

НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия», ГосНИПИ «Гипроморнефтегаз»

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ОСЛОЖНЕНИЙ В ТРУБОПРОВОДАХ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Исмайылов Г.Г., Ибишов Б.Г., Исмайылов Б.Г., Гасанлы Э.Г.

- НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия», ГосНИПИ «Гипроморнефтегаз»
-

Общие принципы построения искусственных нейронных сетей

Искусственные нейронные сети (ИНС)- новая область математики.

Области применений ИНС

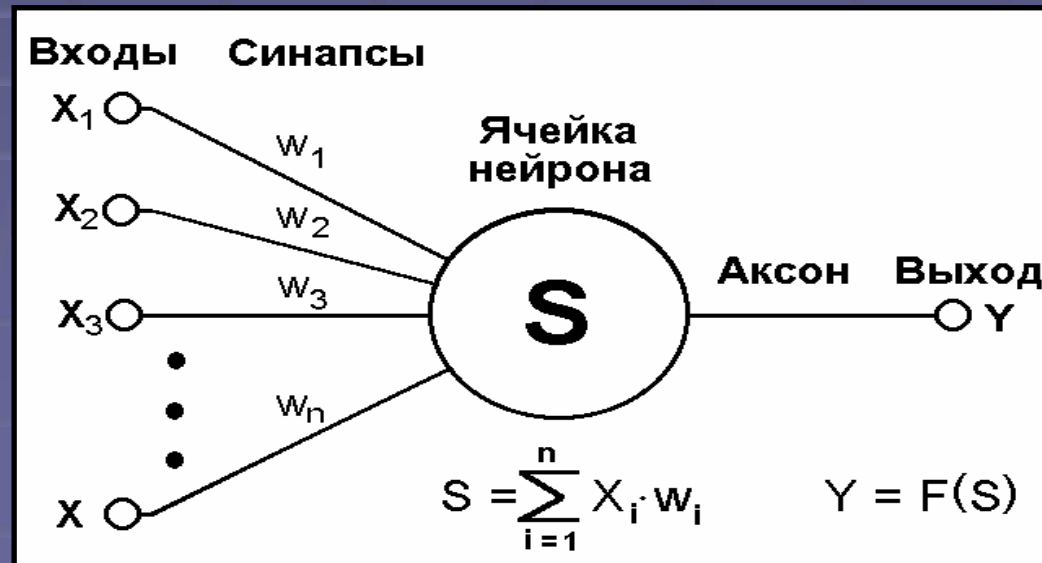
- Автоматизация процессов распознавания образов
- Адаптивное управление
- Аппроксимация функционалов
- Прогнозирование, создание экспертных систем
- Организация ассоциативной памяти и многие другие приложения

С помощью ИНС можно, например, предсказывать показатели биржевого рынка, выполнять распознавание оптических или звуковых сигналов, создавать самообучающиеся системы, способные управлять автомашиной при парковке или синтезировать речь по тексту.

Модели ИНС могут быть программного и аппаратного исполнения.

Общие характеристики моделей

- Основу каждой ИНС составляют относительно простые – однотипные элементы (ячейки), имитирующие работу нейронов мозга.
- Нейроном является ячейка ИНС
- Каждый нейрон по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или заторможены.
- Нейрон обладает группой синапсов а также имеет аксон .



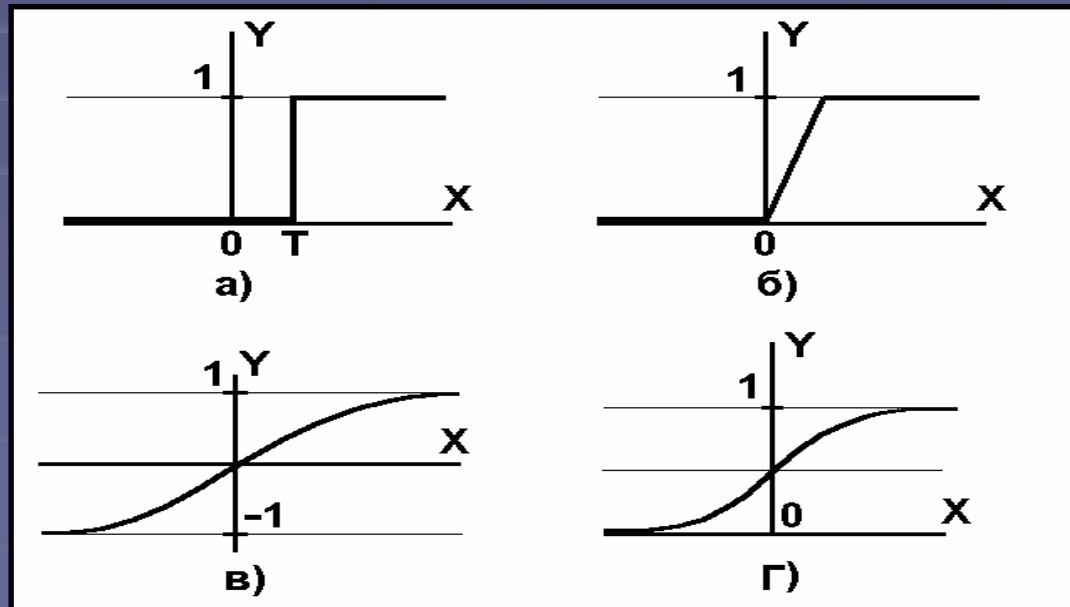
Текущее состояние нейрона определяется, как взвешенная сумма его входов:

$$s = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i$$

Выход нейрона есть функция его состояния:

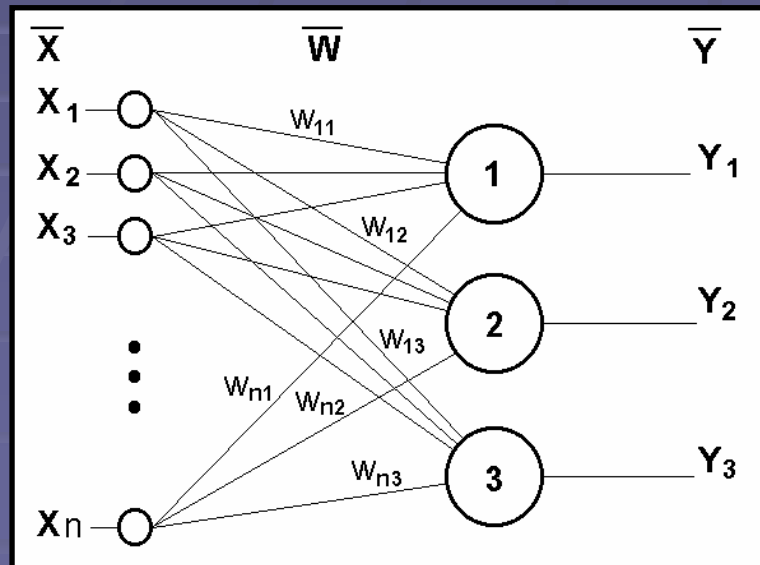
$$y = f(s)$$

Нелинейная функция $f(s)$ называется активационной и может иметь различный вид, как показано на рисунке



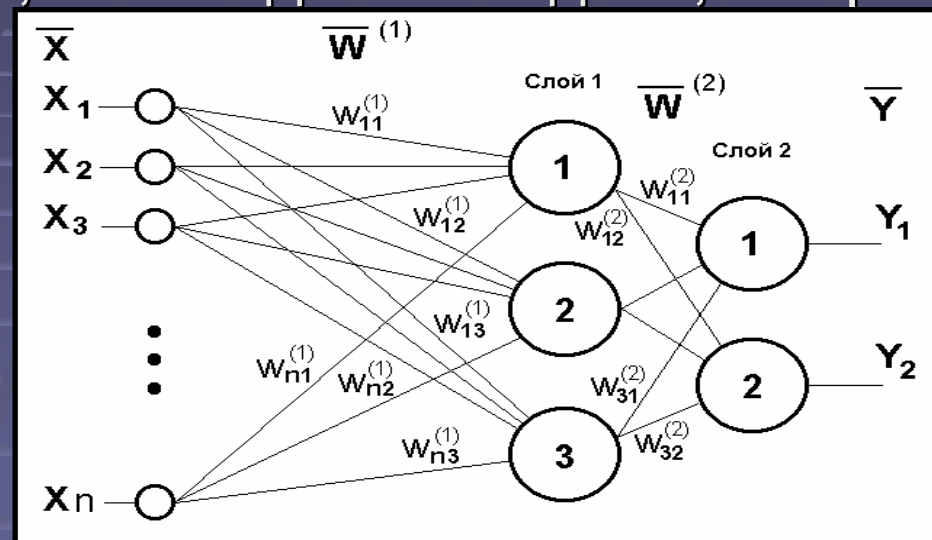
Трехнейронный перцептрон простейшей пример ИНС, нейроны которой имеют активационную функцию в виде единичного скачка. На n входов поступают некие сигналы, проходящие по синапсам на 3 нейрона, образующие единственный слой этой ИНС и выдающие три выходных сигнала:

$$y_j = f \left[\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ij} \right], \quad j=1 \dots 3$$



- $Y=F(XW)$,
(6)
- где X и Y – соответственно входной и выходной сигнальные векторы, $F(V)$ – активационная функция, применяемая поэлементно к компонентам вектора V .

Выбор структуры ИНС осуществляется в соответствии с особенностями и сложностью задачи. Для решения некоторых отдельных типов задач уже существуют оптимальные, на сегодняшний день, конфигурации



Очевидно, что процесс функционирования ИНС, то есть сущность действий, которые она способна выполнять, зависит от величин синаптических связей, поэтому, задавшись определенной структурой ИНС, отвечающей какой-либо задаче, разработчик сети должен найти оптимальные значения всех переменных весовых коэффициентов (некоторые синаптические связи могут быть постоянными).

Какие задачи может решать ИНС?

- работа всех сетей сводится к классификации (обобщению) входных сигналов, принадлежащих n -мерному гиперпространству, по некоторому числу классов. С математической точки зрения это происходит путем разбиения гиперпространства гиперплоскостями (запись для случая однослойного перцептрона)

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot w_{ik} = T_k \quad \text{е}$$

$$k=1 \dots m$$

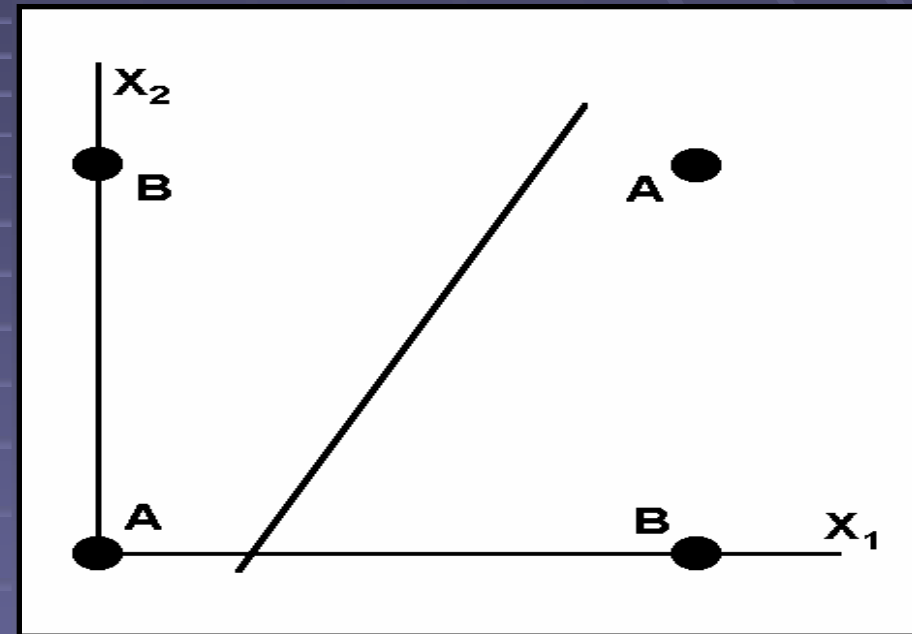
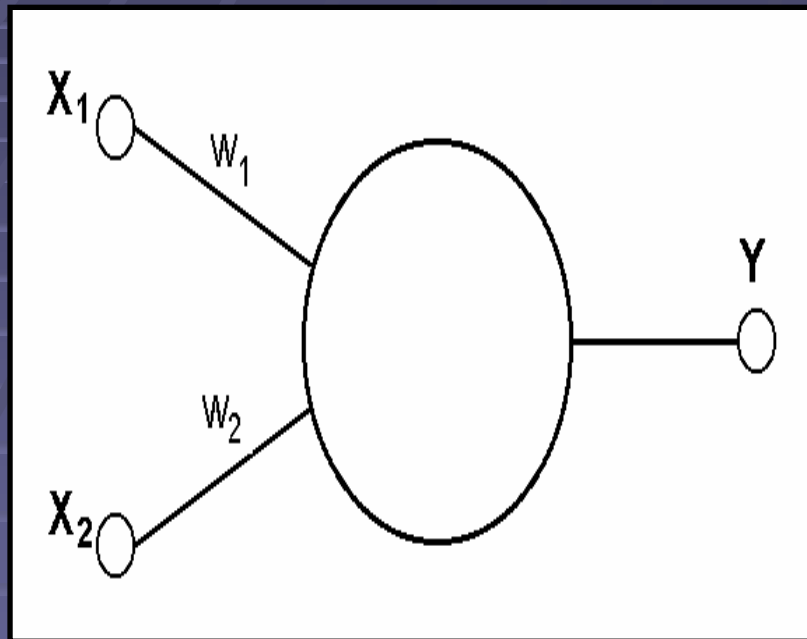
x_1	x_2	0	1
0		A	B
1		B	A

Уравнение сети для этого случая

$$x_1 \cdot w_1 + x_2 \cdot w_2 = T$$

является уравнением прямой
(одномерной гиперплоскости)

Функции, которые не реализуются однослойной сетью, называются линейно неразделимыми.



Решение задач, попадающих под это ограничение, заключается в применении 2-х и более слойных сетей или сетей с нелинейными синапсами, однако и тогда существует вероятность, что корректное разделение некоторых входных сигналов на классы невозможно.

Алгоритм обучения с учителем

- 1) Проинициализировать элементы весовой матрицы (обычно небольшими случайными значениями).
- 2) Подать на входы один из входных векторов, которые сеть должна научиться различать, и вычислить ее выход.
- 3) Если выход правильный, перейти на шаг 4.

- Иначе вычислить разницу между идеальным и полученным значениями выхода:

$$\delta = Y_r - Y$$

- Модифицировать веса в соответствии с формулой:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \nu \cdot \delta \cdot x_i$$

- где t и $t+1$ – номера соответственно текущей и следующей итераций; ν – коэффициент скорости обучения, $0 < \nu < 1$; i – номер входа; j – номер нейрона в слое.
 - Очевидно, что если $Y > Y_r$ весовые коэффициенты будут увеличены и тем самым уменьшат ошибку. В противном случае они будут уменьшены, и Y тоже уменьшится, приближаясь к Y_r .
- 4) Циклы с шага 2 повторяются до тех пор, пока сеть не перестанет ошибаться.

- НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия», ГосНИПИ «Гипроморнефтегаз»
-

Диагностирование утечки нефти из трубопроводов на основе искусственной нейронной сети

- **Применения ряда математических методов для диагностирования некоторых видов осложнений (отложение солей, песка, парафина и др.) при сборе, подготовке и транспортировании нефти.**
- **Диагностирования утечки нефти из нефтепроводов на основе принципов искусственных нейронных сетей, являющимися одним из элементов современной информационной технологии.**

Интеллектуальные системы, на основе ИИС позволяют решить ряд проблем распознавания образов:

- прогнозирования,
- оптимизации,
- диагностики,
- управления.

ИИС своими разносторонними возможностями позволяет решать проблемы, одновременно, техническими и математическими путями.

Для ИНС существует несколько методов обучения:

- Обучение «с учителем»,
Обучения для каждого входного параметра используется конкретный выходной параметр.
- обучение «без учителя» и смешенно. элементы весовой матрицы (обычно небольшими случайными значениями).
используются внутренние закономерности информации и взаимные корреляции параметров.

В данной работе на основе тех же принципов создана новая самообучающаяся искусственная нейронная сеть, которая позволяет диагностировать различные виды осложнений в морских подводных и подземных трубопроводах.

- Критерий выбора наилучшей модели

Основным критерием выбора наилучшей модели являются условие минимума средне квадратичной ошибки:

$$\frac{\partial J}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial J}{\partial b} = 0; \quad \frac{\partial J}{\partial c} = 0, \dots, \quad \frac{\partial J}{\partial w} = 0,$$

Самообучающаяся искусственная нейронная сеть способна:

- Автоматическое считывания по мере поступления новых данных наблюдения режима трубопровода
- Повторяет процесс выбора и обучения моделей сети
- Для выбранной модели устанавливает зависимости весовых коэффициентов и коэффициента корреляции от количества наблюдений
- Отражает все изменения, в том числе утечки нефти, происходящие в рассматриваемом трубопроводе.
- С целью обнаружения малых утечек нефти в данной искусственной нейронной сети предусмотрены фильтрация от шумов, усиление и при необходимости повторное усиление сигналов, поступающих на вход ИНС.

Основным критерием выбора наилучшей модели являются условие минимума средне квадратичной ошибки:

В качестве передаточной функции для случаев наличия и отсутствия утечки нефти были использованы следующие функциональные зависимости:

- для случая отсутствия утечки нефти

$$\Delta p_0 = A Q_0^2$$

- для случая наличия утечки нефти

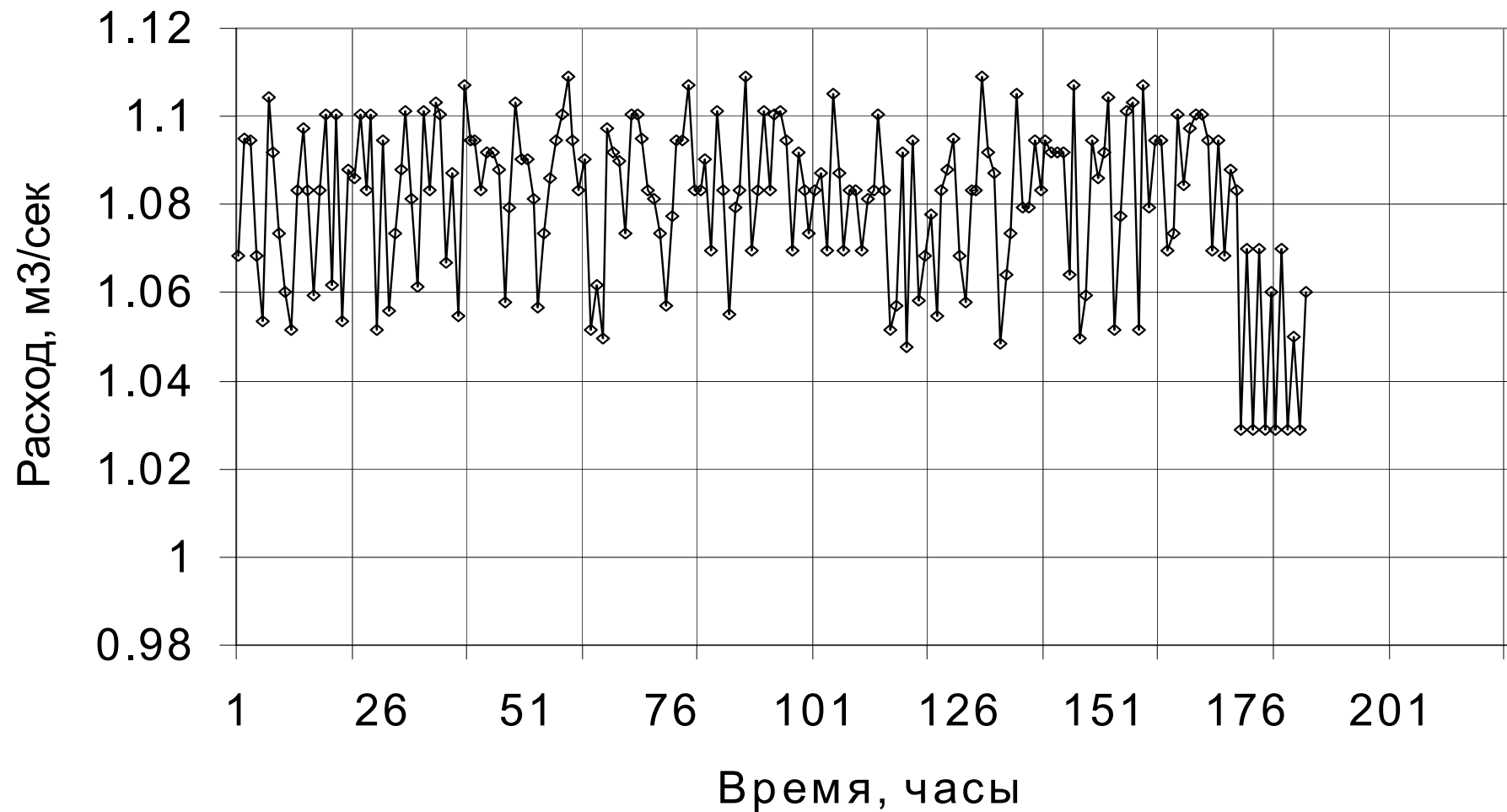
$$\Delta p_1 = A_1 Q_0^2 + B_1 (Q_0 - q)^2$$

Для адаптации искусственной нейронной сети к процессам, происходящим в нефтепроводе необходимы следующие данные режимов работы трубопровода:

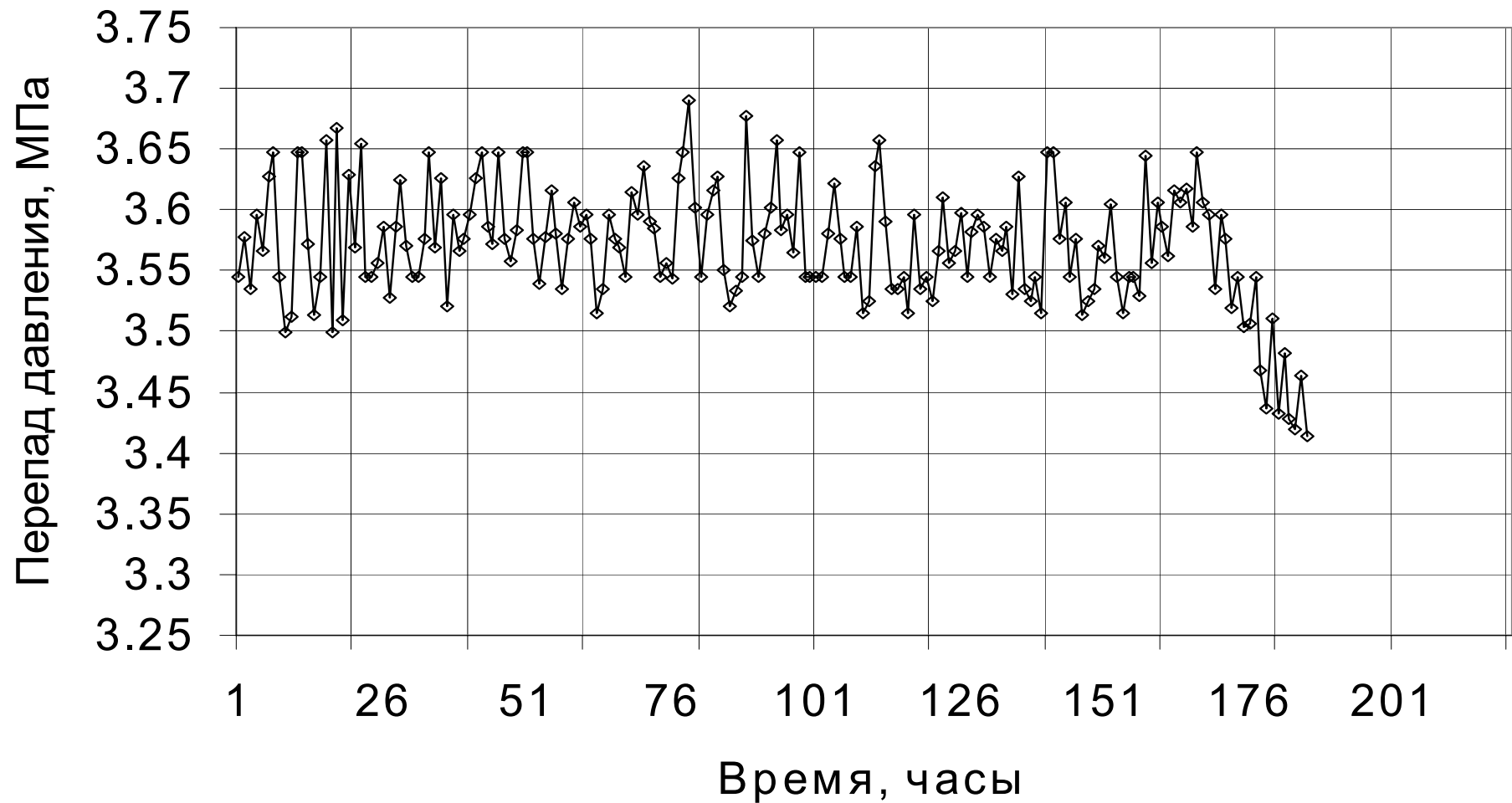
- потери давления по трубопроводу,
- данные по часовым или суточным расходам нефти и газа за несколько месяцев и т.д).

Конечно, чем больше данные по замеру параметров режима работы трубопровода, тем и точнее производится адаптация искусственной нейронной сети. Часть данных этого множества (обычно, большую часть) используется для обучения, а другая часть для экзамена искусственной нейронной сети.

Динамика расхода нефти по простому трубопроводу



Динамика перепада давления по простому трубопроводу



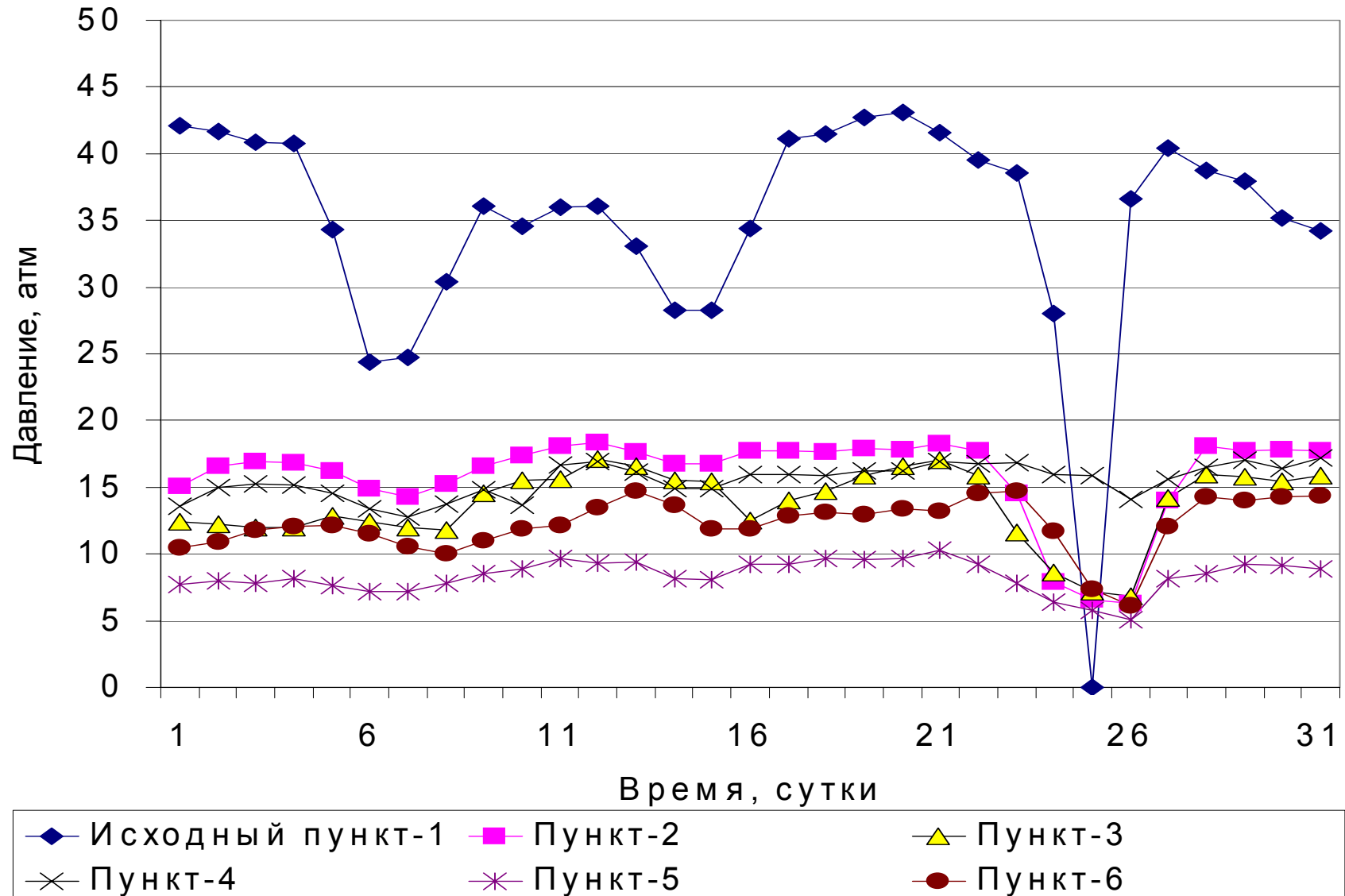
Динамика аналога расхода на выходе Искусственной нейронной сети



Динамика аналога перепада давления на выходе Искусственной нейронной сети



Динамика давления по пунктам газопроводной сети



Динамика аналога давлений на пунктах газопроводной сети



- ◆— Исходный пункт-1
- Пункт-2
- ▲— Пункт-3
- ×— Пункт-4
- *— Пункт-5
- Пункт-6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- **Впервые разработаны самообучающиеся искусственные нейронные сети для диагностирования осложнений в нефтепроводах и газопроводах.**
- **Разработанные ИНС позволяют оперативно, точно и достоверно диагностировать некоторые виды трудно обнаруживаемых осложнений.**
- **Предложенные ИНС особенно полезно использовать для диагностирования осложнений в подводных и подземных трубопроводах.**
- **Для применения предложенных ИНС не требуется проведение специальных исследований и дополнительных трудовых и материальных затрат.**
- **Методика испытана на множества данных наблюдения простого трубопровода.**
- **Разработанная методика рекомендована для диагностирования различных видов осложнений при сборе, подготовке и транспорте нефти и газа в соответствующих структурах ГНКАР.**

ЛИТЕРАТУРА

- Widrow B. 1959 Adaptive sampled–data systems, a statistical theory of adaptation. 1959. IRE WESCON Convention Record, part 4. New York: Institute of Radio Engineers.
- Widrow B., Hoff M. 1960. Adaptive switching circuits. 1960. IRE WESCON Convention Record. New York: Institute of Radio Engineers.
- Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики (перцептрон и теория механизмов мозга). // М.: Мир, 1965.—480с.
- Hopfield J. J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. // Proc. of the National Academy of Sciences. —1982.-79.- pp. 2554-2558.
- Hinton G. E. Connectionist Learning Procedures // Artificial Intelligence, Vol 40, 1989, pp 185 — 234.
- Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев. Теория интеллектуальных систем и ее применение Баку, Чашыгоглы. 2001, -720 с.
- Барский А.Б. Нейронные сети и искусственный интеллект. «Информационные технологии». №1, 2003.
- Гужов А.И. «Совместный сбор и транспорт нефти и газа».М., Недра,1973,280 с.
- Ибишов Б.Г., Исмайылов Б.Г. Диагностирование утечек нефти из нефтепроводов в окружающую среду. «Азербайджан после сувернитета» Материалы международной конференции. Баку, 3-4 март 2003, с. 134-135.
- Ибишов Б.Г., Исмайылов Б.Г. Диагностирование утечки нефти из морских подводных трубопроводов на основе искусственных нейронных сетей. «Хязярнефтгазйатаг-2004» Доклады научно-технической конференции. Баку-2004, с. 334-335.
- Добыча, подготовка и транспорт природного газа и конденсата. Справочное руководство в 2-х томах. Том II/Под ред. Ю.П. Коротаева, Р.Д. Маргулова. М., Недра, 1984.288 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые разработаны самообучающиеся искусственные нейронные сети для диагностирования осложнений в нефтепроводах и газопроводах.

Разработанные ИНС позволяют оперативно, точно и достоверно диагностировать некоторые виды трудно обнаруживаемых осложнений.

Предложенные ИНС особенно полезно использовать для диагностирования осложнений в подводных и подземных трубопроводах.

Для применения предложенных ИНС не требуется проведение специальных исследований и дополнительных трудовых и материальных затрат.

Методика испытана на множества данных наблюдения простого трубопровода.

Разработанная методика рекомендована для диагностирования различных видов осложнений при сборе, подготовке и транспорте нефти и газа в соответствующих структурах ГНКР.