях незначительных колебаний параметров среды. Более того, для работы в нестационарной среде (где статистика изменяется с течением времени) могут быть созданы нейронные сети, переучивающиеся в реальном времени. Чем выше адаптивные способности системы, тем более устойчивой будет ее работа в нестационарной среде. При этом следует заметить, что адаптивность не всегда ведет к устойчивости; иногда она приводит к совершенно противоположному результату. Например, адаптивная система с параметрами, быстро изменяющимися во времени, может также быстро реагировать и принимать неустойчивое состояние, что вызовет потерю производительности. Для того чтобы использовать все достоинства адаптивности, основные параметры системы должны быть достаточно стабильными, чтобы можно было не учитывать

внешние помехи, и достаточно гибкими, чтобы обеспечить реакцию на существенные изменения среды.

#### 4. Потенциальное сверхвысокое быстродействие.

Нейронные сети обладают потенциальным сверхвысоким быстродействием за счет использования массового параллелизма обработки информации.

#### 5. Отказоустойчивость при аппаратной реализации нейронной сети.

Нейронные сети потенциально отказоустойчивы. Это значит, что при неблагоприятных условиях их производительность падает незначительно. Например, если поврежден какой-то нейрон или его связи, извлечение информации, которая была запомнена, затрудняется. Однако, принимая в расчет распределенный характер хранения информации в нейронной сети, можно утверждать, что только серьезные повреждения структуры нейронной сети существенно повлияют на ее работоспособность. Поэтому снижение качества работы нейронной сети происходит медленно.

Область применения нейронных сетей во многом совпадает с кругом задач, решаемых традиционными статистическими методами [2, 8]. Поэтому укажем преимущества нейронных сетей перед несколькими классическими методами статистики.

По сравнению с линейными методами статистики (линейная регрессия, авторегрессия, линейный дискриминант) нейросети позволяют эффективно строить нелинейные зависимости, более точно описывающие наборы данных. Из нелинейных методов классической статистики распространен, пожалуй, только байесовский классификатор, строящий квадратичную разделяющую поверхность, а искусственная нейронная сеть может построить поверхность более высокого порядка [2]. Высокая нелинейность разделяющей поверхности байесовского классификатора (он не использует ковариационные матрицы классов, как классический байес, а анализирует локальные плотности вероятности) требует значительного суммарного числа примеров для возможности оценивания вероятностей при каждом сочетании интервалов значений переменных, тогда как нейросеть обучается на всей выборке данных, не фрагментируя её, что повышает адекватность настройки сети.

При построении нелинейных моделей (например, полиномиальных) в статистических программах иногда требуется ручное введение-описание модели в символьном виде с точностью до значений параметров: при  $N = 10$  независимых переменных полином второй степени будет содержать  $N*(N-1)/2 = 45$  коэффициентов при попарных произведениях переменных, 10 при самих переменных, 10 при квадратах значений переменных, т.е. 66 (с учетом неоднородного слагаемого) коэффициентов. При двадцати переменных в выражение войдет уже 231 слагаемое. Вводить вручную такие длинные формулы долго, велик риск опечатки. Нейросеть же создается путем указания вида структуры, числа слоев и числа нейронов в каждом слое, что гораздо быстрее. При использовании алгоритмы построения растущих нейросетей и вовсе не требуется первоначальное задание размера нейронной сети. Альтернативой нейронной сети при построении сложных нелинейных моделей являются только метод группового учета аргументов и машины опорных векторов (support vector machines) [8].

Для сжатия и визуализации данных в статистике разработан метод линейных главных компонент. Нейросети-автоассоциаторы позволяют эффективнее сжимать данные за счет построения нелинейных отображений и визуализировать данные в пространстве меньшего числа нелинейных главных компонент. На рис. 1 представлена структурная схема обучения нейросети.

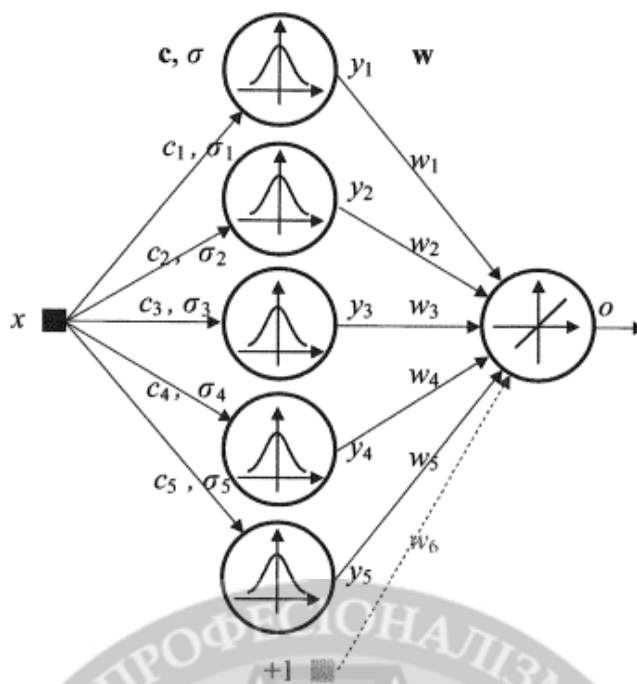


Рис. 1. Структурная схема обучения нейросети

По сравнению с методами непараметрической статистики нейронная сеть с радиальными базисными функциями (RBF) нейронов позволяет сокращать число ядер, оптимизировать координаты и размытость каждого ядра. Это позволяет при сохранении парадигмы локальной ядерной аппроксимации ускорять дальнейший процесс принятия решения.

При обучении нейросети вместо критерия качества в виде наименьших квадратов можно использовать робастные критерии, дополнительно вести оптимизацию и других свойств нейронной сети (например, добавляя требования регуляризации решения, оптимизации структуры нейронной сети либо приведения значений адаптивных параметров к нужным величинам). Алгоритмы обучения нейронной сети при этом остаются неизменными.

Необходимость решения прямой и обратной задач обычно требует построения двух моделей. При использовании же нейронных сетей можно обойтись одной сетью, обученной решать прямую задачу [4].

Отдельные преимущества были названы при описании возможностей нейросетей, например, нейросеть одновременно может решать нескольких задач (при наличии у нее нескольких выходов).

Основными особенностями нейронных сетей на практике являются:

- гибкость структуры: можно различными способами комбинировать элементы нейросети (нейроны и связи между ними). За счёт этого на одной элементной базе и даже внутри "тела" одного нейрокомпьютера можно создавать совершенно разные вычислительные схемы, подбирать оптимальное для конкретной задачи число нейронов и слоёв сети;

- быстрые алгоритмы обучения нейронных сетей: нейросеть даже при сотнях входных сигналов и десятках-сотнях тысяч эталонных ситуаций может быть почти мгновенно обучена при использовании ПЭВМ. Поэтому применение нейронных сетей возможно для решения широкого круга сложных задач прогноза, классификации и диагностики;

- возможность работы при наличии большого числа неинформативных, шумовых входных сигналов: предварительного их отсева делать не нужно, нейросеть сама определит

их малопригодность для решения задачи и может их явно отбросить;

– возможность работы со скоррелированными независимыми переменными, с разнотипной информацией (измеренной в непрерывнозначных, дискретнозначных, номинальных, булевых шкалах), что часто доставляет затруднение методам статистики;

– нейронная сеть одновременно может решать несколько задач на едином наборе входных сигналов имея несколько выходов, прогнозировать значения нескольких показателей. Часто это помогает нейросети построить более адекватные или более универсальные "внутренние" промежуточные концепции (т.к. требуется, чтобы все промежуточные расчёты были пригодны не для одной, а для нескольких задач) и, вследствие этого, повысить точности решения указанных задач по сравнению с решениями задач по отдельности;

– алгоритмы обучения накладывают достаточно мало требований на структуру нейронной сети и свойства нейронов. Поэтому при наличии экспертных знаний или в случае специальных требований можно целенаправленно выбирать вид и свойства нейронов и нейросети, собирать структуру нейронной сети вручную из отдельных элементов, и задавать для каждого из них нужные свойства;

– нейросеть может обучиться решению задачи, которую человек-эксперт решает недостаточно точно (или для которой вообще отсутствует эксперт). Обученная сеть может быть представлена в виде явного алгоритма решения задачи, например, в виде набора правил "если ..., то ...", и изучение этого алгоритма может позволить человеку получить новые знания;

– синтезированная (обученная) нейросеть обладает устойчивостью к отказам отдельных элементов (нейронов) и линий передачи информации в ней. За счёт того, что навык решения задачи "размазан" по сети, не приводит к катастрофическому уменьшению точности решения при выходе из строя нескольких элементов системы. Можно применять и специальные методы для повышения отказоустойчивости. Это бывает востребованным при аппаратных реализациях сетей для обеспечения построения надёжных систем из ненадёжных элементов.

Описанные возможности в основном относятся к многослойным нейронным сетям, обучаемым алгоритмом обратного распространения ошибки, и растущим нейросетям на основе вариантов метода каскадной корреляции. Также существуют и другие типы нейронных сетей: нейросети ассоциативной памяти, нейросети для квантования данных, сжатия данных путем построения главных независимых компонент, нейронные сети для разделения смеси сигналов и др. [8]. То есть круг задач, решаемых нейросетями, очень широк, поскольку широк сам набор нейросетевых алгоритмов.

**Выводы.** Процесс функционирования систем организационно-экономического управления и систем управления техническими процессами создают новые знания и данные, которые необходимо учитывать с целью обеспечения безопасной эксплуатации. Для достижения данной цели при функционировании сложных систем наиболее целесообразно использовать системы поддержки принятия решений на базе нейронных сетей.

Технологии автоматизации процесса решения сложных вычислительных задач требуют участия ЛПР для принятия адекватных и точных решений, так как в процессе их функционирования возникают новые знания и данные, которые необходимо учитывать с целью обеспечения безопасной эксплуатации. Практика показывает, что целесообразно использовать СППР на базе нейронных сетей, так как они имеют целый ряд преимуществ перед существующими аналогами и позволяют повысить качество принятия решений.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
2. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. Монография. – Харьков:

ОСНОВА, 1997. – 112 с.

3. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. – 184 с.

4. Заенцев И.В. Нейронные сети: основные модели. – Воронеж, 1999. – 76 с.

5. Згуровский М.З., Павлов А.А. Принятие решений в сетевых системах с ограниченными ресурсами. – К.: Наукова думка, 2010. – 575 с.

6. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – К.: Наукова думка, 2005. – 744 с.

7. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – К.: Наукова думка, 2002. – 382 с.

8. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2008. – 1104 с.

9. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2007. – 1408 с.

**Рецензент: д.т.н., проф. Сбігнєв А.І.**, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.т.н., доц. Пампуха І.В.

Березовська Ю.В.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ**

*Процес функціонування систем організаційно-економічного управління та систем управління технічними процесами створюють нові знання і дані, які необхідно враховувати з метою забезпечення безпечної експлуатації. Для досягнення даної мети при функціонуванні складних систем найбільш доцільно використовувати системи підтримки прийняття рішень на базі нейронних мереж. У статті представлено обґрунтування використання нейронних мереж у системах підтримки прийняття рішення при функціонуванні складних систем.*

*Ключові слова: складна система, система підтримки прийняття рішень, нейронна мережа.*

PhD in Engineering Science, Assistant Professor **Igor Pampukha**

**Julia Berezovska**

## **JUSTIFICATION OF USE OF NEURAL NETWORKS IN DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE OPERATION OF COMPLEX SYSTEMS**

*The functioning process of organizational and economic systems of management and control systems of technological processes create new knowledge and data that must be considered to ensure safe operation. To achieve this objective in the operation of complex systems it is reasonable to use a decision support system based on neural networks. The paper presents a justification of the use of neural networks in decision support systems in the operation of complex systems.*

*Keywords: complex system, decision support system, neural networks.*

*pamp@ukr.net*