

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(национальный исследовательский университет)  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

**РАБОТА ПРОВЕРЕНА**

Рецептант, 19.09.

(должность)  
А.Х. Байбурин  
2018 г.

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ**

Заведующий кафедрой

Г.А. Пикус  
19.09. 2018 г.

**Метод прогнозирования стоимости и производительности проектов  
сети питьевой воды путем создания искусственной нейронной сети**

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-08.04.01.2018. 305-260.Л13 ВКР**

Руководитель работы,

(должность)  
Н.В. Кочарян  
19.09. 2018 г.

Автор работы

студент группы АС-279  
М.А. Аль-Жанаби  
19.09. 2018 г.

Нормоконтролер,

(должность)  
Н.В. Кочарян  
19.09.2018. 2018 г.

Антиплагиат,

(должность)  
Н.В. Кочарян  
19.09.2018. 2018 г.

## **Аннотация**

Объектом исследования магистерской диссертации является метод прогнозирования стоимости и производительности проектов сети питьевой воды путем создания искусственной нейронной сети. Национальной технологической инициативой по программе нейронет предусматривается развитие экономики в данном направлении.

Целью исследования является разработка программы прогнозирования стоимости проекта водоснабжения с использованием нейронных сетей и разработки новой, не имеющей аналогов в строительной индустрии методики расчета стоимости, альтернативной расчету смет.

В результате исследования была рассчитана фактическая стоимость проекта водоснабжения питьевой водой в г.Тюмень путем искусственных нейронных сетей (вручную). Принимая во внимание основные данные проекта, которые должны основываться на сметной стоимости строительных работ. Мы также применили нейронные сети в MATLAB для 20 проектов. По причине невозможности получения реальных данных для проекта, мы использовали предполагаемые данные для этих проектов, которые являются входами и выходами нейронной сети. Результаты затрат были достигнуты и сопоставлены с предполагаемыми данными.

### **Развитие и перспективы проекта**

1. При реализации проекта возможно создание при ЮУрГУ инновационного малого предприятия.
2. Работы по созданию коммерческой версии, которая может проводить расчеты по проекту целиком возможно выполнить в рамках аспирантуры, что сократит первоначальные издержки на разработку и тестирование системы. Возможный срок разработки – 3 года, при участии it – специалистов и привлечения студентов.

*Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, метод прогнозирования стоимости , проект питьевой воды.*

Магистерская диссертация – Аль-Жанаби Мохаммед Абдулкарим Салим, 86 стр., 15 табл., 53 иллюстр., 1 прилож.

## **Введение**

Процесс определения стоимости инженерного проекта в целом и проекта по водоснабжению, является сложным из-за многих факторов. Стоимость каждого проекта индивидуальна из-за следующих факторов: погодные факторы, качество почвы, трудности реализации. Рассчитанные стоимость и производительность проекта, влияют на расчет продолжительности реализации проекта.

Подрядчик устанавливает стоимость проекта на основании: требований заказчика; своих возможностей (рабочие, оборудование); суммы желаемой прибыли. Завышение ставки прибыли, может привести к отказу заказчика от проекта, вследствие чего подрядчик понесет потери времени, усилий и средств, потраченных на подготовку проекта. Снижение ставки прибыли дает вероятность победы в тендере, но оно может привести к проблемам (в первую очередь снижению финансовой устойчивости компании), которые могут повлиять на рабочий процесс или привести к не исполнению обязательств по проекту.

Разница между планируемой и фактической производительностью возникает по причине следующих факторов: квалификация рабочих, количество рабочих, материальное оборудование, тип почвы. Снижение расчетной производительности приводит к нарушению сроков реализации проекта, вследствие чего накладываются штрафные санкции, либо реализация проекта приостанавливается. Следовательно, важно выбрать правильный метод с помощью которого подрядчик рассчитывает точную стоимость и производительность инженерного проекта.

Прогнозирование применяется во многих областях человеческой деятельности, таких как наука, управление, производство и множество других сфер. Понятие прогнозирования не имеет четко очерченных границ и активно взаимодействует со смежными задачами анализа данных. Одно из определений прогнозирования было дано Г. Тейлом: «некоторое суждение относительно неизвестных, особенно будущих, событий» [1].

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	6
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

Прогнозирование является одним из ключевых моментов при принятии решений и направлено на определение тенденций динамики конкретного объекта или события на основе ретроспективных данных, т.е. анализа его состояния в прошлом и настоящем.

К основным методам прогнозирования относятся

- статистические методы.
- моделирование.
- экспертные оценки (метод Дельфи).

«по объекту-аналогу» и другие [2].

Проблема, на решение которой будет направлена работа, заключается в необходимости создания простого в использовании метода прогнозирования стоимости проекта, в частности, проект водоснабжения и сложность сбора исходных данных для этого проекта, а также определение факторов, влияющих на затраты.

Целью исследования является разработка программы прогнозирования стоимости проекта водоснабжения с использованием нейронных сетей.

В первой главе «Обзор научно-технической литературы и анализ состояния проблемы» произведен анализ научно-технической литературы, касающейся искусственных нейронных сетей и их применения для решения задач прогнозирования, осуществлён поиск и обзор существующего программного обеспечения, предназначенного для осуществления прогнозов средствами искусственных нейронных сетей, выделены слабые и сильные стороны каждого из рассмотренных программных продуктов.

Во второй главе «Прогнозирование стоимости и производительности проектов в среде MATLAB» рассмотрен вопрос создания удобного и простого в использовании инструмента прогнозирования стоимостных показателей проектов.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ

Задачей является разработка программного продукта для прогнозирования стоимостных показателей проектов с использованием нейронных сетей. Разрабатываемая программа предназначена для получения прогнозов на основе обученных искусственных нейронных сетей.

В третьей главе «Разработка программно-алгоритмического обеспечения» проанализирован математический аппарат искусственных нейронных сетей и проведен эксперимент по подбору наилучшей модели для прогнозирования стоимостных показателей объектов, приведено обоснование средств разработки, разработана структура программы, основные модули программы и основные алгоритмы работы программы.

В четвертой главе «Расчет стоимости проекта водоснабжения путем нейронной сети». Для данного проекта изучаются факторы, влияющие на проекты водоснабжения и расчет затрат. Затем осуществляется прогнозирование расчета искусственных нейронных сетей в Matlab и экономическое обоснование необходимости создания искусственной нейронной сети.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	8
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

## **1. Обзор научно-технической литературы и анализ состояния проблемы**

### **1.1. Обзор литературы и существующих программных продуктов**

существует достаточно обширное количество литературы, посвященной применению искусственных нейронных сетей для задач прогнозирования.

Интерес к применению нейронных сетей для решения прикладных задач прогнозирования начал активно возрастать в 80-90-е годы XX века и остается актуальным в настоящее время. В статье [3] экспериментально доказывается возможность и эффективность применения нейронной сети прямого распространения сигнала для решения задачи прогнозирования временных рядов с нелинейными зависимостями. В статье [4] на примере прогноза соотношения показателя «соматическая продукция - биомасса» в экосистемах эмпирически доказывается то, что использование нейронных сетей прямого распространения сигнала и обратного распространения ошибки является более эффективным для предсказания по сравнению с линейной регрессией.

Авторы статьи [5] сравнили результаты применения искусственной нейронной сети и модели множественной линейной регрессии для моделирования структуры капитала в экономически развитых странах и пришли к выводу, что обученная искусственная нейронная сеть оказалась эффективнее благодаря большей чувствительности к изменению показателей.

Оценка исследований эффективности нейронных сетей в решении задач прогнозирования, описанных в статье [6] показала, что в 19 из 22 (86%) исследованных случаях нейронные сети показали более высокие результаты по сравнению с другими моделями.

Тем не менее, в применении искусственных нейронных сетей прямого распространения сигнала и обратного распространения ошибки существует и ряд задач, например, задача выбора наилучшей архитектуры сети и задача переобучения сети при изменении первичных данных [7].

Помимо искусственных нейронных сетей типа «многослойный персепtron» для решения задач прогнозирования используются также и искусственные нейронные сети с радиально-базисными функциями и их подвид «обобщенные

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	9
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

регрессионные сети». Некоторыми из важных преимуществ данных сетей является высокая скорость их обучения с заданной точностью, а также отсутствие необходимости в подборе архитектуры сетей такого типа [8].

В статье [9] дается теоретическое обоснование эффективности искусственных нейронных сетей с радиально-базисными функциями для решения задач прогнозирования и аппроксимации функций. В статье [10] эмпирически доказывается эффективность искусственных нейронных сетей с радиально-базисными функциями для прогнозирования цен на золото. В разделе, посвященном искусственным нейронным сетям с радиально-базисными функциями книги [11] теоретически обосновывается и доказывается эффективность применения таких сетей для решения задач прогнозирования.

## **1.2. Анализ состояния проблемы стоимости и производительности проектов**

Современное развитие России немыслимо без использования новейших методик управления. Таковым на сегодняшний день выступает проектное управление, которое, несмотря на уже более чем двадцатилетнюю историю продвижения его идей в России благодаря усилиям Ассоциации управления проектами СОВНЕТ, созданной в 1990 г., все еще остается уникальным подходом в российском менеджменте. Развиваемая в науке сегодня «системно-синергетическая концепция организационного развития» представляет собой попытку распространить положения системно-синергетической теории на организационный мир с учетом специфики развивающейся системы-организации. Проектное управление, на наш взгляд, в полной мере ориентировано на развитие организации с учетом его механизма и закономерностей, позволяет построить систему управления в компании на базе системно-синергетической концепции организационного развития. Ввиду охвата вопросов экономики и менеджмента особенно сложную сферу проектного управления представляет управление стоимостью и финансированием проекта, поэтому «возникает необходимость в качественных разработках на основе использования современных технологий оценки стоимости проекта, существенно повышающих результативность самого процесса». В этих условиях особую важность приобретает разработка

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	10
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

практических рекомендаций по применению современных технологий проектного управления стоимостью и финансированием проекта.

Цели процесса управления стоимостью для заинтересованных сторон проекта, в т.ч. менеджера проекта, можно сформулировать по отдельным стадиям жизненного цикла проекта:

- на стадии планирования - предварительная оценка стоимости всего проекта и отдельных работ, определение направлений расходования средств в проекте, прогнозирование величины расходов;
- на стадии реализации - поддержание затрат по проекту в заранее запланированных объемах, снижение отрицательных последствий от возникновения в проекте непредвиденных расходов;
- на стадии контроля - определение отклонений стоимости проекта и своевременное реагирование на изменения;
- на стадии завершения проекта - анализ и формирование архивных данных для осуществления последующих проектов в части управления стоимостью и финансированием проекта.

Согласно НТК процесс управления стоимостью и финансированием проекта включает пять стадий (рис.1). На наш взгляд, уместно обобщить их в два укрупненных этапа. Первый этап охватывает вопросы как стратегического, так и тактического планирования стоимостных параметров проекта. Второй этап содержит процедуры реализации плана управления стоимостью проекта в классическом представлении цикла управления в менеджменте: организация, контроль, анализ, регулирование. Во второй этап также входит специфическая процедура проектного подхода в управлении: закрытие управления проектом по стоимостным параметрам.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ



Рисунок 1 – Процесс управления стоимостью и финансированием проекта.

Для каждого проекта выбирается своя форма финансирования либо их совокупность. Каждый отдельный проект требует анализа и выбора оптимального метода финансирования еще до начала его выполнения. Существуют многообразные пути финансирования проектов, программ и портфелей.

Стоимость проекта определяется ресурсами, необходимые для осуществления работ проекта. На данном шаге определяется их перечень и количество, требуемые для выполнения работ проекта. Основой для выполнения этой работы служит разработанная ранее иерархическая структура работ. Практический смысл этого шага проектирования состоит в том, чтобы учесть все необходимые ресурсы, правильно оценить и распределить их. Ресурсами, планируемыми в проекте, являются ресурсы материально-технические и человеческие. К материально-техническим ресурсам относят сырье, материалы, конструкции, комплектующие, энергетические ресурсы, топливо, машины, механизмы, оборудование и пр.

В процессе планирования ресурсов также определяется организационная политика в отношении ресурсов, например, порядок закупок, найма персонала, отношения с поставщиками. Эти факторы также оказывают влияние на стоимость проекта. Разрабатывается система требований к ресурсам, например, квалификация рабочих, качество металла, сроки транспортировки и т.д.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-П3

- введение в действие системы управления стоимостью и финансированием в проекте.
- распределение функциональных обязанностей и ответственности в соответствии с планом управления стоимостью и финансированием в проекте.
- формирование отчетности о состоянии стоимости и финансирования проекта.

Анализ состояния и регулирование проекта по стоимостным параметрам состоит из следующих действий

- анализ отклонений стоимости выполненных работ от сметы и бюджета; анализ различных факторов, влияющих на позитивные и негативные отклонения.
- принятие решений о регулирующих воздействиях.
- прогнозирование состояния выполнения работ проекта по стоимости.

По мнению Куправы Т., процесс управления стоимостью проекта, который описан именно как анализ состояния и регулирования проекта по стоимостным параметрам по терминологии НТК, заключается в регулировании факторов, влияющих на стоимость

- в анализе отклонений, выявлении фактов изменения и фактическом изменении базового плана по стоимости как документально, так и корректирующими воздействиями на участников проекта.
- в сборе и актуализации данных об исполнении в программе календарного планирования.

Руководитель проекта должен обеспечить контроль и составить отчетность по фактическому использованию ресурсов (счета подрядчиков, учет отработанного времени и т.д.). Стоимость любого изменения в проекте должны быть подсчитана, согласована и зафиксирована документально.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ 14

## **2. Прогнозирование стоимости и производительности проектов в среде matlab**

### **2.1. Обоснование и выбор метода прогнозирования и среды разработки**

#### **Составление сметы**

Сметная стоимость, определяемая в составе сметной документации, является основой для планирования капитальных вложений, финансирования строительства, расчетов за выполненные подрядные работы, оплаты расходов по приобретению оборудования и доставке его на стройки, а также возмещения других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным расчетом.

Основанием для определения сметной стоимости служат

- Решение заказчика и контракт на составление сметной документации.
- Спецификации и ведомости на оборудование, основные решения по организации производства и очередности строительства, принятые в ПОС и ППР , пояснительная записка к проекным материалам.
- Проект и рабочая документация, включая чертежи, ведомости объемов строительных, монтажных, ремонтно-строительных и других видов работ.
- Решения и постановления органов государственного управления.
- Действующие сметные нормативы (в том числе ресурсные), а также отпускные цены на транспортные расходы, оборудование, материалы.

Основная сметная документация, как правило, обязательная для всех рабочих проектов, служит для определения сметной стоимости строительства проектируемых предприятий, зданий, сооружений и их очередей. Она состоит из локальных смет (локальных сметных расчетов), объектных смет (объектных сметных расчетов), сметных расчетов на отдельные виды затрат, сводного сметного расчета стоимости строительства, сводок затрат, ведомости договорной цены и др.

Локальные сметы являются первичными сметными документами и составляются на отдельные виды работ и затрат по зданиям и сооружениям или по общеплощадочным работам на основе объемов. Определенных при разработке рабочего проекта, рабочей документации (рабочих чертежей).

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	15
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

## **2.2. Подбор наилучшей модели искусственной нейронной сети для прогнозирования стоимостных показателей проектов объектов**

### **2.2.1. Программная среда**

Для решения задач прогнозирования существует множество программных продуктов, но все они имеют определенные недостатки, которые препятствуют широкому применению нейросетевых программ для решения задач прогнозирования в небольших организациях.

Продукты NeuroSolutions, NeuralWorks Predict, Alyuda Forecaster являются нерусифицированными и к тому же распространяются по относительно высокой цене.

MATLAB (сокращение от англ. «*Matrix Laboratory*», в русском языке произносится как Матлаб) — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете. Пакет признали и используют более миллиона инженерных и научных работников, он работает на большинстве современных операционных систем, включая Linux, Mac OS, Solaris (начиная с версии R2010b поддержка Solaris прекращена) и Windows.

### **2.2.2. Нейронная модель**

#### **2.2.2.1. Теоретическое обоснование**

NNTool – графический интерфейс для работы с нейронными сетями пакета Matlab позволяет выбирать структуры НС из обширного перечня и предоставляет множество алгоритмов обучения для каждого типа сети.

Изучены вопросы, относящиеся к работе с NNTool

- назначение графических управляющих элементов
- подготовка данных.
- создание нейронной сети.
- обучение сети.
- прогон сети.

Иzm.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	25

9.	Linear layer (train)	Линейный слой (обучение)	1	IW{1, 1}, b{1}
10.	LVQ	Сеть для классификации входных векторов	2	IW{1, 1}, LW{2, 1}
11.	Perceptron	Персептрон	1	IW{1, 1}, b{1}
12.	Probabalistic	Вероятностная сеть	2	IW{1, 1}, b{1}, LW{2, 1}
13.	Radial basis (exact fit)	Радиальная базисная сеть с нулевой ошибкой	2	IW{1, 1}, b{1}, LW{2, 1}
14.	Radial basis (fewer neurons)	Радиальная базисная сеть с минимальным числом нейронов	2	IW{1, 1}, b{1}, LW{2, 1}, b{2}
15.	Self-organizing map	Самоорганизующаяся карта Кохонена	1	IW{1, 1}

С помощью клавиши "Вид" (View) можно увидеть архитектуру создаваемой сети Рисунок 12. Так, мы имеем возможность удостовериться, все ли действия были произведены верно. На рисунке 12 изображена персептронная сеть с выходным блоком, реализующим передаточную функцию с жёстким ограничением. Количество нейронов в слое равно одному, что символически отображается размерностью вектора-столбца на выходе слоя и указывается числом непосредственно под блоком передаточной функции. Рассматриваемая сеть имеет два входа, так как размерность входного вектора-столбца равна двум.

### **3. Разработка программно-алгоритмического обеспечения**

#### **3.1. Разработка структуры и модулей программы**

Прогнозирование системы осуществляется в компьютерной системе MATLAB, в частности, речь идет о версии программы MATLAB.

Система состоит из нескольких логических блоков. Они представляются отдельным сценарием в среде MATLAB и каждый сценарий обеспечивает определенную функциональность системы. О запуске отдельных компонентов заботится главный сценарий run\_scripts.m. Вся система имеет следующие функциональные компоненты

- модуль для загрузки данных,
- модуль для создания модели нейронной сети,
- модуль для подготовки данных для обучения,
- модуль для развития и моделирования сети,
- модуль для извлечения результатов обучения и моделирования нейронной сети.

Рассмотрим подробнее данные модули

##### **3.1.1. Модуль загрузки данных**

Функциональность для загрузки данных, на которых будет проводиться обучение, обеспечивает скрипт download\_data.m. На своем входе скрипт download\_data.m ожидает от пользователя ввода параметров. Если эти параметры не заданы пользователем, то выбираются значения по умолчанию.

Для запуска модуля формирования нейронной сети необходимо в командной строке программы matlab ввести команду nnstart рисунок 21.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	36

- В качестве входных параметров применялись следующие данные
- Данные о используемых комплектующих.
  - Применяемые инструменты и оборудование.
  - Расходные вспомогательные материалы.
  - Исполнители работ (рабочие и их квалификация).
  - Условия выполнения работы (климатические условия, почва, глубина бурения, строящийся объект).
  - Объем финансирования и сроки поступления денег.
  - Характеристики воды (расход, давление, качество), потребность в водоподготовке.
  - Характеристика сложности строительного проекта.
  - Параметры обследования исходного состояния объекта.
  - Заданный ключевой критерий работ (минимальный срок).
  - Характеристики водопотребления (расход воды на людей, на технологию, пожаротушение, полив, расположение источника воды, расположение объекта строительства).
  - Требования по энергопотреблению, по эксплуатационным расходам, надежности системы водоснабжения.
  - Риски.

### **3.1.2. Обучение сети**

Этот компонент является основным ядром системы. Это итоговая созданная модель нейронной сети, который обучается на выбранных данных, а затем может быть проведено моделирование сети для того, чтобы предсказать развитие временного ряда.

Модель искусственной нейронной сети создается в MATLAB с использованием таких инструментов как Neural Network Time Series Tool (получить к ним доступ можно, введя ntstool в командной строке в MATLAB). Используемый пакет ntstool для создания модели нейронной сети обеспечивает две архитектуры нейронных сетей, используемых для прогнозирования временных рядов. Это, во-первых, нелинейная авторегрессионная модель,

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ

## **3.2 Эксперименты с моделями нейронных сетей**

В этой части работы будет описание проведенных экспериментов с конкретными конфигурациями моделей нейронных сетей и оценки их результатов. Испытываться будут две архитектуры сетей, во-первых, архитектура NAR, а также архитектура NARX (с другим внешним входом). У каждого из них будут проверены разное число нейронов, входных задержки, с тем чтобы найти наиболее подходящую комбинацию для решения поставленной проблемы.

### **3.2.1. Критерии выбора подходящей модели**

Первым критерием для определения эффективности модели нейронной сети для расчета среднеквадратичной ошибки - MSE. Таким образом, задача заключается, чтобы найти такую комбинацию параметров нейронной сети, чтобы ошибка, MSE была как можно ниже.

Поиск самой низкой ошибки MSE выполняется с использованием ранее описанного сценария `run_scripts.m`, который последовательно в цикле `for` запускает все модели сетей с выбранным количеством нейронов и задержки.

Для каждой конфигурации модели было сделано несколько тренировочных опытов и на их основе был получен рейтинг самых успешных моделей. Успешной моделью в данном контексте является та, которая достигла самой низкой ошибки MSE.

### **3.2.2. Эксперименты с моделью NAR**

В этой главе дан процесс обучения и моделирование одной конкретной выбранной модели NAR. Эта модель имеет на входе только один временной ряд с историческими значениями данных.

#### **Обучение модели NAR**

Используемая сеть состояла из десяти нейронов первого скрытого слоя и из одного нейрона в выходном слое. Задержка значений на входе была установлена на два шага. Как выглядит структура для этой модели показано на рисунке 31.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	44
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

15	4	4,7	81,58
20	5	4,6	81,73
30	5	15,6	81,79

Очевидно, что более низкая ошибки MSE достигалась в моделях с большим числом нейронов. Важную роль играет также параметр задержки. Большое количество нейронов в сети привело к более длительному периоду обучения, тем не менее увеличение этого времени не является слишком выраженным.

### 3.2.4. Эксперименты с моделью NARX

Основным отличием при тестировании моделей NARX по сравнению с экспериментов с моделью NAR было передача дополнительных временных рядов на вход сети. Кроме исторических временных рядов были использованы временные ряды следующих индикаторов технического анализа

- Бюджет проекта.

Для каждой конфигурации модели сети всегда были использованы в данном эксперименте только один из выше перечисленных индикаторов. Хотя на вход сети можно подключать несколько входных технических индикаторов, но в результате этого шага вы уже должны быть готовы в многих случаях скорее, к обратным результатам и в то же время значительному увеличению времени обучения сети и поиска идеальной модели сети.

### 3.2.5. Обучения модели NARX

В этом разделе будет описан пример конкретной тренировки выбранной NARX сети. Чтобы было легче интерпретировать результаты, по сравнению с предыдущим экспериментом с моделью NAR, использованы те же исходные данные.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ

### 3.2.6. Результаты тренировок модель NARX

В рамках изучения модели NARX было сделано более 12 000 тренировочных серий, в течение которых эта модель обучалась с различными комбинациями установленных параметров - числа нейронов, задержки и технического индикатора. Полученные результаты тренировок были затем проанализированы и ранжированы в соответствии с достигнутой производительностью (размер ошибки MSE). В таблице 7 перечислено десять моделей, которые достигли лучших результатов.

Таблица 7 – результаты тренировки модели NARX.

Индикатор	Количество нейронов	Задержка	Время обучения (с)	MSE
MA7	8	5	4,12	5,939
MA7	15	5	24,22	5,948
MA7	14	5	19,73	5,982
MA7	17	5	33,05	6,052
MA7	9	5	6,91	6,072
MA7	10	5	23,78	6,16
MA7	13	5	4,18	6,459
MA7	20	5	35,781	6,509
MA7	11	5	3,941	6,641
MA7	6	5	6,741	6,646

## **4.2. Факторы, влияющие на прогнозирование стоимости проекта по снабжению питьевой водой**

Прогнозирование - это, оценка и расчет стоимости всех работ, связанных с проектом и его компонентами (материалами, оборудованием и т.д.). Данный прогноз учитывает потенциальные причины, по которым смета расходов может варьироваться.

Было выявлено несколько факторов, которые влияют на стоимость: тип почвы: песок или кальцит; компания-инвестор: частный или государственный сектор; тип и высота фундамента; сырье (источник цемента — железа).

Факторами которые увеличивают стоимость проекта являются: доставка материалов (удаленность объекта); характеристики воды (расход, давление, качество); потребность в водоподготовке; прочие расходные материалы; срок исполнения проекта (минимальный срок).

Основными требованиями при прогнозировании проекта являются: энергопотребление; эксплуатационные расходы, надежность системы водоснабжения.

Характеристиками водопотребления являются: расход воды на людей и оборудование; пожаротушение; полив; удаленность источника воды от объекта строительства.

В ходе строительства могут возникнуть следующие риски: сложности строительного проекта, объем финансирования и нарушение сроков финансирования.

Прочие факторы влияющие на стоимость строительства, не были учтены при прогнозировании: стоимость сноса изношенного здания; стоимость переноса; стоимость копки и передача грунта.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	58
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

### **4.3. Расчет стоимости проекта водоснабжения в Тюменской области индустриальный парк Богандинский, путем использования искусственных нейронных сетей (вручную)**

Целью изучения нейронной сети вручную является понимание, как работает сеть и как преводить её обучение.

Мы спрогнозируем стоимость проекта по снабжению питьевой водой **индустриальный парк Богандинский** Тюменской области и рассмотрим основные данные проекта, которые должны основываться на сметной стоимости строительных работ. Вначале мы вводим входные параметры сети, Далее мы обучаем сеть. Основной задачей проекта по изучению нейронной сети вручную является достижение правильных весов и конечного результата, что требует более длительного времени, для этого мы меняем веса в соответствии со средним значением и с использованием  $\alpha$ -Скоростного обучения.

Мы вводим параметры сети, которые являются факторами, влияющими на проекты водоснабжения, и имеют входы в нейронную сеть. Сетевые выходы - стоимость проекта без учета коэффициента сметы.

Входом параметров для нейронной сети являются факторы, проекта водоснабжения: данные о используемых комплектующих; расходные вспомогательные материалы; средства на оплату труда; сметная трудоемкость; строительные работы; затраты труда рабочих, чел.-ч).

Таблица 8 – Значение Входные параметры нейронной сети.

Вход параметр $X_1.....X_7$
895862.61
2674794.8
11494721.57
9659384.5
4211815
4957833
6495765

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	59
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

#### **4.4. Расчет стоимости проекта водоснабжения путем нейронной сети в среде matlab**

Расчет производится с минимальным количеством информации, по причине сложности сбора реальных данных для проекта и их числа (20), в связи с этим значения для сетевых данных (входов и выходов) предположительные.

Целью исследований является, расчет стоимости проекта водоснабжения и анализ работы нейронной сети. А так же проанализировать, являются ли данные виртуальными или реальными.

Наша цель - получить прогнозируемый результат путем изучения нейронной сети с помощью данных проекта и их внедрению в Matlab.

Нейронные сети ведут обработку только цифровых данных, а на практике мы применяем множество нецифровой информации. Все данные должны быть закодированы в числовой формат. есть много способов сделать это, некоторые из них предназначены для изучения нейронной сети.

В этом исследовании данные являются текстовыми и числовыми, поэтому кодируется только числовым или целым числом в соответствии с таблицей 12.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	67
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

#### 4.5. Экономическое обоснование необходимости создания искусственной нейронной сети

Для организации, внедряющей информационные системы, источником экономии может выступать дополнительно принесенная прибыль или экономия на затратах. Предполагается, что внедрение системы повлечет за собой значительную экономию средств предприятия за счет уменьшения трудоемкости процессов обработки и использования данных, что приводит к повышению производительности труда и экономии расходов за счет возможного сокращения численности персонала. Экономия расходов за счет повышения производительности труда определяется как разность в годовых приведенных затратах по базовому ( $C_0$ ) и предлагаемому вариантам ( $C_1$ )

$$\mathcal{E}_{yr} = C_1 - C_2 \quad (1)$$

где  $C_1$  – годовые приведенные затраты в базовом периоде (при использовании ручного труда), рублей.

$C_2$  – годовые приведенные затраты в отчетном периоде (после внедрения программного продукта), рублей.

Для разрабатываемого проекта расчет экономической эффективности производится, исходя из следующих условий

- Строительная компания снижает затраты на проектные работы в части подготовки смет и прохождения экспертизы на 15%. При стоимости проекта 4 млн. рублей экономия для строительной компании составит 0,6 млн. рублей.

- Стоимость доступа к расчетной системе составляет 0,01 млн. рублей – дополнительные затраты строительной компании за доступ к расчетной программе и дополнительные издержки в размере 0,01 млн. рублей на сотрудника, работающего по выполнению расчетов.

На одном проекте строительной компанией будет сэкономлено 0,58 млн. рублей.

Для компании – разработчика системы расчета на основе нейронной сети доход от расчета одного проекта составит 0,01 млн. рублей.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	78
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ	

При заказах расчета для 300 проектов в год выручка составит 3 млн. рублей в год.

– годовые текущие затраты до внедрения автоматизированной системы,  $C_1 = 13274764,05$  рублей; годовые текущие затраты после внедрения системы,  $C_2 = 7964858,43$  рублей.

– горизонт расчета принимается, исходя из срока использования разработки,  $T = T_h = 4$  года.

– шаг расчета равен одному году,  $t = 1$  год.

– капитальные вложения равны затратам на создание системы,  $K = C = 74091,25$  рублей.

– норма дисконта равна норме дохода на капитал,  $E = 12\%$ .

Т.е. из выше приведенных данных следует, что экономия средств за счет использования информационной системы равна

$$\mathcal{E}_{yr} = 13274764,05 - 7964858,43 = 5309905,621 \text{ руб.}$$

Исходя из расчетов можно заключить, что создание информационной системы на основе искусственной нейронной сети является экономически выгодным и перспективным инновационным проектом.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата

## **Заключение**

Данная работа посвящена созданию искусственной нейронной сети для прогнозирования стоимости проектов сети питьевой воды. В ходе работы с помощью программы Matlab создана и обучена нейронная сеть. Работа состоит из введения, заключения и четырех глав.

Первая глава посвящена обзору научно-технической литературы и анализу состояния проблемы. Во второй главе рассматривается прогнозирование стоимости и производительности проектов в среде Matlab и сравнение с возможностями других средсв. Задачей является разработка программного продукта для прогнозирования стоимостных показателей проектов с использованием нейронных сетей. Разрабатываемая программа предназначена для получения прогнозов на основе обученных искусственных нейронных сетей. В третьей главе описано создание и обучение искусственной нейронной сети для прогнозирования стоимости проектов сети питьевой воды. Во время экспериментов была опробована большое количество конфигураций моделей NAR и NARX и были достигнуты очень разнообразные результаты. В принципе, можно сказать, что оба типа моделей используются при прогнозировании стоимости создания сети водопроводов. Тем не менее, успешность и применимость различных моделей для данного конкретного случая зависит от большого количества факторов. Успех модели зависит от ее конфигурации, в основном выбранного количества нейронов. Для прогнозирования стоимости строительства водопровода, таким образом, больше зарекомендовала себя модель NARX. В четвертой главе «Расчет стоимости проекта водоснабжения путем нейронной сети». Для данного проекта изучаются факторы, влияющие на проекты водоснабжения и расчет затрат. Затем осуществляется прогнозирование расчета искусственных нейронных сетей в Матлаб (Среда Matlab позволяет создать модель расчета стоимости работ) и экономическое обоснование необходимости создания искусственной нейронной сети.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	AC-279-08.04.01-2018-305-260-П3	80

## Список использованных источников

1. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. Самоучитель. — Пресс, 2005. — 464 с.
2. Википедия – свободная энциклопедия. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wikipedia.org> (дата обращения: 15.03.2018).
3. ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств [Текст]. – Введ. с 01.07.90. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 30 с.
4. Громова, Н. М. Основы экономического прогнозирования [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Громова, Н. И. Громова. – М.:Академия Естествознания, 2007. – 112 с.
5. Джон Г. Мэтьюз, Куртис Д. Финк. Численные методы. Использование MATLAB = Numerical Methods: Using MATLAB. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2001. — 720 с.
6. Дьяконов В. П. MATLAB 5 - система символьной математики. — М.: «Нолидж», 1999. — 640 с.
7. Дьяконов В. П. MATLAB 6.0/6.1/6.5/6.5+SP1 + Simulink 4/5. Обработка сигналов и изображений. Полное руководство пользователя. — М.: «СОЛОН-Пресс», 2005. — 592 с.
8. Дьяконов В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. Основы применения.Полное руководство пользователя. — М.: «СОЛОН-Пресс», 2003. — 576 с.
9. Дьяконов В. П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения.Полное руководство пользователя. — М.: «СОЛОН-Пресс», 2002. — 768 с.
10. Дьяконов В. П. Simulink 4. Специальный справочник. — СПб «Питер», 2002. — 528 с.
11. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике. Полное руководство пользователя. Изд-е 2-е переработанное и дополненное. — М.: «СОЛОН-Пресс», 2004. — 400 с.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ

12. Дьяконов В. П. Компьютерная математика. Теория и практика. — СПб «Питер», 1999,2001. — 1296 с.
13. Дьяконов В. П. Справочник по применению системы РС MATLAB. — М.: «Физматлит», 1993. — 112 с.
14. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник. — СПб «Питер», 2002. — 608 с.
15. Дьяконов В. П., Круглов В. В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. — СПб «Питер», 2002. — 448 с.
16. Интернет-магазин программного обеспечения SoftLine: официальный сайт компании ЗАО «СофтЛайн Трейд». – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://store.softline.ru/> (дата обращения: 25.02.2013).
17. Курбатова Е. А. MATLAB 7. Самоучитель. — М.: «Диалектика», 2005. — 256 с.
18. Махотило, К.В. Разработка методик эволюционного синтеза нейросетевых компонентов систем управления // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Харьков.: ХГПУ, 1998. – 179 с.
19. Медведев, В.С., Потемкин, В.Г. Нейронные сети Matlab 6 / под общ. ред. к.т.н. В. Г. Потемкина. – М.:Диалог-МИФИ, 2002. – 496 с.
20. Некипелов, Н. Введение в РБФ-сети. – 2013 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/neural/rbf/> (дата обращения: 18.03.2013).
21. Оленев Н. Н., Печенкин Р. В., Чернецов А. М. Параллельное программирование в МАТЛАБ и его приложения. — М.: ВЦ РАН, 2007. — 120 с.
22. Оленев Н. Н. Параллельные вычисления в МАТЛАБ при моделировании экономики // II Всероссийская научная конференция с молодежной научной школой «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ЭКОНОМИКИ», посвященная 90-летию со дня рождения академика Н.Н.Моисеева : сборник трудов. — Киров: ВятГУ, 2007. — С. 159-173.

Изм.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист
					AC-279-08.04.01-2018-305-260-ПЗ 82