

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра инженерной психологии и эргономики

В. С. Осипович, В. В. Егоров, А. Л. Раднёнок

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники в качестве пособия для специальности
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии
(по направлениям)» направления специальности
1-40 05 01-09 «Информационные системы и технологии
(в обеспечении промышленной безопасности)»*

Минск БГУИР 2020

УДК [004.056.5+654.9](076.5)
ББК 32.972.5я73+38.96я73
О-74

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра инфокоммуникационных технологий учреждения образования
«Белорусская государственная академия связи» (протокол №6 от 20.12.2018);
заведующий отделом интеллектуальных информационных систем
государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем
информатики Национальной академии наук Беларуси»
кандидат технических наук А. М. Белоцерковский

Осипович, В. С.

О-74

Проектирование информационных систем промышленной безопасности. Лабораторный практикум : пособие / В. С. Осипович, В. В. Егоров, А. Л. Раднёнок. – Минск : БГУИР, 2020. – 99 с. : ил.
ISBN 978-985-543-525-0.

Содержит 14 лабораторных работ, включающих теоретическую часть, методические указания по выполнению и задания с вариантами.

**УДК [004.056.5+654.9](076.5)
ББК 32.972.5я73+38.96я73**

ISBN 978-985-543-525-0

© Осипович В. С., Егоров В. В.,
Раднёнок А.Л., 2020
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа №1 Ознакомление с основными принципами бизнес-моделирования системы Business Studio	5
Лабораторная работа №2 Проектирование системы целей и показателей.....	13
Лабораторная работа №3 Контроль выполнения показателей	17
Лабораторная работа №4 Организационная структура предприятия	24
Лабораторная работа №5 Моделирование бизнес-процессов. Нотация IDEF0	28
Лабораторная работа №6 Моделирование бизнес-процессов. Нотации Процесс и Процедура	32
Лабораторная работа №7 Моделирование бизнес-процессов. Нотация EPC.....	38
Лабораторная работа №8 Функционально-стоимостный анализ и имитационное моделирование	43
Лабораторная работа №9 Метод взвешивания экспертных оценок.....	50
Лабораторная работа №10 Принципы решения неструктуризованных проблем. Поиск наилучшей альтернативы на основе принципа Кондорсе.....	62
Лабораторная работа №11 Однослойная нейронная сеть	66
Лабораторная работа №12 Однослойная нейронная сеть с классификацией	72
Лабораторная работа №13 Многослойная нейронная сеть	84
Лабораторная работа №14 Исследование персептрона	94
Литература.....	98

ВВЕДЕНИЕ

В промышленной безопасности для полноценного функционирования информационных систем важной составляющей является возможность управления системой. В качестве параметров управления могут выступать цели, показатели, структура системы, различные процессы. Очень важно спроектировать систему целей, позволяющую детерминировать целевое назначение информационной системы и разработать необходимые меры для достижения целей. Управление показателями позволяет рассматривать динамику системы. Проектирование структуры системы позволяет назначить исполнителей и разграничить ответственности. Для достижения целей промышленной безопасности необходимо разрабатывать процессы и процедуры мероприятий охраны труда. Также для обеспечения промышленной безопасности необходимо обладать навыками в построении прогностических моделей. Это позволит вовремя и с наименьшими затратами предотвратить и предупредить аварийные ситуации и несчастные случаи при функционировании информационной системы. Различные методы оценки позволяют выбрать необходимое направление развития системы с обоснованием в виде количественных показателей.

Данное пособие содержит лабораторные работы, среди них восемь – рассматривают способы управления системой целей, показателей, структурой системы с помощью среды Business Studio, две – рассматривают методы оценки, а именно метод экспертных оценок и оценки альтернатив по принципу Кондорсе, четыре – включают в себя основы нейронных сетей, позволяющие строить прогностические модели.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ОСНОВНЫМИ ПРИНЦИПАМИ БИЗНЕС-МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ BUSINESS STUDIO

Цель работы: изучить основные возможности применения программного продукта Business Studio, научиться производить описание предприятия с учетом промышленной безопасности.

Теоретические сведения

Business Studio является инструментом для построения эффективной системы управления компанией. Все элементы бизнес-архитектуры, спроектированной с помощью Business Studio, логически увязаны друг с другом: от стратегических целей до должностных инструкций конкретных исполнителей. Business Studio дает компаниям следующие возможности:

1) Формализовать свою стратегию, спустить ее до уровня исполнителей и контролировать ее выполнение.

2) Спроектировать бизнес-процессы и провести их оптимизацию по времени и стоимости.

3) Распределить полномочия и ответственность между организационными единицами компании, спроектировать организационную структуру и провести расчет необходимого количества специалистов для выполнения бизнес-процессов.

4) Автоматически осуществлять формирование регламентирующих документов, вследствие чего минимизируется время между изменением бизнес-процессов и предоставлением сотрудникам организации актуальных документов. Это особенно важно для организаций, которые провели внедрение СМК (системы менеджмента качества) ISO 9001.

5) Создать внутренний портал компании на основе Business Studio Portal или HTML-публикации, содержащий пакет регламентирующих документов и управленческих отчетов.

Построение системы управления с помощью Business Studio позволит:

1) Повысить прозрачность компании: после применения Business Studio становится известно, в чем состоит и как осуществляется деятельность компании. Место каждого подразделения в организационной структуре обосновано. Правильность выполнения процессов измеряется с помощью набора ключевых показателей эффективности, а ответственность за их выполнение персонифицирована.

2) Увеличить рыночную стоимость бизнеса: использование системы бизнес-моделирования положительно влияет на показатели стоимости бизнеса. Так как существует подробная модель бизнеса, то владельцы и внешние инвесторы и акционеры могут быть уверены в его долгом стабильном существовании и развитии. Это предоставляет компании дополнительные преимущества при осуществлении сделок по слиянию, поглощению, продаже бизнеса, выходу на первичное публичное предложение, привлечению инвестиций.

3) Ускорить достижение стратегических целей: компания имеет четко сформулированную стратегию, с которой ознакомлены сотрудники. Регулярный контроль позволяет на ранней стадии зафиксировать отклонения на пути достижения целей, поэтому корректирующие мероприятия проводятся своевременно.

4) Снизить затраты и длительность бизнес-процессов: за счет наличия формализованных бизнес-процессов и четких инструкций сокращаются убытки от неправильных действий сотрудников и увеличивается производительность труда. Применение современных методов оптимизации бизнес-процессов – имитационного моделирования и функционально-стоимостного анализа – позволяет получить бизнес-процессы с требуемыми затратами и временем их выполнения.

5) Сохранить знания о правилах выполнения бизнес-процессов при потере ключевых сотрудников: с помощью Business Studio создается база знаний о правилах выполнения бизнес-процессов, что позволяет в случае ухода ключевого сотрудника быстро передать его функционал новому работнику.

6) Минимизировать время обучения новых сотрудников: не требуется многочасовой инструктаж и надзор в первые недели работы – всю необходимую информацию о выполнении своих обязанностей новый сотрудник получает из базы знаний, находящейся на Business Studio Portal.

7) Разгрузить руководителей от «текучки» и предоставить им возможность заниматься стратегическими задачами: с появлением формализованных бизнес-процессов руководителю больше не требуется тратить время на разрешение стандартных ситуаций – работа сотрудников в этих ситуациях четко регламентирована, поэтому они допускают меньше ошибочных действий, для исправления которых необходимо участие руководителя.

8) Снизить трудоемкость работ по проектированию и совершенствованию системы управления: Business Studio – удобный рабочий инструмент проектирования бизнес-архитектуры. Простая среда моделирования, возможность автоматического создания регламентирующих документов и формирования базы знаний компании позволяют значительно экономить ресурсы.

Интерфейс среды Business Studio состоит из множества элементов, одним из важнейших является навигатор (рисунок 1.1).

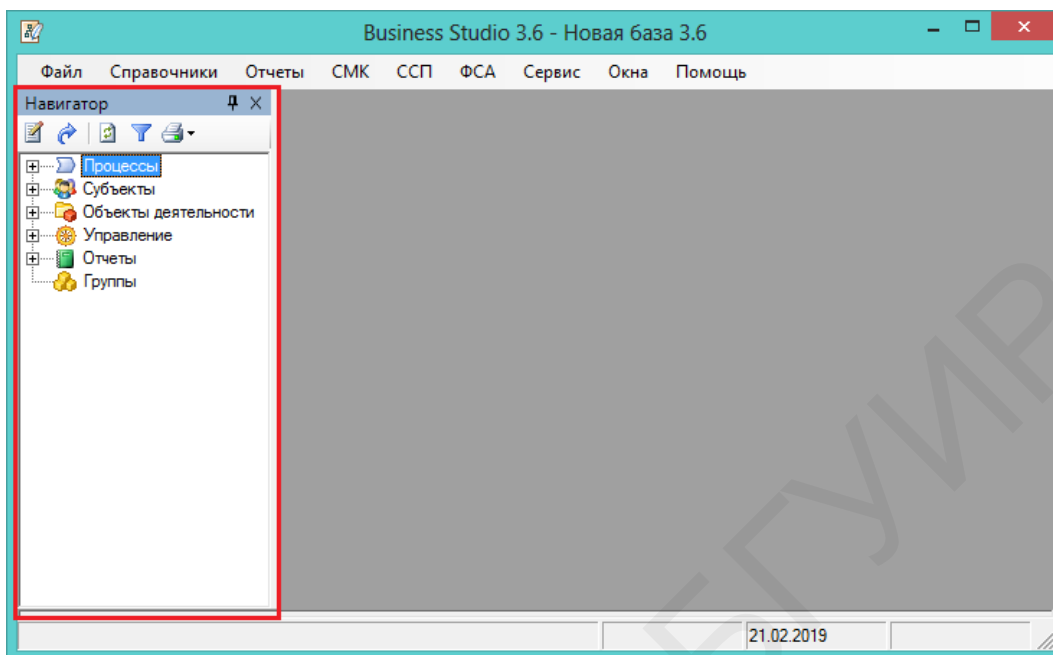


Рисунок 1.1 – Навигатор среды Business Studio 3.6

В навигаторе среды Business Studio также существуют различные варианты отчетов, которые можно просмотреть, вызвав соответствующий пункт меню навигатора «Отчеты» (рисунок 1.2).

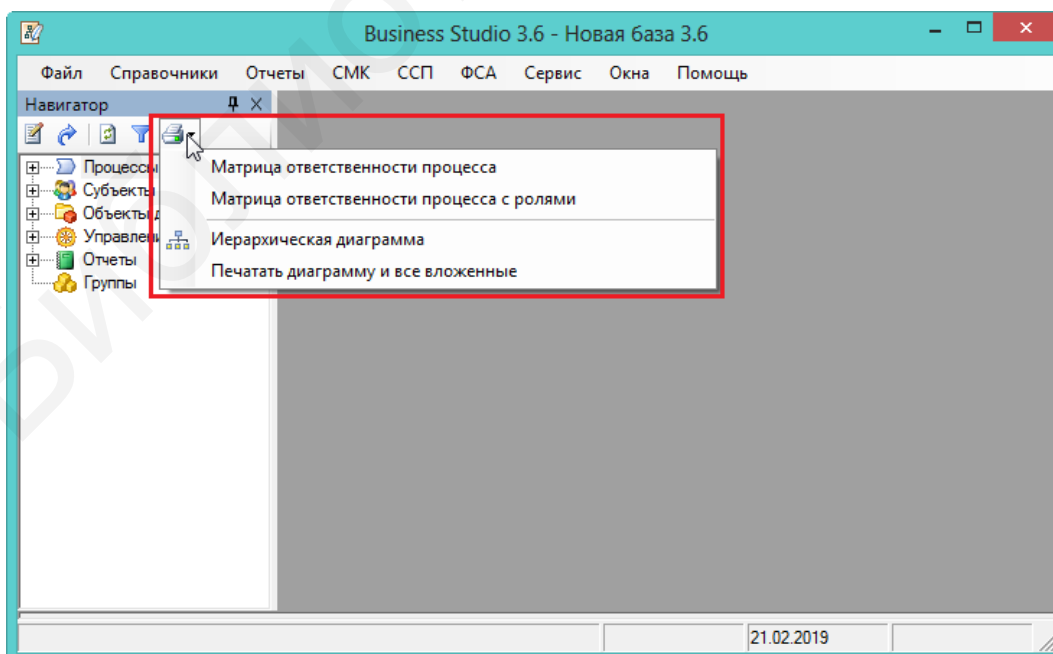


Рисунок 1.2 – Меню «Отчеты» в навигаторе главного окна Business Studio 3.6

Модификация объектов в среде Business Studio осуществляется через основную рабочую область среды (рисунок 1.3).

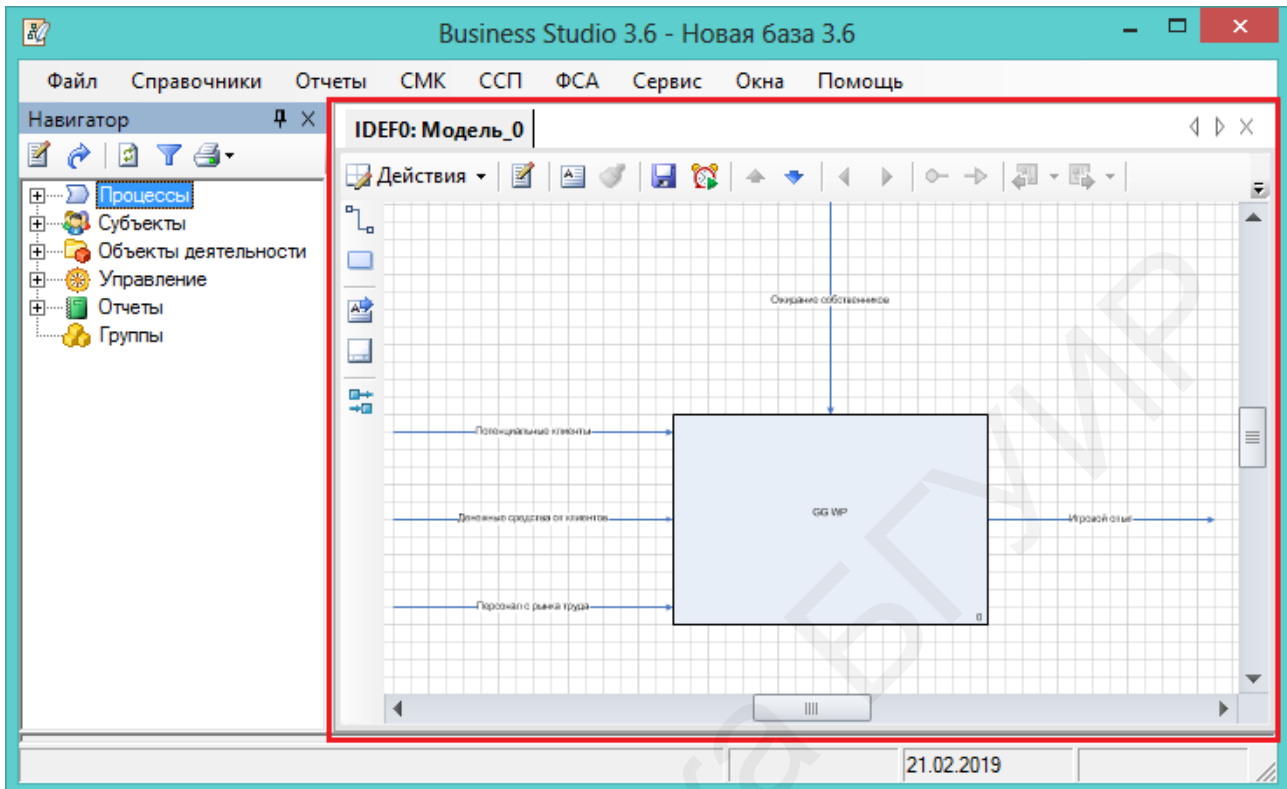


Рисунок 1.3 – Основная рабочая область среды Business Studio 3.6

Порядок выполнения лабораторной работы

Для выполнения работы необходимо:

- 1) Представить описание предприятия по критериям, предоставленным в таблице 1.1, согласно вашему варианту (таблица 1.4).

Таблица 1.1 – Описание предприятия

Критерий	Краткая характеристика
Наименование фирмы	<i>Дать название компании/предприятия/фирмы</i>
Направление деятельности	<i>Сформулировать направление деятельности компании/предприятия/фирмы</i>
Продукт/услуга	<i>Указать продукты/услуги, предоставляемые компанией/предприятием/фирмой</i>

Продолжение таблицы 1.1

Критерий	Краткая характеристика
Потребитель	Указать основных потребителей производимых продуктов или услуг
География	Указать географическую локализацию компании/предприятия/фирмы (локальная, региональная, республиканская, международная или др.)

2) Дать характеристику опасным и вредным производственным факторам, которые присутствуют в компании/предприятии/фирме, согласно таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Опасные и вредные производственные факторы

Фактор	Количественный показатель	
	Предельно допустимое значение	Фактическое значение
<i>Физические</i>		
Уровень напряжения в электрической цепи		
Уровень рентгеновского излучения		
Уровень ультрафиолетового излучения		
Уровень инфракрасного излучения		
Уровень статического электричества		
Концентрация запыленности воздуха		
Концентрация тяжелых аэроионов (+)		
Уровень яркости света		
Уровень пульсации светового потока и т. д.		
<i>Химические</i>		
Концентрация углекислого газа		
Концентрация озона		
Концентрация аммиака		

Продолжение таблицы 1.2

Фактор	Количественный показатель	
	Предельно допустимое значение	Фактическое значение
Концентрация фенола		
Концентрация формальдегида и т. д.		
<i>Психофизиологические</i>		
Напряжение зрения		
Напряжение памяти		
Напряжение внимания		
Длительное статическое напряжение		
Большой объем информации, обрабатываемый в единицу времени		
Монотонность труда		
Нерациональная организация рабочего места и т. д.		
Примечание – Вредные и опасные производственные факторы привести в соответствии с выданным вариантом.		

3) Перечислить опасные производственные объекты (ОПО) на территории компании/предприятия/фирмы (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Опасные производственные объекты

Опасный производственный объект	Характеристика
...	

4) Разработать организационную структуру предприятия с использованием Business Studio.

Варианты заданий

Таблица 1.4 – Варианты заданий

Вариант	Название предприятия
1	ОАО «Нафтан»
2	ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-Холдинг»
3	ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
4	ООО «Сталинвест Дистрибуция» – сталелитейное производство
5	ООО «Торговая компания «КИТРЕЙД» – горнодобывающее, обогатительное оборудование
6	ПО «Белоруснефть» – сеть автозаправок
7	ОАО «Управляющая компания холдинга «Белавтодор»
8	ОАО «Беларуськалий»
9	ОАО «Минский тракторный завод»
10	ОАО «Бумажная фабрика «Спартак»
11	СООО «Древпромвест» – деревообрабатывающее предприятие
12	ОАО «Интеграл» – управляющая компания холдинга «Интеграл»
13	ОАО «Белшина»
14	ООО «Акцепт Пласт»
15	Холдинг «Горизонт» – управляющая компания холдинга «Горизонт»
16	ООО «Машхимпром» – изготовление, монтаж металлоконструкций
17	ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод»
18	ОАО «Витебсклес» – дереводобывающее предприятие
19	ОАО «МАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ»
20	Концерн «Белнефтехим» – белорусский государственный концерн по нефти и химии
21	ОАО «Лента» – текстильная промышленность
22	ОАО «Минский завод строительных материалов»
23	ОАО «Брестгазоаппарат»
24	ЗАО «Атлант»

Продолжение таблицы 1.4

Вариант	Название предприятия
25	ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш»
26	ОАО «Электроаппаратура»
27	ООО «ПентоПолимер»
28	ОАО «Минский завод гражданской авиации»
29	ОАО «Белорусское оптико-механическое объединение»
30	ОАО «Белсельэлектросетьстрой»

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Описание компании/предприятия/фирмы (см. таблицу 1.1).
- 3) Описание вредных и опасных факторов (см. таблицу 1.2).
- 4) Опасные производственные объекты (см. таблицу 1.3).
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

1) Перечислите основные задачи в области промышленной безопасности, решаемые с помощью программы Business Studio.

2) Назовите цели мероприятий по охране труда, для которых определяется набор показателей (KPI).

3) Раскройте основные принципы охраны труда, по которым осуществляется проектирование организационной структуры в области промышленной безопасности.

4) Каковы основные инструменты для работы с регламентирующей документацией в области промышленной безопасности? Охарактеризуйте принцип их действия.

5) По каким механизмам программа Business Studio предлагает осуществлять ввод основных параметров мероприятий по охране труда? Раскройте принцип их действия.

6) Какие основные задачи возлагаются на внедрение и поддержание системы менеджмента качества в области промышленной безопасности на предприятиях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦЕЛЕЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Цель работы: научиться формализовать стратегию компании, изучить сбалансированную систему показателей (ССП) как инструмент представления процесса реализации стратегии в области промышленной безопасности, сформулировать цели и сформировать стратегическую карту компании.

Теоретические сведения

Основные данные ССП хранятся в иерархических справочниках Навигатора в подразделе «Цели и показатели» раздела «Управление» (рисунок 2.1).

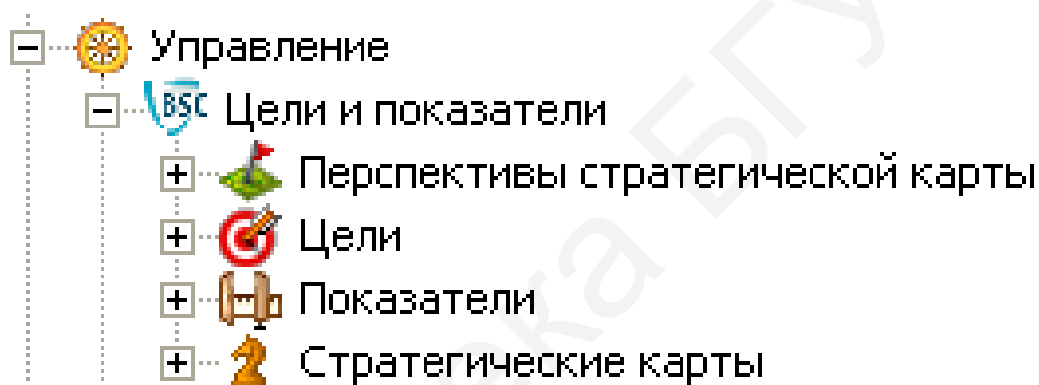


Рисунок 2.1 – Иерархические справочники ССП

Чаще используют четыре перспективы (рисунок 2.2), но для достижения цели лабораторной работы можно добавить новую перспективу.

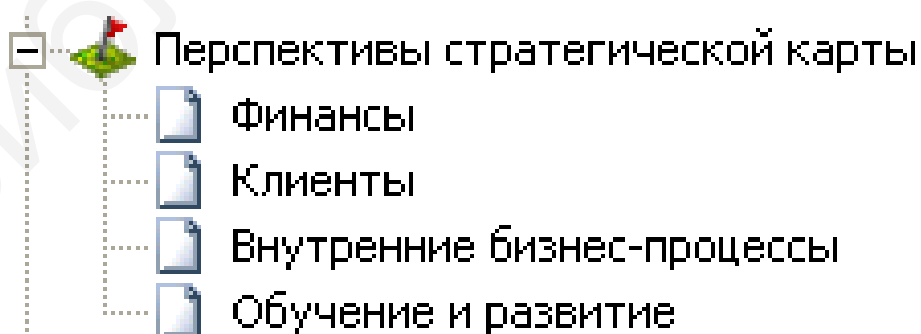


Рисунок 2.2 – Справочник «Перспективы стратегической карты»

Цели (см. рисунок 2.1) можно сгруппировать по директориям, например, с названиями перспектив (рисунок 2.3).

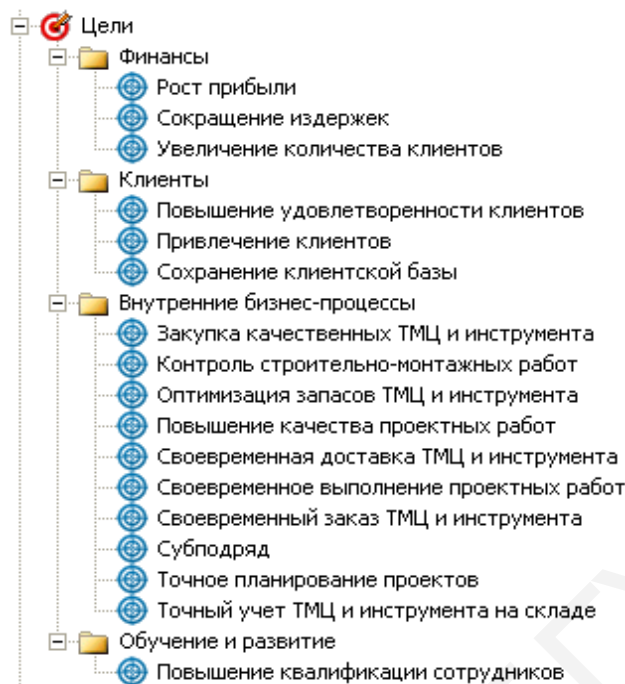



Рисунок 2.3 – Справочник «Цели»

После выбора перспектив необходимо определить стратегические цели ССП. Ввести цели можно с помощью иерархического справочника «Цели».

Окно свойств цели (рисунок 2.4) открывается двойным щелчком кнопки мыши на элементе в Навигаторе или нажатием кнопки  на панели инструментов Навигатора. Таблица 2.1 отражает основные параметры стратегической карты.

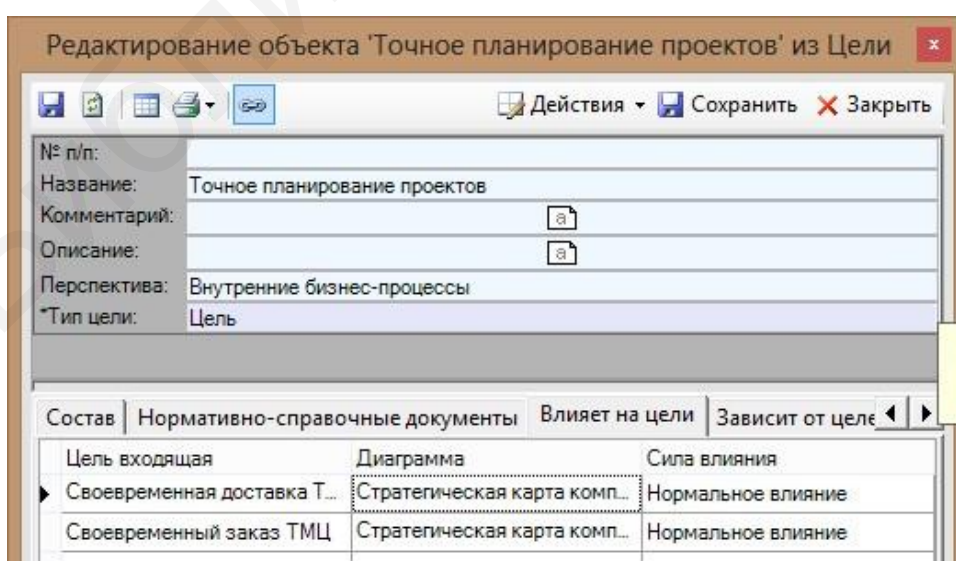


Рисунок 2.4 – Окно свойств «Цели»

Таблица 2.1 – Основные параметры стратегической карты

Параметр	Наименование стратегической карты
Порядковый номер	Номер для управления порядком элементов внутри справочника «Стратегические карты»
Описание	Уточняющее описание стратегической карты
Файл	Файл диаграммы стратегической карты
Связи показателей «Диаграмма»	Список связей показателей со стратегическими целями (связи изображены на стратегической карте)
Связи целей «Диаграмма»	Причинно-следственные связи стратегических целей (связи изображены на стратегической карте)
Нормативно-справочные документы	Список ссылок на документы из иерархического справочника «Документы» раздела «Объекты». К этим документам можно приложить файлы Word, Excel, Visio и т. д.

На стратегической карте цели можно выделять цветом. Например, цели в области промышленной безопасности на стратегической карте (рисунок 2.5) для удобства могут быть выделены синим цветом.

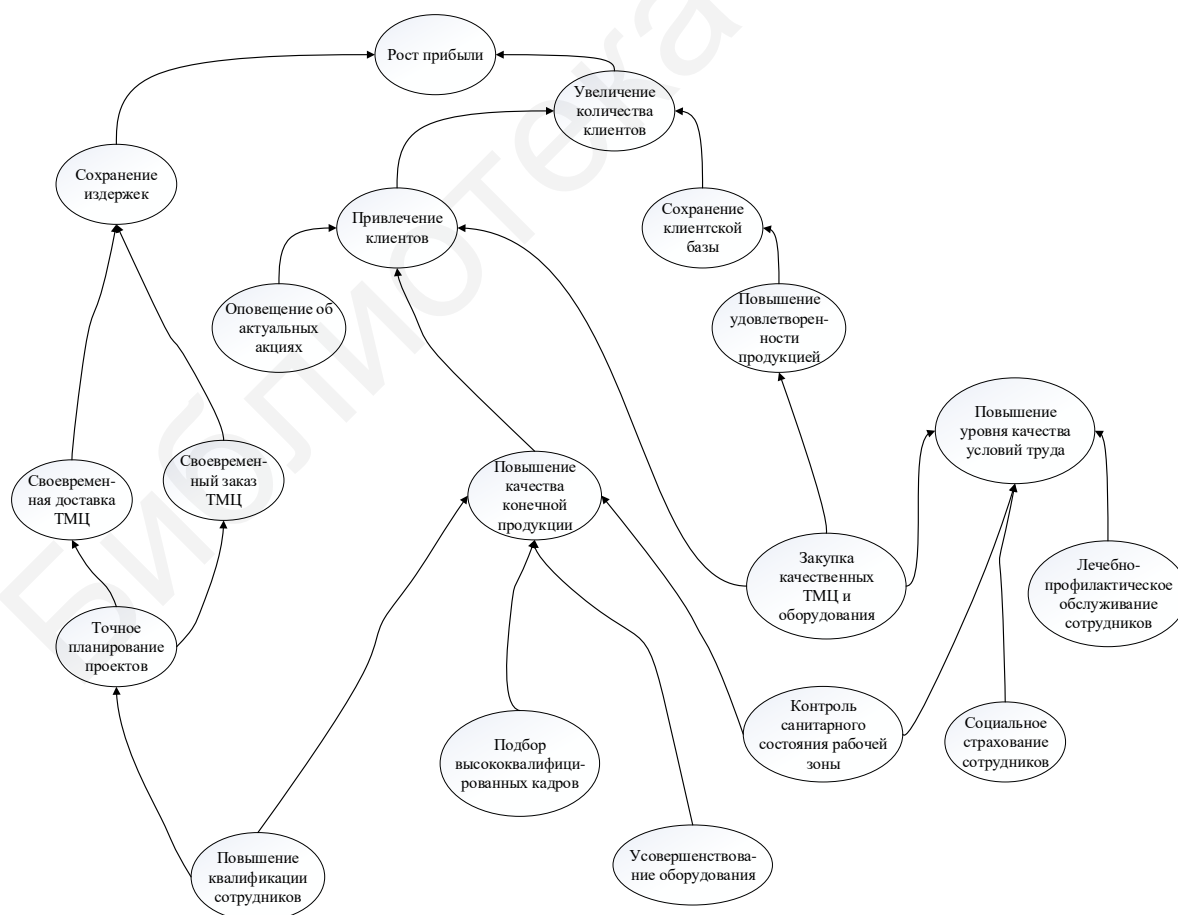


Рисунок 2.5 – Стратегическая карта

Порядок выполнения лабораторной работы

Для компании/предприятия/фирмы (см. таблицу 1.4) построить сбалансированную систему показателей по охране труда. Создать не менее 10 целей по охране труда или промышленной безопасности. Спроектировать стратегическую карту на основе созданных целей.

В качестве мероприятий по охране труда можно использовать следующие:

- 1) Сократить уровень травматизма на предприятии.
- 2) Повысить уровень качества условий труда на предприятии.
- 3) Снизить пожарные риски.
- 4) Снизить производственные риски.
- 5) Оптимизировать процессы, связанные с использованием средств индивидуальной защиты.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Список целей по охране труда.
- 3) Стратегическая карта.
- 4) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

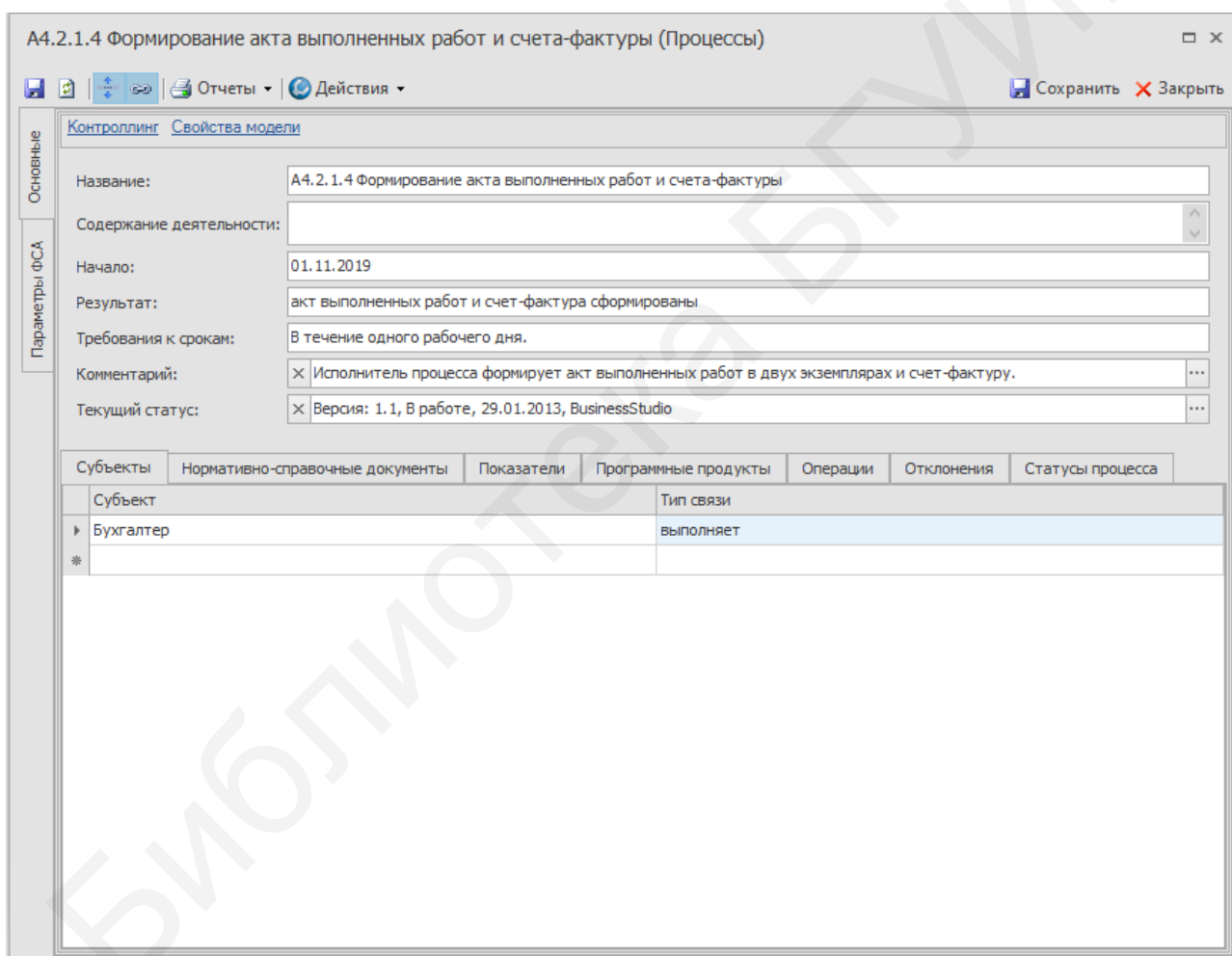
- 1) Каково назначение показателей цели в области промышленной безопасности?
- 2) Перечислите значения поля «Сила влияния».
- 3) Какая сила влияния задается по умолчанию?
- 4) В каком пункте меню можно изменить силу влияния?
- 5) В чем заключаются особенности назначения «показателя» для двух и более целей по охране труда и какие это влечет за собой последствия?
- 6) Как осуществляется установка связей для целей в области промышленной безопасности?
- 7) Раскройте основные параметры стратегической карты по охране труда.
- 8) С чего надо начинать проектирование системы целей и показателей промышленной безопасности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 КОНТРОЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Цель работы: ознакомиться с возможностями программного продукта Business Studio по работе с показателями в области промышленной безопасности, научиться осуществлять контроль за их выполнением.

Теоретические сведения

Каждый показатель характеризуется рядом параметров (рисунок 3.1).



Субъекты	Нормативно-справочные документы	Показатели	Программные продукты	Операции	Отклонения	Статусы процесса
Субъект						
Бухгалтер						выполняет
*						

Рисунок 3.1 – Окно свойств показателя

Каждый показатель имеет встроенную индикаторную линейку (рисунок 3.2), которая для выбранного периода наглядно показывает при помощи «ползунка» положение фактического значения показателя в интервале между минимальным и максимальным значениями.



Рисунок 3.2 – Индикаторная линейка

«Ползунок» окрашивается в цвет той зоны, в которую попадает фактическое значение (параметр «Факт» на закладке «Значения показателя»).

Цветовой индикатор в свойствах показателя выбирается в соответствии со шкалой, приведенной на рисунке 3.3.

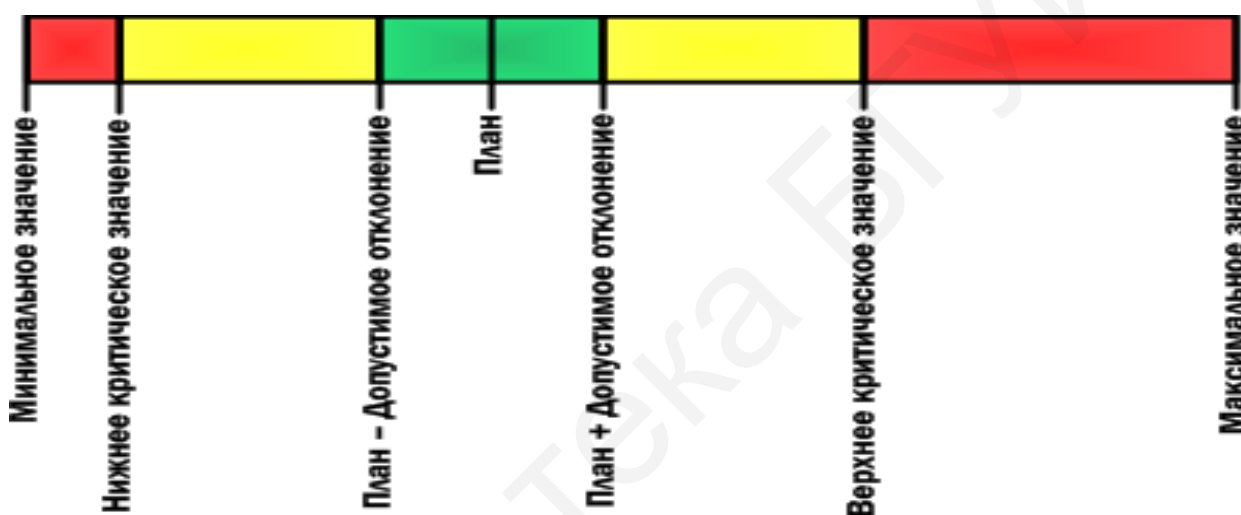



Рисунок 3.3 – Индикаторная линейка в Кокпите

Отчеты с плановыми и фактическими значениями показателей промышленной безопасности в Business Studio можно вызвать в Навигаторе от цели, показателя или субъекта (тип должность).

Для выбора периода дат или текущей даты, за которые будут формироваться отчеты, необходимо использовать гиперссылку «Дополнительно» из окна, вызываемого из «Сервис → Настройки пользователя» (рисунок 3.4).

Для того чтобы открыть окно просмотра Кокпита, необходимо выполнить пункт главного меню «ССП → Контроль показателей». Откроется окно «Показатели» (рисунок 3.5).

С помощью кнопки  «Обновить» обновляется диаграмма значений показателя (рисунок 3.6).

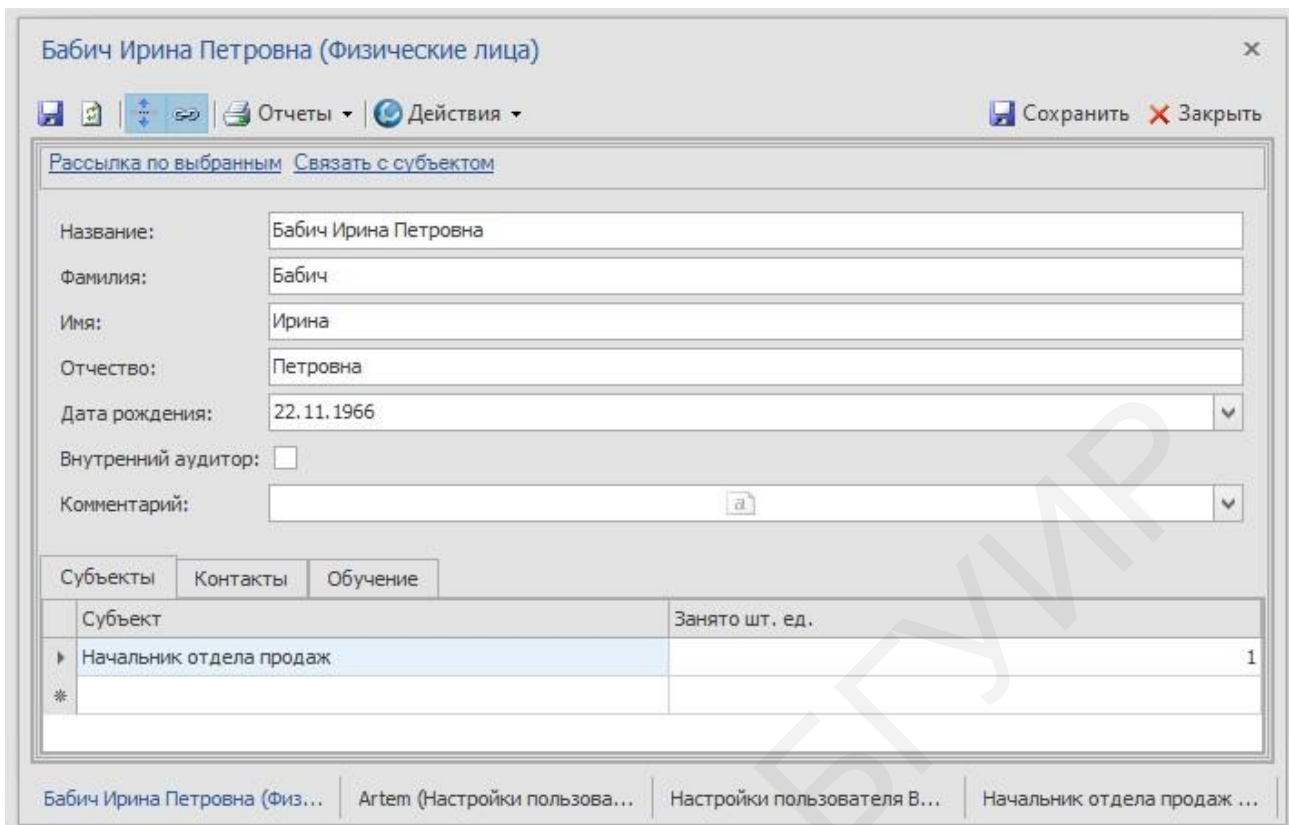


Рисунок 3.4 – Меню «Системные настройки» для задания периода дат

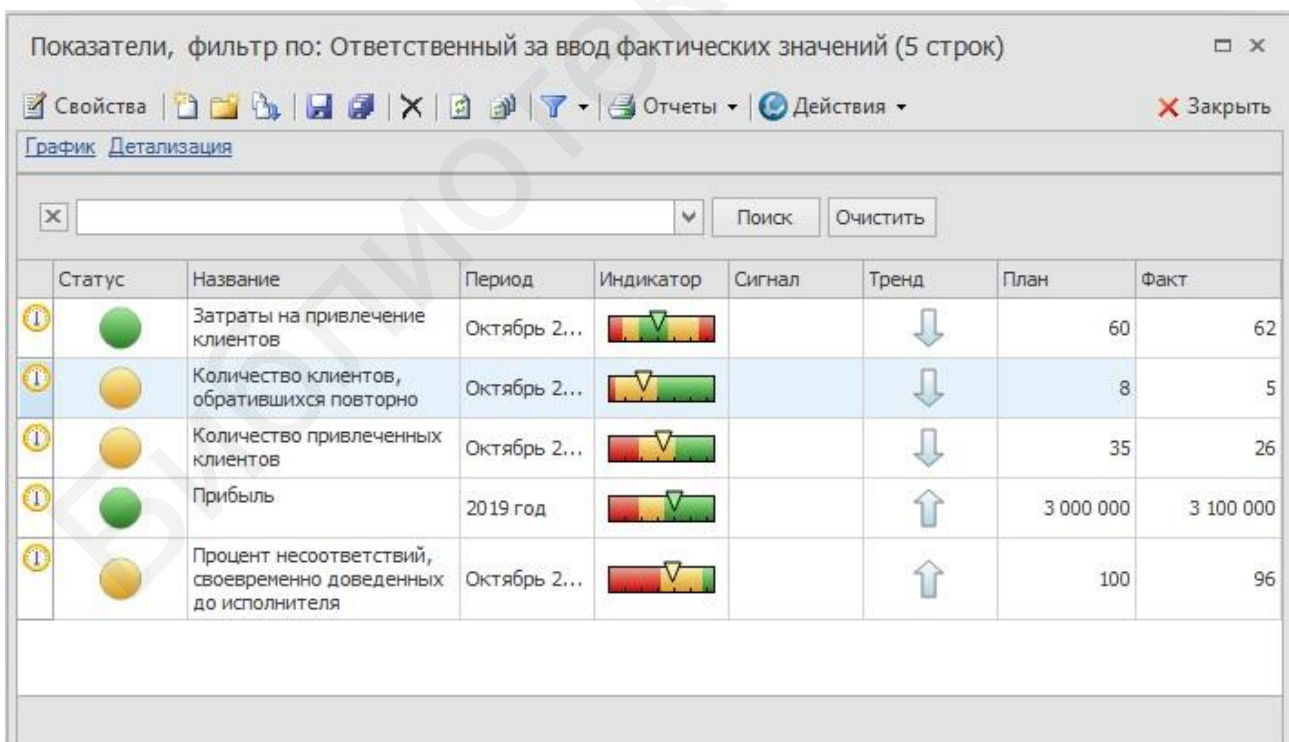


Рисунок 3.5 – Окно работы с показателями в Кокпите

Механизм формирования рассылок в Business Studio проиллюстрирован на рисунке 3.7. Для выбора одного из трех справочников, относящихся к рассылкам, необходимо воспользоваться окном «Выберите справочник» (рисунок 3.7), которое можно вызвать из главного меню с помощью пункта меню «Справочники → Все справочники».

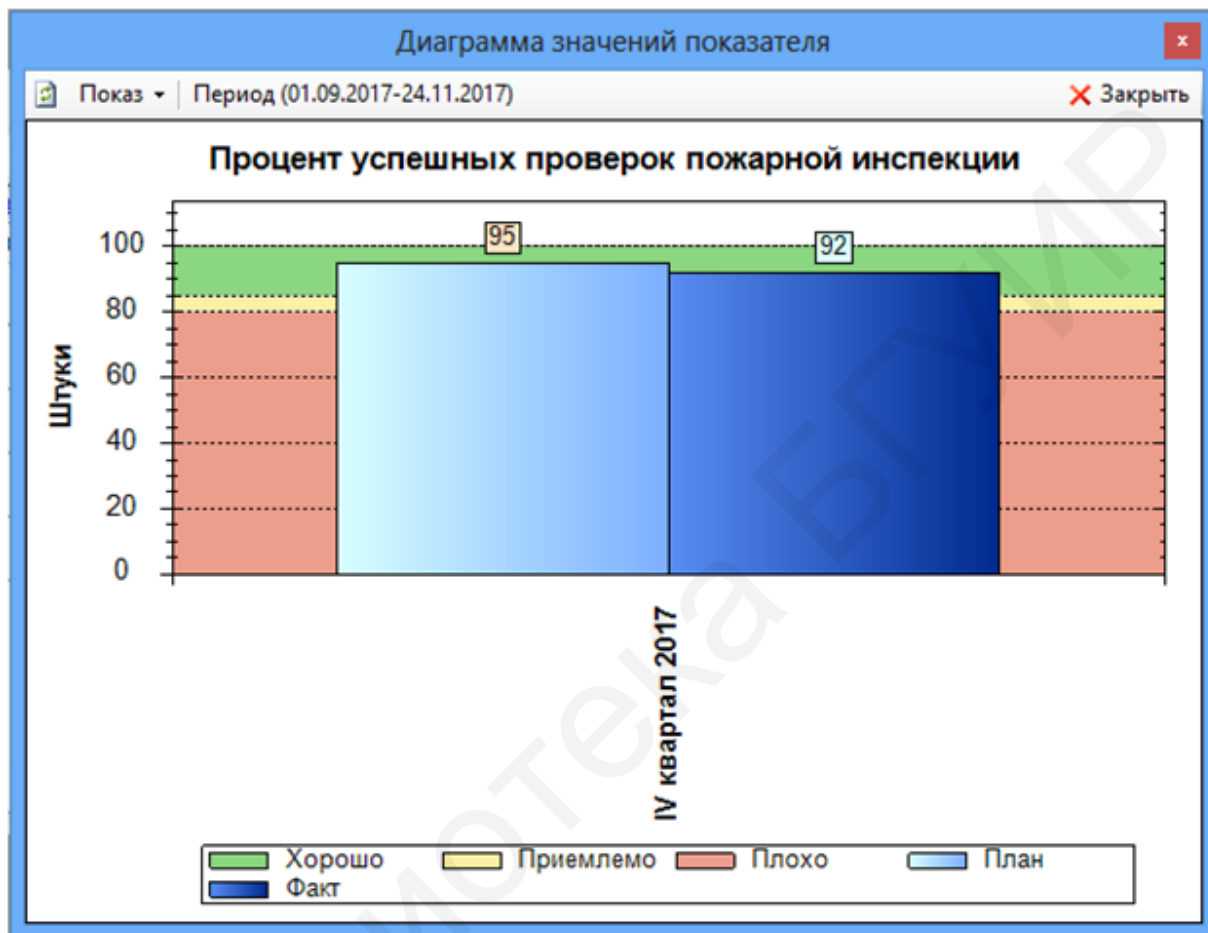


Рисунок 3.6 – Диаграмма значений

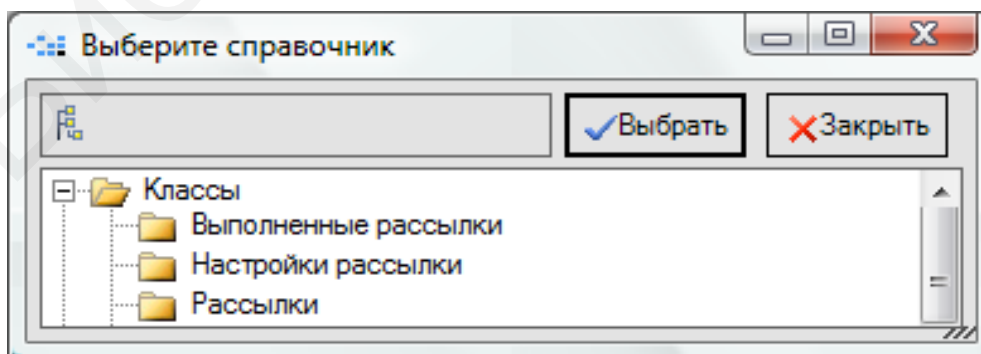


Рисунок 3.7 – Справочники, отвечающие за рассылки

Для того чтобы создать рассылку, необходимо открыть справочник «Рассылки» и создать там новый элемент. Пример заполнения параметров рассылки приведен на рисунке 3.8.

В поле «Настройки» нужно из справочника «Настройки рассылки» (рисунок 3.9) выбрать необходимую рассылку.

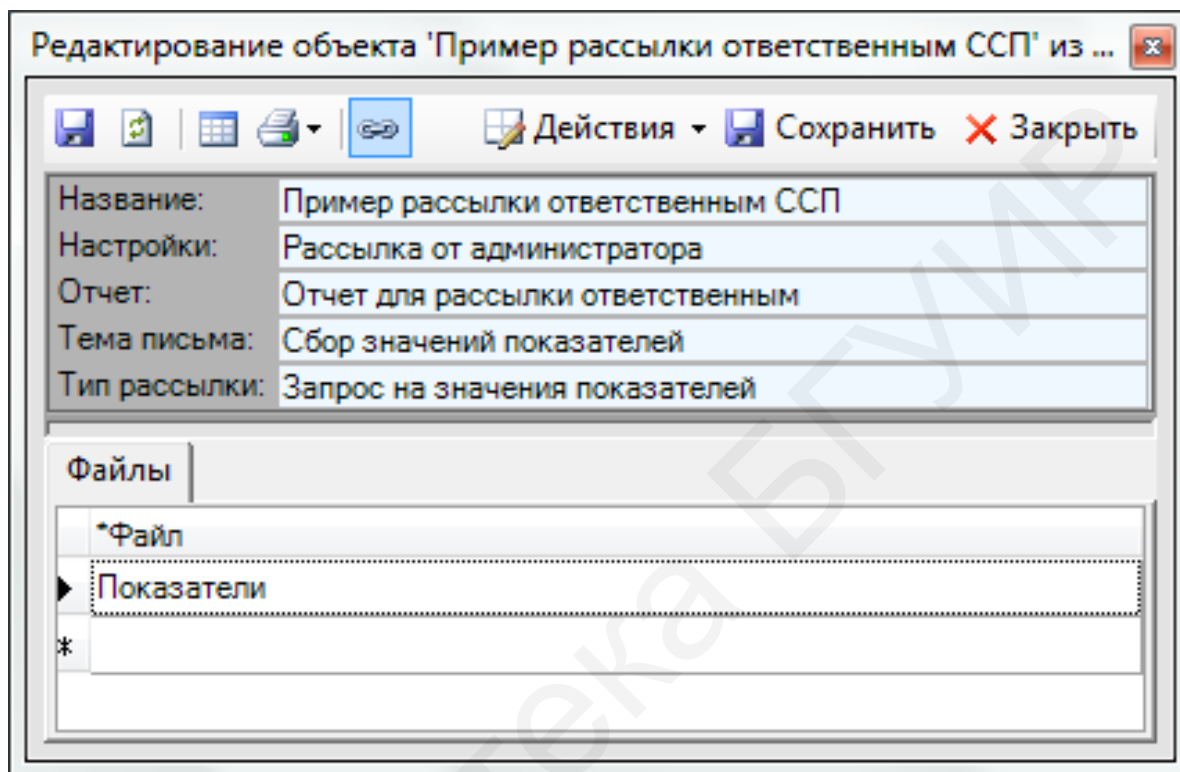


Рисунок 3.8 – Окно свойств элемента справочника «Рассылки»

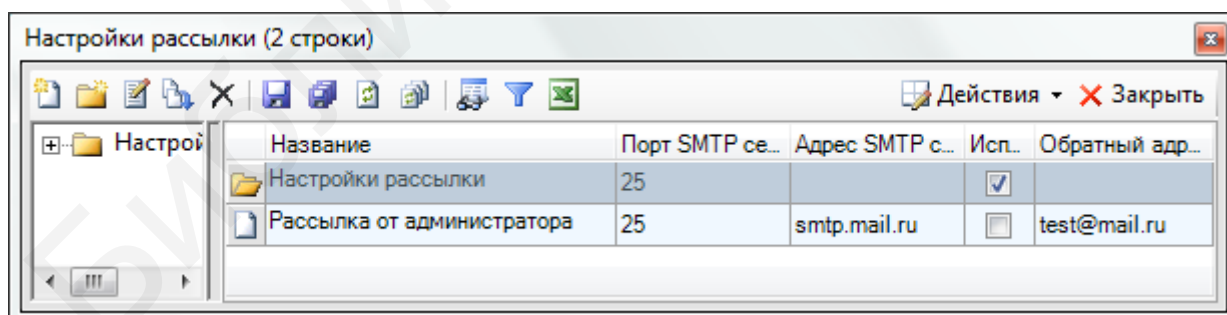


Рисунок 3.9 – Справочник «Настройки рассылки»

Если в этом справочнике еще нет ни одной рассылки, необходимо создать новую рассылку, заполнив все необходимые поля, например, как показано на рисунке 3.10.

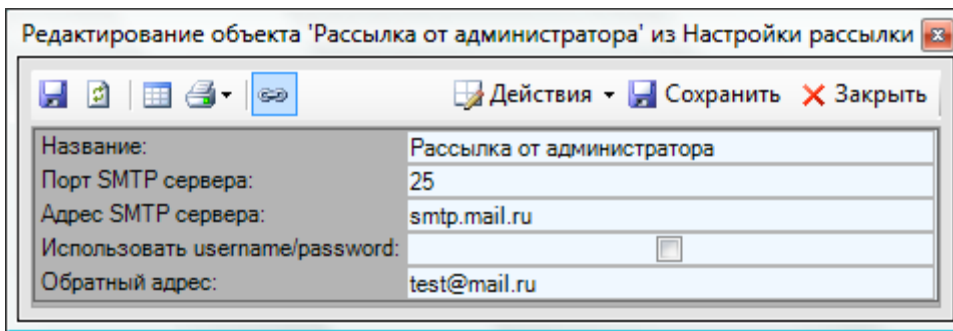


Рисунок 3.10 – Окно свойств элемента справочника «Настройки рассылки»

Для осуществления импорта значений показателей в Business Studio в демонстрационной базе создан пакет импорта «Импорт фактических значений показателей» (рисунок 3.11).

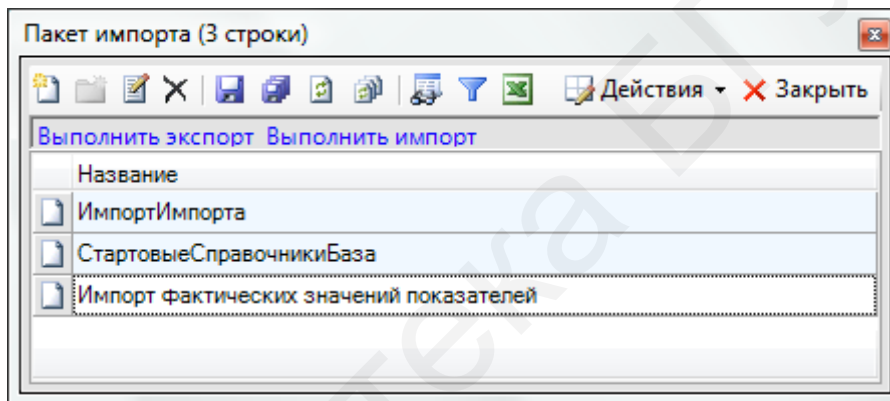


Рисунок 3.11 – Справочник пакетов импорта

Запуск автоматического импорта значений показателя осуществляется при помощи меню «Сервис → Запустить Автоимпорт» в окне «Автоматический импорт» (рисунок 3.12).

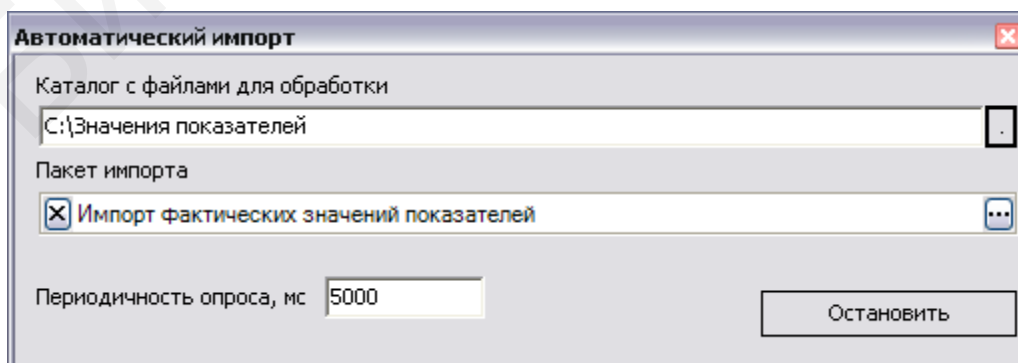


Рисунок 3.12 – Окно запуска автоимпорта

Индивидуальное задание

На основе предыдущих лабораторных работ требуется создать не менее восьми показателей в области промышленной безопасности на период 1-го и 2-го кварталов текущего года. Показателям присвоить различные единицы измерения. Произвести измерения показателей в рублях, в штуках, по формуле. Заполнить параметры данных показателей по охране труда, поставить в соответствие бизнес-процессы. Заполнить показатели двумя способами: ввести вручную, импортировать двумя способами фактические значения. Предварительно настроив рассылку на любой доступный почтовый сервер, смоделировать ситуацию пересылки показателей ответственному лицу с последующим заполнением и отправкой назад.

Сгенерировать отчеты «Значения показателя промышленной безопасности за период» по цели, ответственному лицу, стратегической карте.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Список показателей.
- 3) Текущие значения показателей на период 1-го квартала текущего года (использовать Кокпит)
- 4) Диаграмма значений показателей.
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Дайте определения понятиям: отсроченный и опережающий показатели мероприятий по охране труда.
- 2) Дайте определение понятию имени показателя в области промышленной безопасности и приведите примеры.
- 3) Какова сущность формулы расчета плановых и фактических значений показателя «Количество»?
- 4) Каким образом осуществляется автоматическое создание списка значений показателей охраны труда за период?
- 5) Охарактеризуйте понятия ответственного и контролирующего лица.
- 6) Охарактеризуйте функциональность Кокпита.
- 7) Каково назначение прав для доступа?
- 8) В чем заключается система сбора значения показателя?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ПРЕДПРИЯТИЯ

Цель работы: сформировать организационную структуру предприятия в области промышленной безопасности. Ознакомиться с инструментами Business Studio для формирования организационной структуры предприятия в области промышленной безопасности и получить соответствующие навыки по организации и планированию мероприятий по охране труда.

Теоретические сведения

Организационная структура Business Studio вводится в специальном справочнике «Субъекты», доступ к которому находится в разделе «Субъекты» Навигатора (рисунок 4.1).

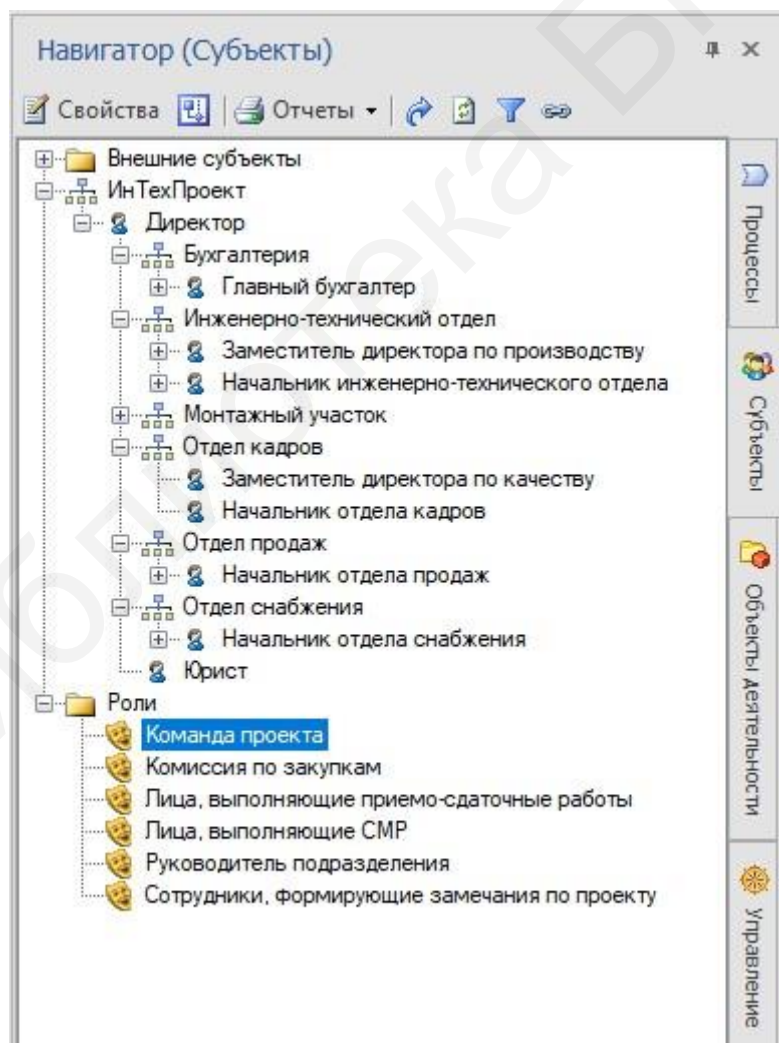


Рисунок 4.1 – Справочник «Субъекты»

Должность, подчиненная вышестоящей должности, вводится в справочник как дочерний элемент для вышестоящей должности (рисунок 4.2): Директор → Заместитель директора по качеству.

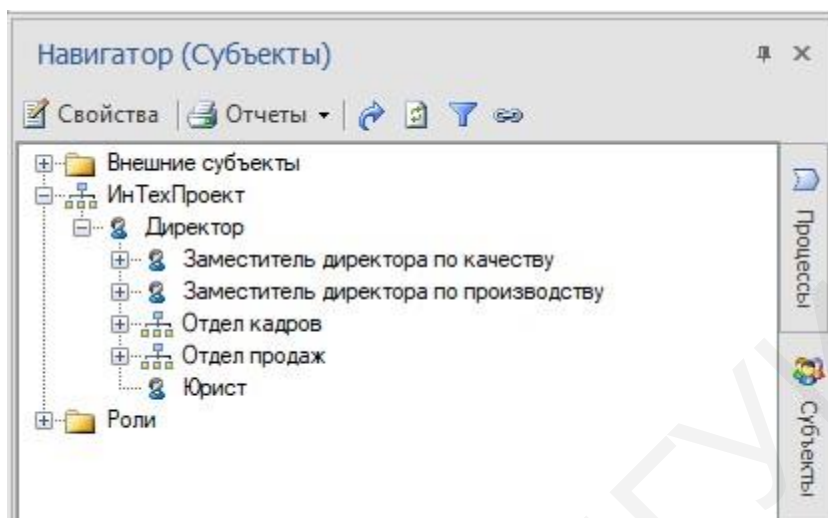


Рисунок 4.2 – Отношение подчинения

Допускаются два способа расположения руководителя подразделения относительно возглавляемого подразделения в организационной иерархии:

1) Руководитель находится выше возглавляемого подразделения на один уровень по иерархии (рисунок 4.3): Заместитель директора по производству → Отдел снабжения, который он возглавляет.

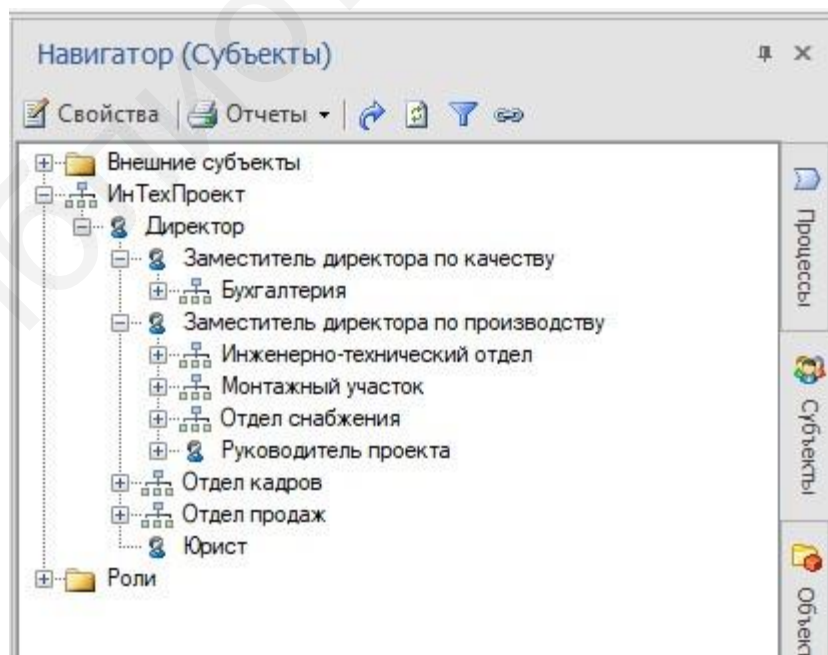


Рисунок 4.3 – Руководство подразделением

2) Рекомендуемый способ: руководитель находится на один уровень ниже относительно возглавляемого подразделения (рисунок 4.4): Бухгалтерия → Главный бухгалтер.

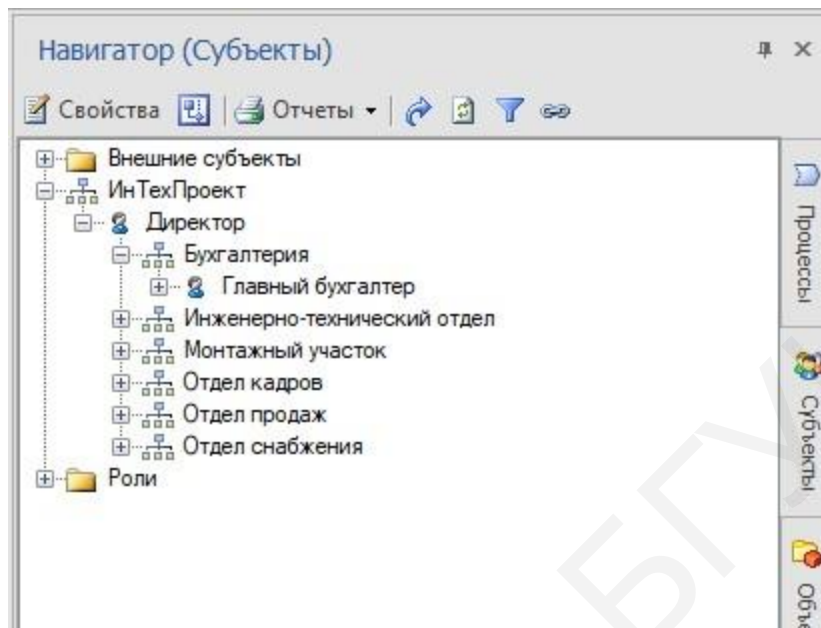


Рисунок 4.4 – Руководство подразделением. Рекомендуемый способ

Индивидуальное задание

На основе выполненных предыдущих лабораторных работ требуется создать контакты физических лиц, работающих у вас на виртуальной (придуманной) фирме в области промышленной безопасности (Справочник → Физические лица). Назначить их на должности, связанные со сферой промышленной безопасности и охраны труда. Построить организационную структуру в Навигаторе, а затем преобразовать ее представление в Business Studio. Осуществить привязку контроля показателей соответствующим должностям из организационной структуры.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Организационная структура в виде структурной схемы.
- 3) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Перечислите этапы формирования организационной структуры охраны труда.
- 2) Дайте определения для понятий: должность, подразделение, роль.
- 3) Охарактеризуйте варианты использования ролей в области промышленной безопасности.
- 4) Дайте определение предмету деятельности, внешнему предмету.
- 5) Предложите способы расположения руководителя подразделения по охране труда относительно возглавляемого подразделения в организационной иерархии.

Библиотека БГУИР

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ. НОТАЦИЯ IDEF0

Цель работы: изучить объекты управления компании, применить процессный подход и использовать нотацию IDEF0 для описания бизнес-процессов компании в области промышленной безопасности.

Теоретические сведения

Нотация IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – нотация графического моделирования, используемая для создания функциональной модели, отображающей структуру и функции системы, а также потоки информации и материальных объектов, связывающих эти функции. К особенностям нотации можно отнести:

- использование контекстной диаграммы;
- поддержка декомпозиции;
- доминирование;
- выделение четырех типов стрелок.

Набор объектов управления перечислен в таблице 5.1. Для конкретного предприятия он может незначительно меняться.

Таблица 5.1 – Перевод объектов управления из начального состояния в требуемое системой

Объект управления	Начальное состояние	Конечное состояние
Потребитель	Потенциальный	Удовлетворенный
Продукт	Отсутствует	Удовлетворяющий потребности потребителя
Техпроцесс (производственный процесс, процесс оказания услуги)	Отсутствует	Соответствует технологии
Поставщик	Потенциальный	Удовлетворяющий
Производственно-технологическое оборудование (ПТО)	Работоспособное	Работоспособное (в цикле)
Объекты инженерно-технической инфраструктуры (ОИТИ)	Работоспособное	Работоспособное (в цикле)

Продолжение таблицы 5.1

Объект управления	Начальное состояние	Конечное состояние
Рабочая сила (персонал)	Работоспособное	Работоспособное (в цикле)
Капитал (в процессе деятельности меняет свою форму)	Достаточный для осуществления деятельности	Достаточный для осуществления деятельности

Соответствие объектов управления и бизнес-процессов приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Соответствие объектов управления и бизнес-процессов

Объект управления	Бизнес-процесс
Потребитель	Продвижение и продажи
Продукт	Разработка новых и совершенствование существующих продуктов (услуг)
Техпроцесс	Производство
Поставщик	Воспроизводство ресурсов
ПТО	Воспроизводство ПТО
ОИТИ	Воспроизводство ОИТИ
Рабочая сила	Воспроизводство рабочей силы
Капитал	Финансирование деятельности и отчеты

На рисунке 5.1 представлен пример диаграммы А-0. Это верхняя диаграмма, на которой объект моделирования представлен единственным блоком с граничными стрелками, называется А-0 Контекстная диаграмма. Стрелки на этой диаграмме отображают связи объекта моделирования с окружающей средой. Диаграмма А-0 устанавливает область моделирования и ее границу.

Каждый из составляющих ее блоков можно разбить на диаграммы нижнего уровня. Пример диаграммы нижнего уровня изображен на рисунке 5.2.

Пример диаграммы в нотации IDEF0 приведен на рисунке 5.3. Обратите внимание на соответствие объектов управления бизнес-процессам.

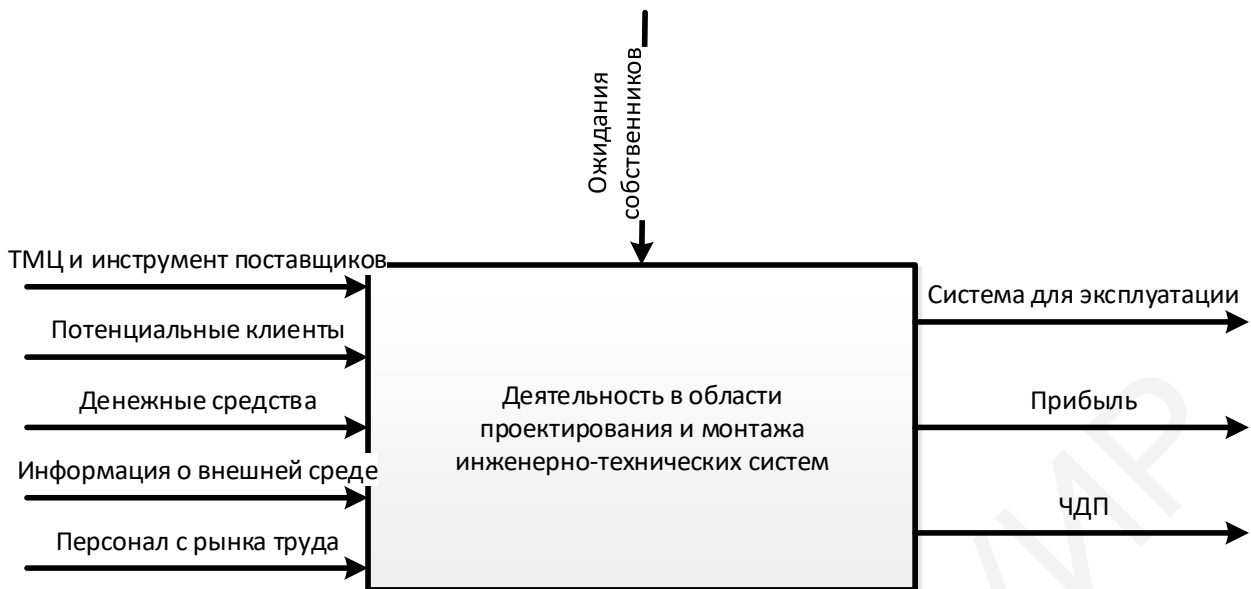


Рисунок 5.1 – Диаграмма A0 нотации IDEF0

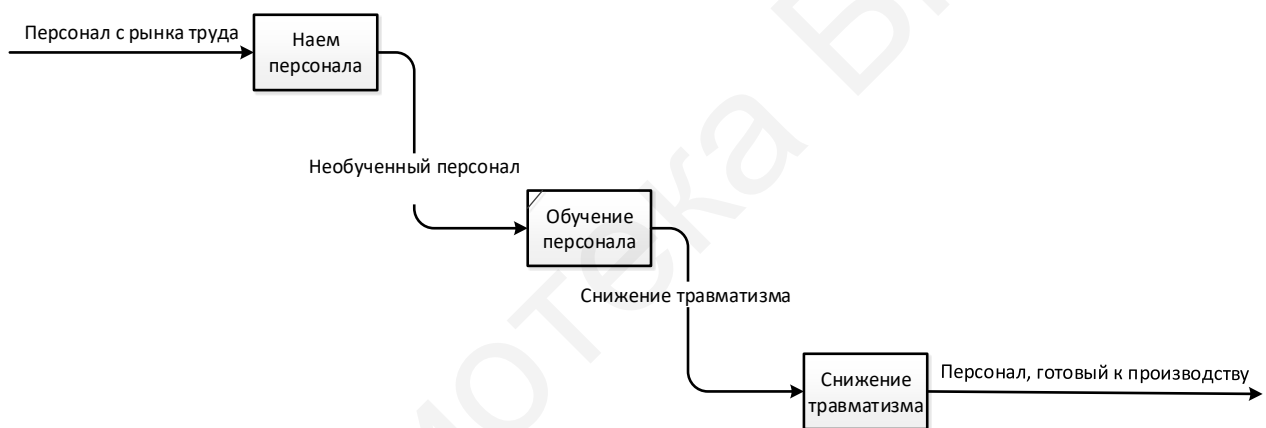


Рисунок 5.2 – Диаграмма A41 нотации IDEF0

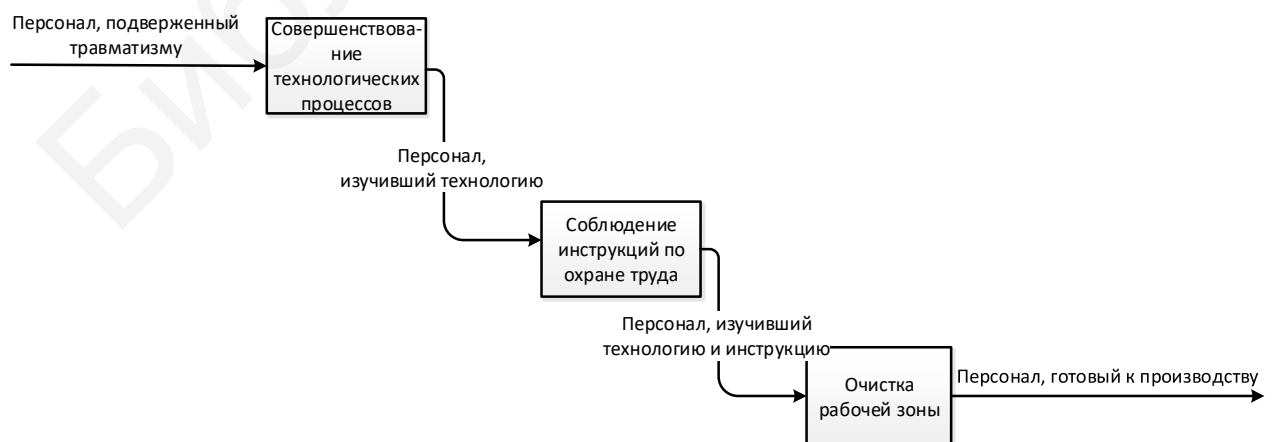


Рисунок 5.3 – Диаграмма бизнес-процессов дочернего уровня

Индивидуальное задание

На основе предыдущих лабораторных работ требуется построить модель в нотации IDEF0 бизнес-процессов в области промышленной безопасности и охраны труда своей фирмы:

1) Осуществить трехуровневую декомпозицию. Первой декомпозиции контекстного уровня бизнес-процессов промышленной безопасности должны соответствовать объекты управления (не менее шести).

2) Раскрыть бизнес-процессы предприятия применительно к промышленной безопасности.

Содержание отчета

1) Цель работы.

2) Декомпозиции трех уровней бизнес-процессов в нотации IDEF0.

3) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

1) Какова задача системы управления применительно к промышленной безопасности?

2) Дайте определение нотации IDEF0.

3) Какие виды стрелок выделяются в нотации IDEF0? Опишите каждую из них.

4) Какие особенности можно выделить в нотации IDEF0? Раскройте содержание каждой.

5) Из каких элементов состоит набор объектов управления мероприятиями по охране труда?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ. НОТАЦИИ ПРОЦЕСС И ПРОЦЕДУРА

Цель работы: приобрести навыки использования и применения нотаций Процесс и Процедура посредством программного продукта Business Studio в области промышленной безопасности.

Теоретические сведения

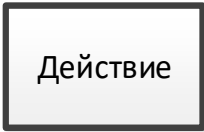
Нотации Процесс (Basic Flowchart) и Процедура (Cross-Functional Flowchart) используются в Business Studio для представления алгоритма (сценария) выполнения процесса и позволяют задать причинно-следственные связи и временную последовательность выполнения действий процесса. Нотации поддерживают декомпозицию на подпроцессы, так же как и нотация IDEF0.

Различие между нотациями Процесс и Процедура состоит в том, что дополнительно к графическим элементам, применяемым в нотации Процесс, в нотации Процедура используются дорожки (Swim Lanes), обозначающие организационные единицы – исполнителей действий процесса. Это позволяет повысить наглядность диаграммы.

Нотации Процесс и Процедура можно применять для моделирования отдельных процессов компании по охране труда, а также на нижнем уровне модели бизнес-процессов, созданной в нотации IDEF0 применительно к промышленной безопасности.

Используемые в нотациях графические символы описаны в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Используемые графические символы

Название символа	Графическое изображение	Описание
Действие		Действие обозначается с помощью прямоугольного блока. Внутри блока помещается название действия. Временная последовательность выполнения действий задается расположением действий на диаграмме процесса/процедуры сверху вниз (слева направо на горизонтальной диаграмме процедуры)

Продолжение таблицы 6.1

Название символа	Графическое изображение	Описание
Связь предшествования	<pre> graph TD A[Предложение о сдвиге Заказов на продажу] --> B[Входящая корреспонденция руководителя] B --> C[Регистрация в журнале «Входящая корреспонденция руководителя»] C --> D[Сканирование (для бумажных носителей)] D --> E[Помещение электронной версии документа в электронный архив] </pre>	<p>Стрелки «Связь предшествования» обозначают передачу управления от одного действия к другому, т. е. предыдущее действие должно закончиться прежде, чем начнется следующее. Стрелка, запускающая выполнение действия, изображается входящей в действие сверху. Стрелка, обозначающая передачу управления другому (другим) действию, изображается выходящей из действия снизу.</p> <p>Если стрелка служит только для обозначения передачи управления, то имя стрелки оставляется пустым. Если кроме передачи управления из предыдущего действия в следующее действие поступает Объект(ы), то стрелка именуется и в список объектов стрелки заносится соответствующий Объект(ы)</p>

Продолжение таблицы 6.1

Название символа	Графическое изображение	Описание
<p>Поток объектов</p>		<p>Стрелки «Поток объектов» используются в случаях, когда необходимо показать, что из одного действия объекты передаются в другое, при этом первое действие не запускает выполнения второго.</p> <p>Стрелки «Поток объектов» обозначаются стрелкой с двумя треугольниками.</p> <p>Если обозначение источника Объекта(ов) неважно, то такой Объект показывается стрелкой с туннелированным началом.</p> <p>Если источником Объекта(ов) является одно из действий процедуры/процесса, то такой Объект показывается с помощью стрелки, исходящей из действия-источника и входящей в действие-потребитель, для выполнения которого необходим Объект.</p> <p>При этом действие «Регистрация в журнале «Исходящая корреспонденция» не запускает выполнение действия «Заполнение графы «Номер накладной» в журнале «Исходящая корреспонденция»»</p>
<p>Дорожки (диаграмма Процедура)</p>		<p>Дорожки предназначены для отображения организационных единиц (должности, подразделения, роли) – исполнителей действий процедуры.</p>

Продолжение таблицы 6.1

Название символа	Графическое изображение	Описание
Решение		<p>Элемент, обозначающий выбор следующего действия в зависимости от выполнения условия. Блок «Решение» может иметь несколько входов и ряд альтернативных выходов, один и только один из которых может быть активизирован после проверки условия.</p> <p>Блок «Решение» должен содержать вопрос, решение или условие. Выходящие стрелки помечаются как «Да» или «Нет» или другим способом для учета всех возможных вариантов ответов.</p> <p>Блок «Решение» аналогичен элементу «Исключающее ИЛИ» (XOR) в других нотациях моделирования</p>
Событие		<p>События отображают стартовые точки процесса/процедуры, приводящие к началу выполнения процесса/процедуры, и конечные точки, наступлением которых заканчивается выполнение процесса/процедуры.</p> <p>Началом процесса/процедуры считается событие, из которого только исходят стрелки передачи управления.</p> <p>Концом процесса/процедуры считается событие, в которое только входят стрелки передачи управления</p>

На рисунке 6.1 показан пример декомпозиции процедуры (нотация Cross Functional Flowchart).

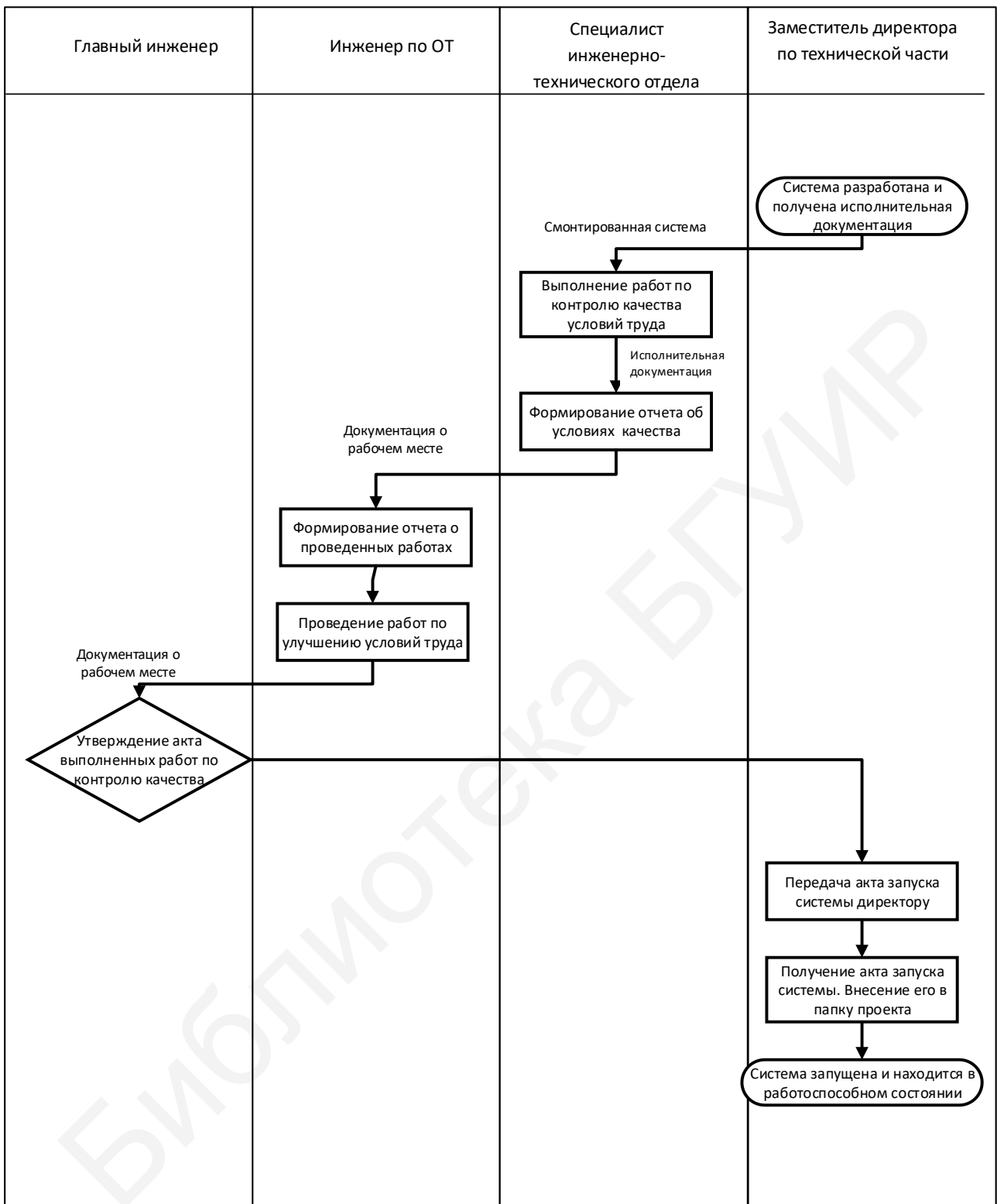


Рисунок 6.1 – Пример нотации Процедура

Индивидуальное задание

На основе предыдущих лабораторных работах необходимо выполнить следующее:

1) Добавить один объект «Информация» и четыре объекта «Бумажный документ» (мероприятия по охране труда, заявка на потребности, служебная записка, акт по форме Н-1, инструкция по охране труда на рабочем месте).

2) Прикрепить файлы документов, предварительно созданных в MS Word: Договор → Свойства → Файл документа →... .

3) Создать ссылку на документ на диске.

4) Загрузить документ в систему.

5) Декомпозировать один из блоков верхнего уровня диаграммы нотации IDEF0 предыдущей лабораторной работы (например, А1.3) в диаграмму нотации Процедура.

Содержание отчета

1) Цель работы.

2) Содержимое объекта «Информация» (мероприятия по охране труда).

3) Содержимое объектов «Бумажный документ» (заявка на потребности, служебная записка, акт по форме Н-1, инструкция по охране труда на рабочем месте).

4) Декомпозиция блока верхнего уровня в нотации Процедура.

5) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

1) Как используются нотации Процесс и Процедура в области промышленной безопасности? Какое между ними различие?

2) Что обозначают стрелки «Связь предшествования»? В каком случае имя стрелки остается пустым?

3) В каких случаях используются Стрелки «Поток объектов» и как они обозначаются?

4) Опишите внешний вид диаграммы декомпозиции процедуры (что делится на колонки, что размещается внутри и т. д.).

5) Для чего используется блок «Решение», что он обязательно должен содержать и какому элементу он аналогичен в других нотациях моделирования?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ. НОТАЦИЯ EPC

Цель работы: приобрести навыки использования и применения нотации EPC посредством программного продукта Business Studio в области промышленной безопасности.

Теоретические сведения

Нотация EPC (Event-Driven Process Chain – событийная цепочка процессов) используется для описания процессов нижнего уровня. Диаграмма процесса в нотации EPC представляет собой упорядоченную комбинацию событий и функций. Для каждой функции могут быть определены начальные и конечные события, участники, исполнители, материальные и документальные потоки, сопровождающие ее, а также проведена декомпозиция на более низкие уровни.

В таблице 7.1 перечислены графические символы, принятые в данной нотации.

Таблица 7.1 – Графические символы нотации EPC

Название символа	Графическое изображение	Описание
Функция		Блок представляет собой функцию – действие или набор действий, выполняемых над исходным объектом (документом, ТМЦ и прочим) с целью получения заданного результата. Внутри блока помещается наименование функции. Временная последовательность выполнения функций задается расположением функций на диаграмме процесса сверху вниз
Стрелка		Стрелка отображает связи элементов диаграммы процесса EPC между собой. Связь может быть направленной и ненаправленной в зависимости от соединяемых элементов и типа связи
Термин		Применяется для отображения на диаграмме терминов, используемых в организации и сопровождающих выполнение функции. Внутри блока помещается наименование термина

Продолжение таблицы 7.1

Название символа	Графическое изображение	Описание
<p>Оператор AND («И»)</p>		<p>Оператор «И» используется для обозначения слияния/ветвления как функций, так и событий.</p> <p>Если завершение выполнения функции должно инициировать одновременно несколько событий, то это обозначается с помощью оператора «И», следующего после функции и перед событиями.</p> <p>Если событие происходит только после обязательного завершения выполнения нескольких функций, то это обозначается с помощью оператора «И», следующего после функций и перед одиночным событием.</p> <p>Если функция может начать выполняться только после того, как произойдут несколько событий, то это обозначается с помощью оператора «И», следующего после событий и перед функцией.</p> <p>Если одно событие может инициировать одновременное выполнение нескольких функций, то это обозначается с помощью оператора «И», следующего после события и перед функциями</p>

Продолжение таблицы 7.1

Название символа	Графическое изображение	Описание
<p>Оператор OR («ИЛИ»)</p>		<p>Оператор «ИЛИ» используется для обозначения слияния/ветвления функций и слияния событий. По правилам нотации EPC после одиночного события не может следовать разветвляющий оператор «ИЛИ».</p> <p>Если завершение выполнения функции может инициировать одно или несколько событий, то это обозначается оператором «ИЛИ», следующего после функции и перед событиями.</p> <p>Если событие происходит после завершения выполнения одной или нескольких функций, то это обозначается с помощью оператора «ИЛИ», следующего после функций и перед одиночным событием.</p> <p>Если функция может начать выполняться после того, как произойдет одно или несколько событий, то это обозначается с помощью оператора «ИЛИ», следующего после событий и перед функцией</p>

При добавлении связи между двумя элементами на диаграмме будет выдано окно для выбора типа связи между этими элементами (рисунок 7.1). Если в справочнике типов связей между данными элементами существует только одна запись – будет автоматически создана связь с этим типом.

На рисунке 7.2 показан пример декомпозиции функции (нотация Event-Driven Process Chain).

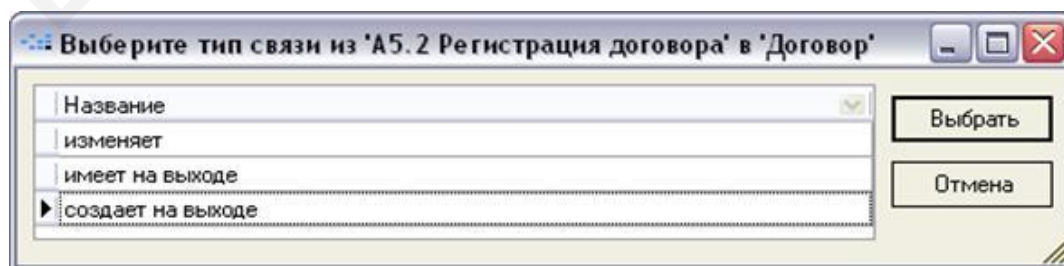


Рисунок 7.1 – Выбор типа связи

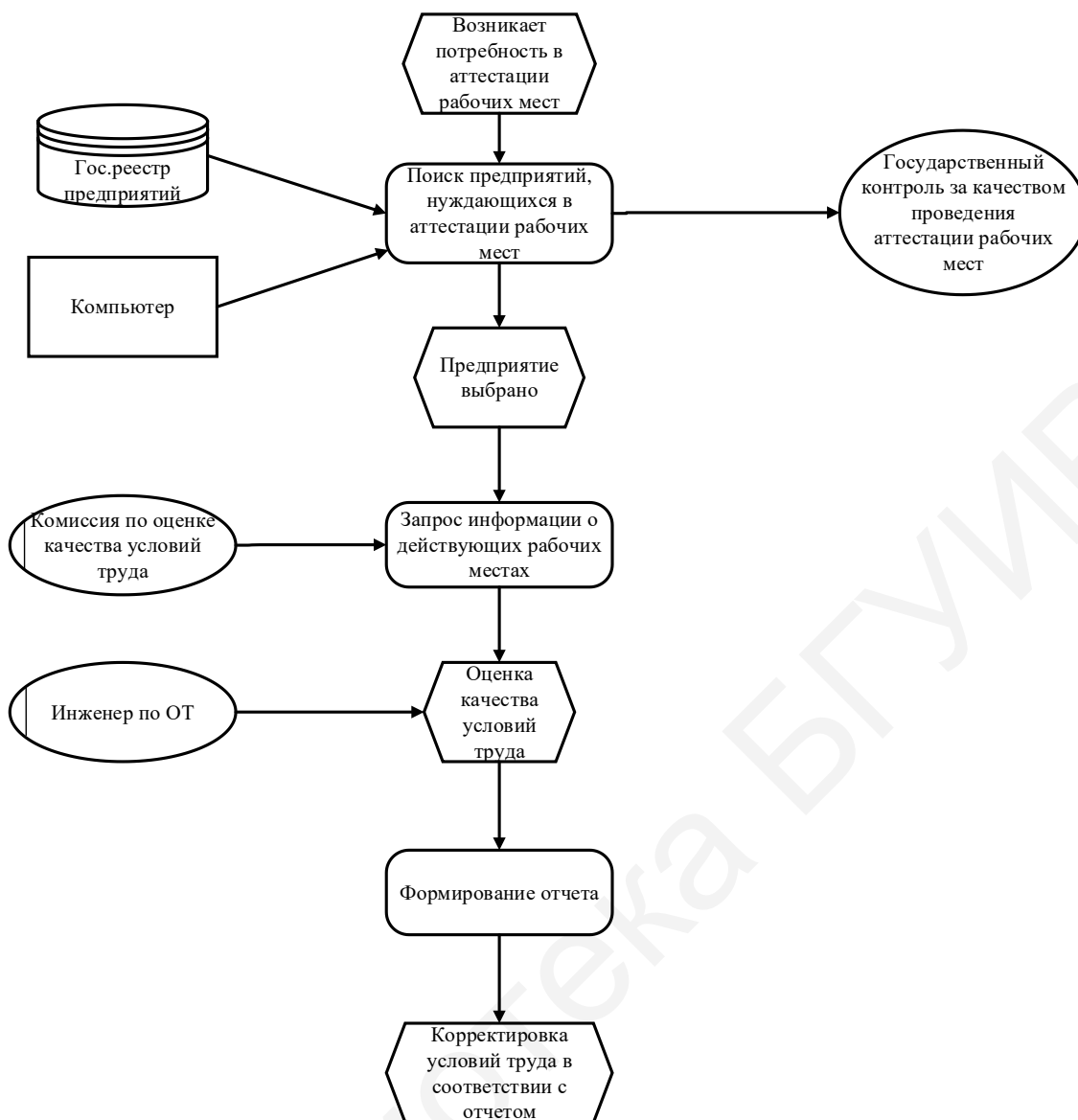


Рисунок 7.2 – Диаграмма в нотации EPC

Индивидуальное задание

На основе предыдущих лабораторных работ необходимо выполнить следующее:

- 1) Декомпонировать бизнес-процесс из предыдущей лабораторной работы А1.4 в нотацию EPC. События должны быть внесены в справочник.
- 2) Установить связи, ресурсы (например, компьютер, принтер), набор объектов (например, документация о проведении мероприятий по охране труда).

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Декомпозиция бизнес-процесса в нотации EPC.
- 3) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Что собой представляет диаграмма процесса в нотации EPC?
- 2) С чего должна начинаться и чем завершаться диаграмма функции EPC?
- 3) Назовите рекомендуемое количество функций на диаграмме. Что может произойти в случае превышения этого количества?
- 4) Для чего используется оператор «Исключающее ИЛИ»? После чего оператор «Исключающее ИЛИ» не может следовать?
- 5) Дайте определение интерфейса процесса. Для чего он используется применительно к промышленной безопасности?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель работы: приобрести навыки использования и применения инструментов функционально-стоимостного анализа и имитационного моделирования программного продукта Business Studio применительно к промышленной безопасности.

Теоретические сведения



Имитационное моделирование – метод исследования систем, основанный на том, что изучаемая система заменяется имитирующей. С имитирующей системой проводят эксперименты (не прибегая к экспериментам на реальном объекте) и в результате получают информацию об изучаемой системе. В Business Studio предметом изучения является деятельность, описанная в виде моделей процессов.


Функционально-стоимостный анализ позволяет рассчитать себестоимость продукции (услуги) через перенос стоимости имитирующих ресурсов на стоимость экземпляров имитирующих процессов.

При построении диаграммы процесса в нотациях Процедура, Процесс, EPC необходимо обязательно разместить на ней одно или несколько начальных событий (рисунок 8.1).

Если на диаграмме процессов нотации Процесс, Процедура присутствуют элементы «Решение», то для стрелок «Связь предшествования», исходящих из этих элементов, необходимо задать вероятности перехода к следующим действиям. Вероятность задается в окне свойств стрелки. При подведении курсора мыши к стрелке на диаграмме возникает «хинт» с наименованием и вероятностью стрелки (рисунок 8.2). Сумма вероятностей, исходящих из блока «Решение» стрелок «Связь предшествования», должна быть равна единице.

Задание вероятности при имитации процессов нотаций Процесс и Процедура:

Этап 1 – задание вероятности при имитации процессов нотации EPC. При построении диаграммы процесса в нотации EPC вероятность необходимо задавать для событий, следующих после операторов , , и для начальных событий. Вероятность задается в окне свойств события (рисунок 8.3). Сумма ве-

роятностей наступления событий, исходящих из оператора , должна быть равна единице.

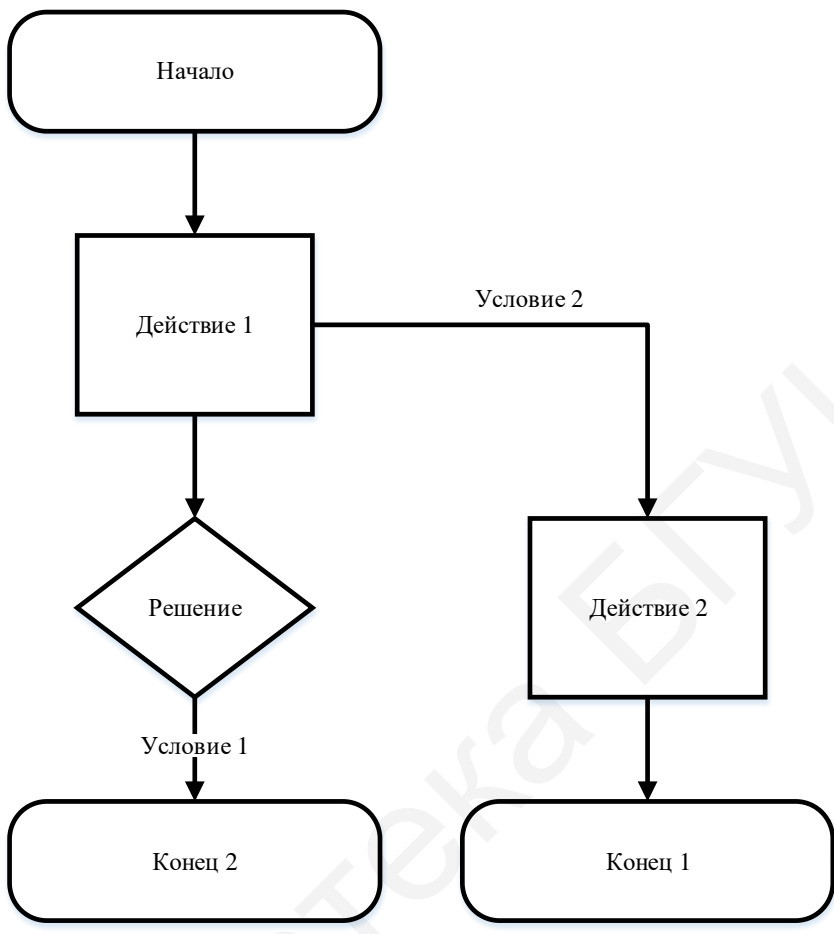
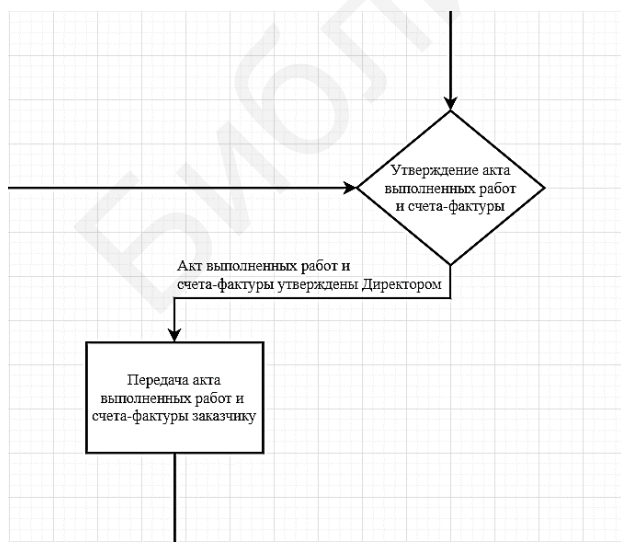


Рисунок 8.1 – Диаграмма процесса с использованием начального события



Субъект	Тип связи
Бухгалтер	выполняет
*	

Рисунок 8.2 – Задание вероятности стрелки

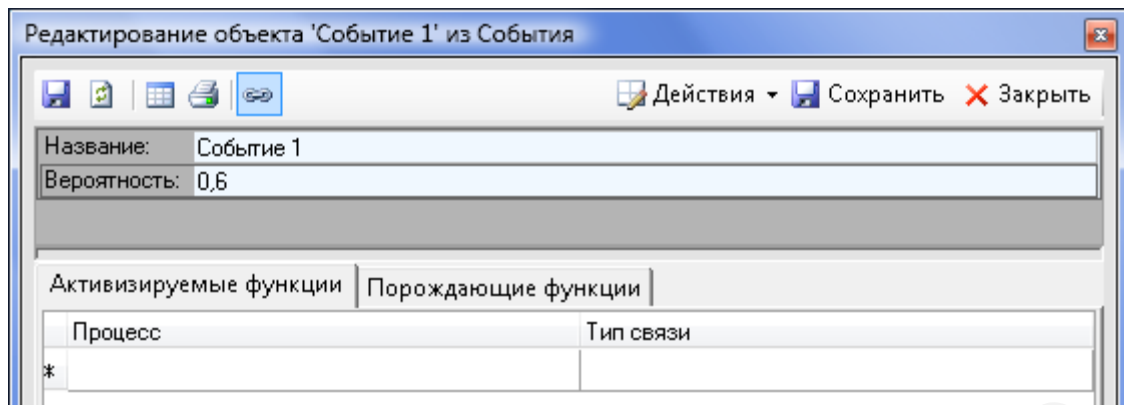



Рисунок 8.3 – Задание вероятности наступления события

Этап 2 – заполнение параметров процесса. После формирования диаграммы процесса необходимо заполнить ряд временных и стоимостных параметров в окне свойств процесса. Открыть окно свойств процесса можно с помощью кнопки  в Навигаторе. В окне свойств процесса все параметры, относящиеся к функционально-стоимостному анализу, сгруппированы в одном поле «Параметры ФСА» (рисунок 8.4):

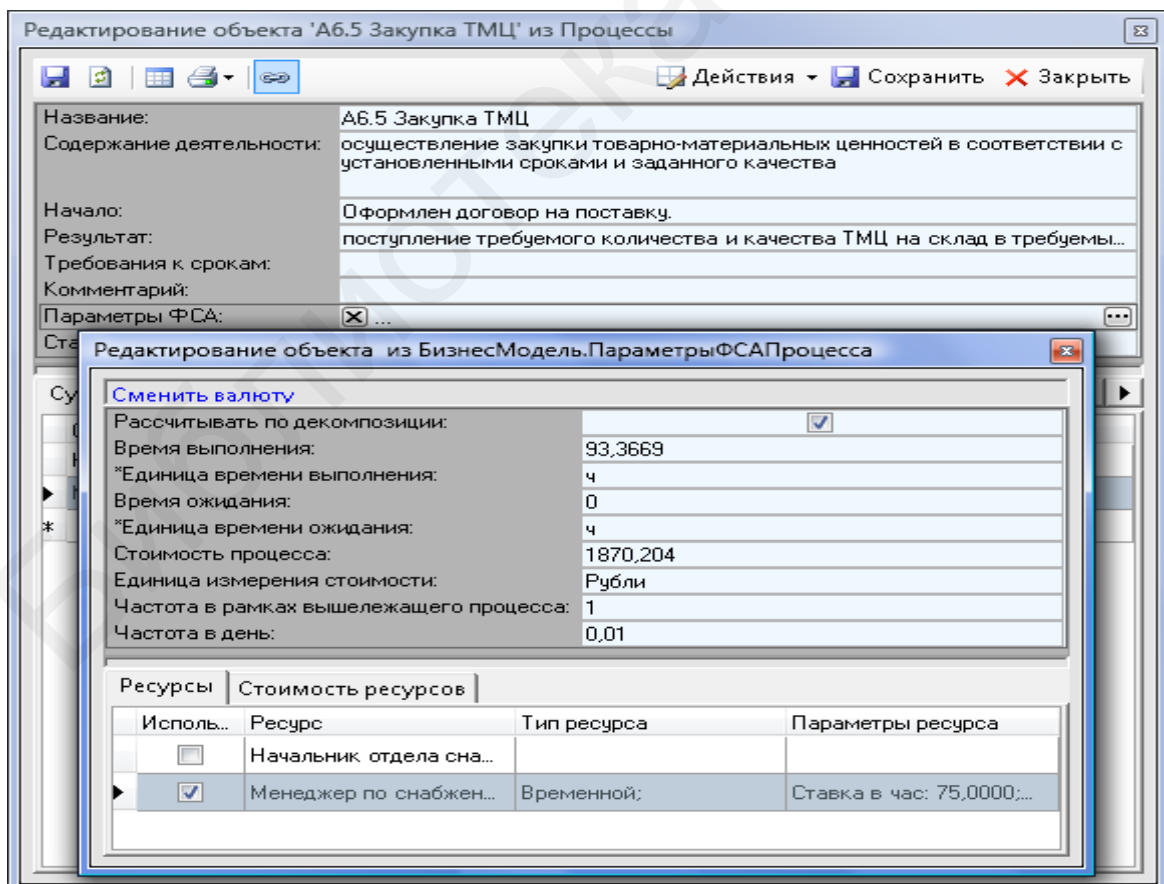


Рисунок 8.4 – Параметры ФСА процесса

Если при задании стоимостей ресурсов или процессов используются разные валюты, информацию о курсах валют необходимо внести в справочник «Курсы валют». Это позволит системе осуществлять перевод значений стоимости из одной валюты в другую (рисунок 8.5).

Исходная валюта	Требуемая валюта	Курс
Тысячи рублей	Рубли	1000
Рубли	Тысячи рублей	0,001
Доллары	Рубли	25,5761
Рубли	Доллары	0,0391
Евро	Рубли	36,1851

Рисунок 8.5 – Справочник «Курсы валют»

Этап 3 – ввод стоимости ресурсов. Для того чтобы выполнить любой процесс, необходимо затратить временные или материальные ресурсы. Ресурсами могут быть элементы классов «Субъекты» и «Объекты». Каждый ресурс характеризуется рядом стоимостных параметров, приведенных в окне свойств субъектов или объектов и сгруппированных в поле «Параметры стоимости» (рисунок 8.6).

Редактирование объекта 'Мастер' из Субъекты

Рассылка по сотрудникам

Название: Мастер

Параметры должности: ...

*Тип субъекта: Должность

№ п/п:

Нижележащие в оргдиаграмму не включать:

Включать в оргструктуру только подразделения:

Комментарий:

Параметры стоимости: Цена: 0,0000 ; Ставка в час: 100,0000 руб.

Редактирование объекта из БизнесМодель.СтоимостьСубъектов

Цена: 0

Валюта цены:

Единица измерения:

Ставка в час: 100


Валюта ставки: Рубли

Количество рабочих часов в день: 8

Полезное использование рабочего времени в день, %: 80

Рисунок 8.6 – Заполнение параметров стоимости ресурса

Этап 4 – назначение ресурсов на процесс. После того как определена стоимость всех ресурсов, для процесса можно выбрать те ресурсы, которые используются при его выполнении. Для этого необходимо внести информацию об используемых ресурсах на закладку «Ресурсы» в «Параметрах ФСА» процесса (рисунок 8.7).

Этап 5 – проведение имитации. После того как все необходимые параметры и списки заполнены, можно запускать имитацию рассматриваемого процесса. Для этого необходимо открыть диаграмму процесса и нажать кнопку , которая расположена на панели инструментов диаграммы процесса. Откроется окно имитации (рисунок 8.8).

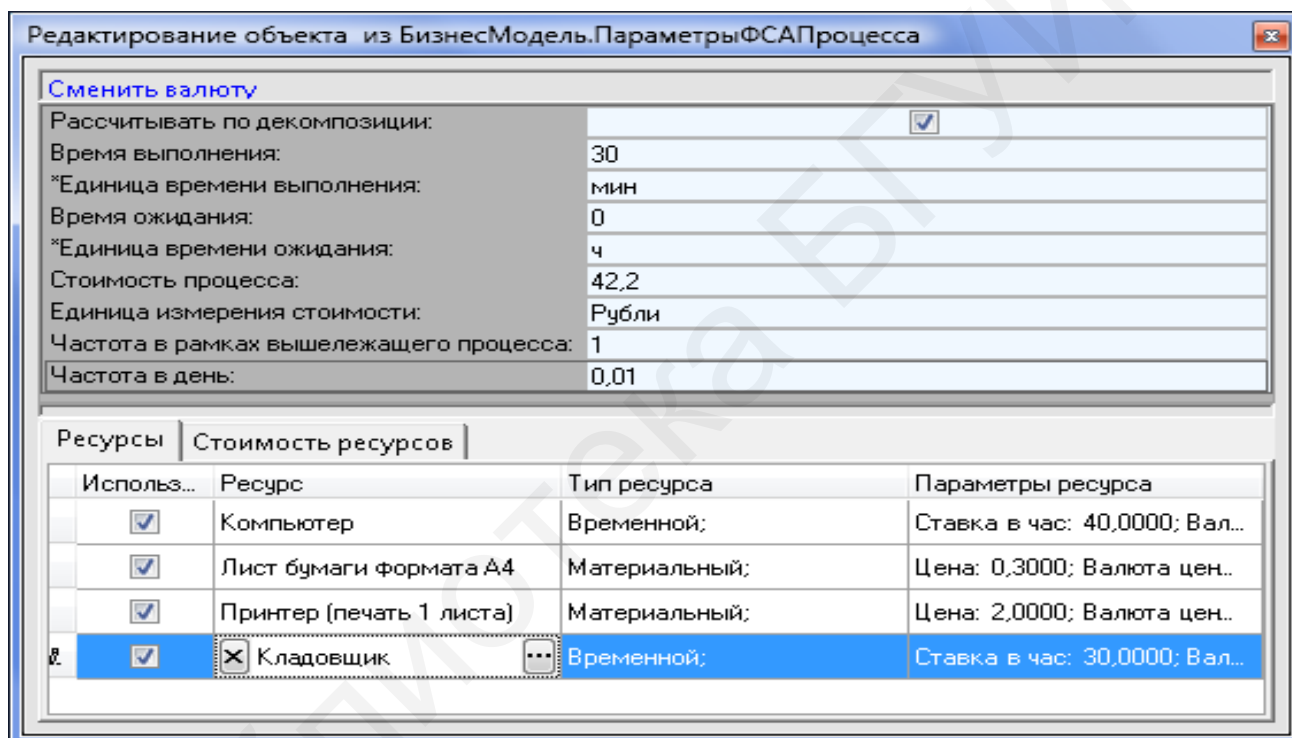


Рисунок 8.7 – Список «Ресурсы» процесса

При проведении имитации процесса в нотации ЕРС на диаграмме отображается количество повторений функций процесса, время от начала имитации до окончания выполнения каждой функции, количество повторений событий и операторов, а также вероятности возникновения событий (рисунок 8.9).

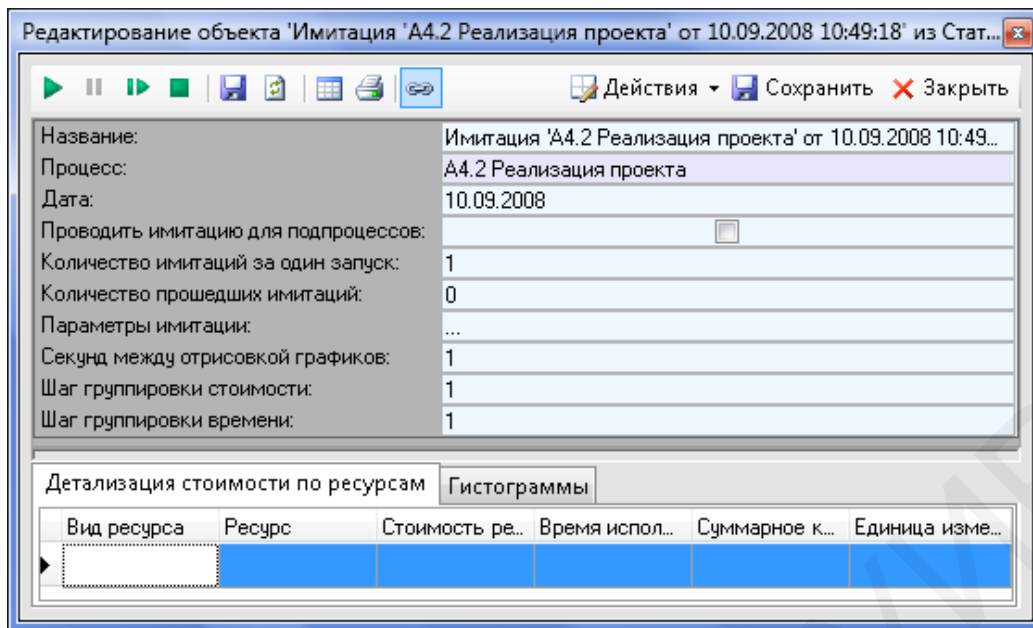


Рисунок 8.8 – Окно имитации

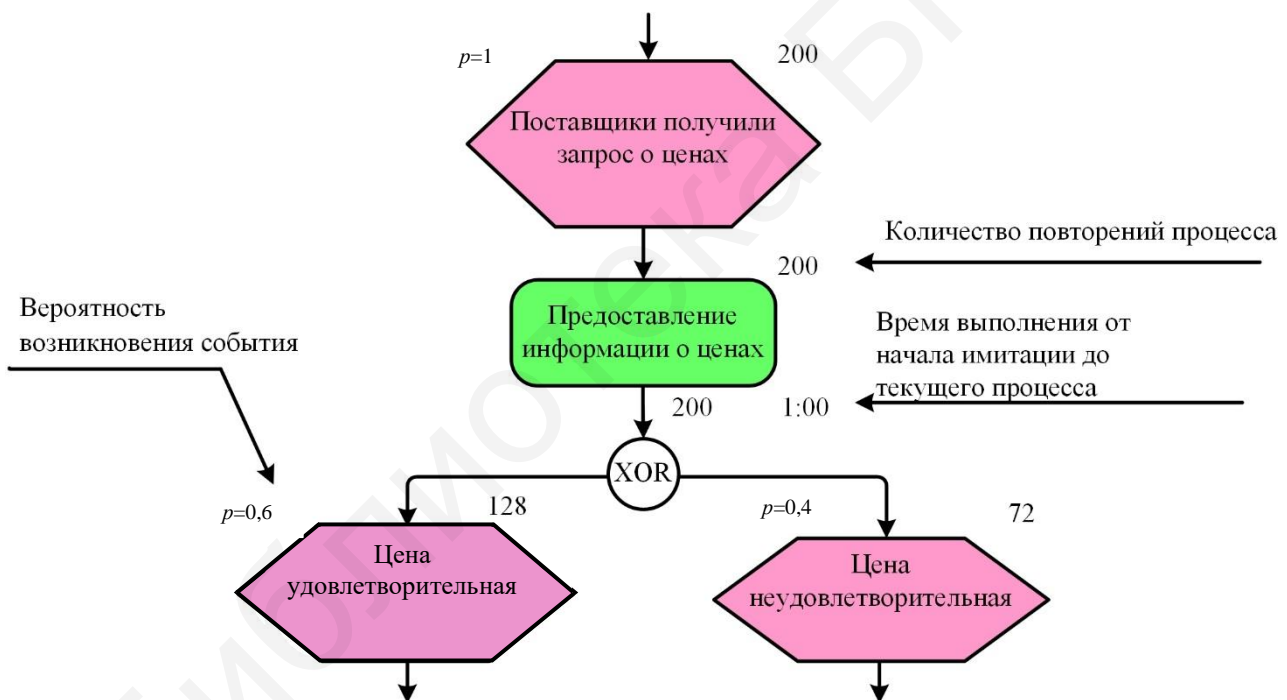


Рисунок 8.9 – Поля, отображаемые при имитации процесса EPC

Индивидуальное задание

На основе предыдущих лабораторных работ необходимо выполнить следующее:

- 1) Произвести имитационное моделирование бизнес-процесса, декомпозированного в нотации EPC по обеспечению средствами индивидуальной защиты персонала предприятия.

- 2) Предложить шаги по оптимизации бизнес-процесса.
- 3) Рассчитать необходимое количество сотрудников в должностях для бизнес-процесса.
- 4) Получить отчеты «ФСА процесса», «Использование материального ресурса».
- 5) Подготовить отчет по результатам имитации.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Параметры имитационного моделирования выбранного бизнес-процесса.
- 3) Результаты имитации.
- 4) Последовательность шагов по оптимизации бизнес-процесса.
- 5) Отчет «ФСА процесса».
- 6) Отчет «Использование материального ресурса».
- 7) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Дайте определения понятиям: имитационное моделирование, функционально-стоимостный анализ применительно к сфере промышленной безопасности.
- 2) Для чего предназначены имитационное моделирование и функционально-стоимостный анализ?
- 3) Назовите этапы имитационного моделирования.
- 4) Раскройте понятия последовательного, параллельного блока и блока с условиями.
- 5) Охарактеризуйте основные этапы ФСА.
- 6) Что включает расчет процесса в нотации IDEF0?
- 7) Какова специфика расчета стоимости в ФСА, взаимосвязи переноса стоимости?
- 8) Для чего осуществляется задание вероятностей, событий, имитаций?
- 9) Как происходит изменение следующих параметров: стоимость процесса, единица измерения стоимости?
- 10) В чем заключается смысл использования имитации процесса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 МЕТОД ВЗВЕШИВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Цель работы: освоить метод взвешивания экспертных оценок.

Теоретические сведения

Сущность метода экспертных оценок заключается в проведении экспертами интуитивно-логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и формальной обработкой результатов. При использовании данного метода оценок возникают проблемы подбора экспертов, проведения опроса экспертов, обработки результатов опроса, организации процедур экспертизы.

Рациональное использование информации, полученной от экспертов, возможно лишь при условии представления ее в форме, удобной для дальнейшего анализа, направленного на подготовку и принятие решений.

Возможности формализации информации зависят от специфических особенностей исследуемого объекта, надежности и полноты имеющихся данных, уровня принятия решения. Форма представления экспертных данных зависит и от принятого критерия, на выбор которого, в свою очередь, существенное влияние оказывает специфика исследуемой проблемы.

Пусть имеется m экспертов $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_m$, которые характеризуются оценками компетентности R_1, R_2, \dots, R_m . Каждый эксперт независимо от других экспертов проводит оценку n целей Z_1, Z_2, \dots, Z_n . В результате m независимых экспертиз получена матрица весов целей \mathfrak{G}_{ji} , вид матрицы весов целей представлен в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Матрица весов целей

$Z_i \backslash \mathcal{E}_j$	Z_1	Z_2	...	Z_n
\mathcal{E}_1	\mathfrak{G}_{11}	\mathfrak{G}_{12}	...	\mathfrak{G}_{1n}
\mathcal{E}_2	\mathfrak{G}_{21}	\mathfrak{G}_{22}	...	\mathfrak{G}_{2n}
...	
\mathcal{E}_m	\mathfrak{G}_{m1}	\mathfrak{G}_{m1}	...	\mathfrak{G}_{mn}

В этих условиях веса целей ω_i определяются формулой

$$\omega_i = \sum_{j=1}^m \mathfrak{G}_{ij} K_j, \quad (9.1)$$

где ϑ_{ji} – вес i -й цели от j -го эксперта;

K_j – относительный коэффициент компетентности j -го эксперта.

Относительный коэффициент компетентности:

$$K_i = \frac{R_i}{\sum_{j=1}^m R_j} (j = \overline{1, m}), \quad (9.2)$$

где R_i – оценка компетентности;

$\sum R_j$ – сумма оценок компетентностей всех экспертов.

Компетентность экспертов зависит от множества факторов:

- занимаемой должности;
- ученой степени;
- ученого звания;
- опыта практической работы;
- числа научных трудов;
- знания достижений науки и техники;
- понимания проблем и перспектив развития и др.

Если учитывать только два первых фактора, то можно предложить матрицу оценок компетентности экспертов, которая представлена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Матрица оценок компетентности

Занимаемая должность	Компетентность R_j			
	специалист без степени	кандидат наук	доктор наук	академик
Инженер по охране труда	1	-	-	-
Старший научный сотрудник, научный сотрудник, младший научный сотрудник	1	1,5	-	-
Главный научный сотрудник, ведущий научный сотрудник	-	2,25	3	-
Заведующий лабораторией, сектором	2	3	4	6
Заведующий отделом, заместитель	2,5	3,75	5	7,5
Руководитель комплекса, отделения	3	4,5	6	9
Директор, заместитель	4	6	8	12

Рассмотрим методику оценки компетентности экспертов, которая базируется на применении формулы

$$R_j = \frac{0,1R_{и} + R_a}{2}, \quad (9.3)$$

где $R_{и}$ и R_a – коэффициенты информированности и аргументированности эксперта по решаемой проблеме.

Коэффициент $R_{и}$ определяется на основе самооценки эксперта по решаемой проблеме:

- $R_{и}=0$ – эксперт совсем не знает проблемы;
- $R_{и}=1...3$ – эксперт поверхностно знаком с проблемой, но она находится в сфере его интересов;
- $R_{и} = 4...6$ – эксперт знаком с проблемой, но не принимает непосредственное участие в ее решении;
- $R_{и} = 7...9$ – эксперт знаком с проблемой и принимает непосредственное участие в ее решении;
- $R_{и} = 10$ – эксперт отлично знает проблему.

Коэффициент $R_{и}$ определяется в результате суммирования баллов по отметкам эксперта согласно таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Таблица оценок экспертов

Источник аргументации	Степень влияния источника на ваше мнение		
	высокая	средняя	низкая
Проведенный вами теоретический анализ	0,3	0,2	0,1
Ваш производственный опыт	0,5	0,4	0,2
Обобщение работ отечественных авторов	0,05	0,05	0,05
Обобщение работ зарубежных авторов	0,05	0,05	0,05
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	0,05	0,05	0,05
Ваша инструкция	0,05	0,05	0,05

Ход выполнения лабораторной работы

Пусть два эксперта \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 определяют оценку четырех целей: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 .

В результате двух независимых экспертиз получена матрица весов целей, представленная в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Матрица весов целей

$\Theta_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
$\Theta_1 (R_1)$	0,5	0	0,33	0,17
$\Theta_2 (R_2)$	0,54	0,04	0,2	0,17

Определим оценки компетентности экспертов, используя таблицу 9.4.

Здесь: Θ_1 – руководитель комплекса, кандидат наук, $R_1 = 4,5$; Θ_2 – директор, доктор наук, $R_2 = 8$.

Вычислим относительные коэффициенты компетентности экспертов:

$$K_1 = 4,5/12,5 = 0,36;$$

$$K_2 = 8/12,5 = 0,64.$$

Найдем искомые веса целей:

$$\omega_1 = 0,5 \cdot 0,36 + 0,54 \cdot 0,64 = 0,53;$$

$$\omega_2 = \dots = 0,02; \omega_3 = \dots = 0,28; \omega_4 = \dots = 0,17,$$

где $\sum_{i=1}^4 \omega_i = 1$.

Следовательно, предпочтения целей: Z_1, Z_3, Z_4, Z_2 .

Пример

Для решения проблемы, связанной с невозможностью предоставления жилья иногородним студентам, была созвана группа экспертов из четырех экспертов:

1-й – заведующий лабораторией, специалист без степени;

2-й – ведущий инженер без степени;

3-й – директор, академик;

4-й – руководитель комплекса, кандидат наук.

Предложено несколько альтернатив:

1) построить новое общежитие;

2) снять многоквартирный дом и частично оплачивать жилье;

3) назначить доплату незаселенным студентам.

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице, представленной в таблице 9.5. При этом в таблице приняты следующие обозначения: $\Theta_{1\dots i}$ – эксперты, $Z_{1\dots j}$ – проекты.

В нашем случае по результатам работы программы лучшая альтернатива 3 – «назначить доплату незаселенным студентам», затем 1 – «построить новое общежитие», затем 2 – «снять многоквартирный дом и частично оплачивать жилье».

Таблица 9.5 – Матрица альтернатив

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	10	7	9
Θ_2	3	4	5
Θ_3	8	6	10
Θ_4	4	2	7

Индивидуальное задание

По предложенному варианту применить метод взвешивания экспертных оценок и предложить наилучшую альтернативу.

Варианты заданий

1) За последний год на предприятии участились случаи производственного травматизма. Двум экспертам в области охраны труда для оценки предлагаются некоторые варианты решения данной проблемы (с целью выбрать наиболее эффективный вариант):

- а) провести обязательные инструктажи по охране труда;
- б) провести аттестацию рабочих мест по условиям труда;
- в) провести расследование на предмет халатности получивших травмы.

Здесь: Θ_1 – директор предприятия, стаж работы 3 года; Θ_2 – инженер по охране труда, стаж работы на должности 15 лет.

Оценки компетентности $R_1=3$, $R_2=9$.

В результате независимых экспертиз получена матрица весов целей (таблицы 9.6–9.8).

Таблица 9.6 – Матрица альтернатив. Вариант 1. Подвариант 1

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	0,25	0,25	0,5
Θ_2	0,4	0,5	0,1

Таблица 9.7 – Матрица альтернатив. Вариант 1. Подвариант 2

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	0,44	0,35	0,21
Θ_2	0,1	0,33	0,67

Таблица 9.8 – Матрица альтернатив. Вариант 1. Подвариант 3

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	0,35	0,2	0,45
Θ_2	0,22	0,38	0,5

2) Чтобы проверить готовность системы пожарной безопасности перед приходом пожарной инспекции, необходимо:

- а) провести тренировочную эвакуацию всего персонала;
- б) обновить пожарный инвентарь;
- в) провести инструктаж по пожарной безопасности.

Здесь: Θ_1 – инженер по охране труда; Θ_2 – ведущий инженер.

Оценки компетентности $R_1=7$, $R_2=8$.

Получена матрица весов целей (таблицы 9.9–9.11).

Таблица 9.9 – Матрица альтернатив. Вариант 2. Подвариант 1

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	0,4	0,4	0,2
Θ_2	0,3	0,4	0,3

Таблица 9.10 – Матрица альтернатив. Вариант 2. Подвариант 2

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	0,8	0,1	0,1
Θ_2	0,22	0,35	0,43

Таблица 9.11 – Матрица альтернатив. Вариант 2. Подвариант 3

Z_j \backslash Θ_i	Z_1	Z_2	Z_3
Θ_1	0,14	0,34	0,52
Θ_2	0,73	0,14	0,13

Рассчитать методом взвешивания экспертных оценок наиболее предпочтительный проект.

3) Необходимо повысить уровень безопасности персонала при работе с электрооборудованием. Предложено несколько альтернатив:

- а) обновить оборудование;

б) проверить знания инструкции по безопасности путем тестирования персонала;

в) закупить новый инвентарь (диэлектрические коврики и т. п.).

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице весов целей (таблицы 9.12–9.14).

Таблица 9.12 – Матрица альтернатив. Вариант 3. Подвариант 1

Z_j	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_i			
\mathcal{E}_1	0,5	0,3	0,2
\mathcal{E}_2	0,3	0,3	0,4

Таблица 9.13 – Матрица альтернатив. Вариант 3. Подвариант 2

Z_j	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_i			
\mathcal{E}_1	0,66	0,13	0,21
\mathcal{E}_2	0,43	0,37	0,2

Таблица 9.14 – Матрица альтернатив. Вариант 3. Подвариант 3

Z_j	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_i			
\mathcal{E}_1	0,35	0,43	0,22
\mathcal{E}_2	0,03	0,13	0,84

Здесь: \mathcal{E}_1 – директор предприятия, \mathcal{E}_2 – главный инженер.

Определить наилучшую альтернативу, если коэффициенты компетентности R_1 и R_2 равны 5,5 и 8,5 соответственно.

4) Два эксперта проводят оценку четырех целей путем улучшения условий труда в старом цеху, а именно:

- а) закупка нового оборудования;
- б) усовершенствование системы освещения;
- в) проведение капитального ремонта в цеху;
- г) приобретение нового помещения.

Здесь: \mathcal{E}_1 – главный инженер; \mathcal{E}_2 – заместитель директора по охране труда.

Оценки компетентности, основанные на стаже работы: $R_1=8$ и $R_2=8,5$.

В результате проведения экспертизы получена матрица весов целей (таблицы 9.15–9.17).

Таблица 9.15 – Матрица альтернатив. Вариант 4. Подвариант 1

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,2	0,14	0,16	0,5
\mathcal{E}_2	0,4	0,25	0,15	0,2

Таблица 9.16 – Матрица альтернатив. Вариант 4. Подвариант 2

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,32	0,04	0,15	0,49
\mathcal{E}_2	0,13	0,29	0,35	0,23

Таблица 9.17 – Матрица альтернатив. Вариант 4. Подвариант 3

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,24	0,31	0,37	0,08
\mathcal{E}_2	0,3	0,45	0,15	0,1

5) На место ответственного за охрану труда на предприятии необходимо выбрать одного из трех кандидатов, занимающих следующие должности:

- а) инженер-системотехник со стажем 5 лет;
- б) ведущий специалист со стажем 10 лет;
- в) инженер по охране труда со стажем 8 лет.

Здесь: \mathcal{E}_1 – генеральный директор предприятия; \mathcal{E}_2 – главный инженер.

Оценки компетентности, основанные на стаже работы: $R_1=9$ и $R_2=8,5$.

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице весов целей (таблицы 9.18–9.20).

Таблица 9.18 – Матрица альтернатив. Вариант 5. Подвариант 1

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,3	0,44	0,26
\mathcal{E}_2	0,21	0,33	0,46

Таблица 9.19 – Матрица альтернатив. Вариант 5. Подвариант 2

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,12	0,13	0,75
\mathcal{E}_2	0,33	0,23	0,44

Таблица 9.20 – Матрица альтернатив. Вариант 5. Подвариант 3

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,22	0,33	0,45
\mathcal{E}_2	0,53	0,13	0,34

б) Профицит бюджета за первый квартал 2004 г. составил 7 %. Эксперты проводят исследование для выбора сферы, наиболее важной для государства, чтобы выделить средства из бюджета:

- а) повышение заработных плат до запланированного на текущий год уровня;
- б) модернизация и технологическое обновление промышленности;
- в) инвестиционная деятельность;
- г) создание новых рабочих мест, запланированных к концу года.

Здесь: \mathcal{E}_1 – министр финансов; \mathcal{E}_2 – президент страны.

Коэффициенты компетентности, основанные на стаже работы и знания решаемой проблемы, R_1 и R_2 соответственно равны 10,5 и 12.

В результате проведения экспертизы получена матрица весов целей (таблицы 9.21–9.23).

Таблица 9.21 – Матрица альтернатив. Вариант 6. Подвариант 1

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,24	0,25	0,13	0,38
\mathcal{E}_2	0,33	0,15	0,34	0,18

Таблица 9.22 – Матрица альтернатив. Вариант 6. Подвариант 2

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,14	0,34	0,16	0,36
\mathcal{E}_2	0,19	0,35	0,27	0,19

Таблица 9.23 – Матрица альтернатив. Вариант 6. Подвариант 3

$Z_j \backslash \mathcal{E}_i$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,33	0,24	0,18	0,25
\mathcal{E}_2	0,42	0,12	0,3	0,16

7) В результате успешной деятельности банка руководство стоит перед проблемой организации дальнейшего бесперебойного предоставления услуг населению, расширения, привлечения новых клиентов. Для этого экспертам поручено определить наиболее удачный вариант решения вопроса:

а) открытие дополнительного филиала в городе;

б) приобретение здания необходимого размера для перемещения банка и его расширения;

в) введение круглосуточного режима работы, увеличение кадров.

г) Здесь: \mathcal{E}_1 – управляющий банком; \mathcal{E}_2 – эксперт из Национального банка Республики Беларусь. Оценки компетентности соответственно равны 9 и 9,5 соответственно.

Определить наилучший вариант решения вопроса расширения для руководства.

В результате проведенных исследований получена матрица весов целей (таблицы 9.24–9.26).

Таблица 9.24 – Матрица альтернатив. Вариант 7. Подвариант 1

$\mathcal{E}_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,5	0,3	0,2
\mathcal{E}_2	0,45	0,25	0,3

Таблица 9.25 – Матрица альтернатив. Вариант 7. Подвариант 2

$\mathcal{E}_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,25	0,13	0,62
\mathcal{E}_2	0,15	0,35	0,5

Таблица 9.26 – Матрица альтернатив. Вариант 7. Подвариант 3

$\mathcal{E}_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3
\mathcal{E}_1	0,25	0,37	0,38
\mathcal{E}_2	0,35	0,11	0,64

8) Группа квалифицированных экспертов проводит оценку четырех вариантов по строительству торгового центра:

а) достроить одноэтажное неиспользуемое помещение в центральном районе города;

б) построить новый супермаркет, требующий крупных капиталовложений, с выгодным расположением;

в) построить супермаркет за чертой города с небольшими затратами;

г) построить торговый центр на окраине города (район оснащен развитой транспортной сетью и паркингом).

Здесь: \mathcal{E}_1 – главный архитектор столицы; \mathcal{E}_2 – эксперт комитета по градостроительству; \mathcal{E}_3 – руководитель проекта данной строительной компании.

Оценки компетентности соответственно равны 9,5, 8,5 и 9 соответственно. Определить наиболее выгодный план проекта.

Оценки экспертов предложенных альтернатив приведены в матрице весов целей (таблицы 9.27–9.29).

Таблица 9.27 – Матрица альтернатив. Вариант 8. Подвариант 1

$\mathcal{E}_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,3	0,37	0,23	0,1
\mathcal{E}_2	0,4	0,3	0,1	0,1
\mathcal{E}_3	0,15	0,35	0,23	0,27

Таблица 9.28 – Матрица альтернатив. Вариант 8. Подвариант 2

$\mathcal{E}_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,1	0,32	0,13	0,45
\mathcal{E}_2	0,2	0,4	0,23	0,17
\mathcal{E}_3	0,35	0,15	0,13	0,37

Таблица 9.29 – Матрица альтернатив. Вариант 8. Подвариант 3

$\mathcal{E}_i \backslash Z_j$	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
\mathcal{E}_1	0,23	0,17	0,33	0,27
\mathcal{E}_2	0,1	0,44	0,32	0,14
\mathcal{E}_3	0,45	0,15	0,27	0,13

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Исходные данные.
- 3) Расчет методом взвешивания экспертных оценок.
- 4) Список предложенных альтернатив в порядке убывания значимости.
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Как определяется относительный коэффициент компетентности?
- 2) Как составляется матрица оценок компетентности экспертов?
- 3) Каким образом формируется матрица весов целей?
- 4) Опишите методику оценки компетентности экспертов в области промышленной безопасности, которая базируется на применении формул.
- 5) На основе чего определяется коэффициент $R_{и}$, какие значения он может принимать?

Библиотека БГУИР

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10
ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ НЕСТРУКТУРИЗОВАННЫХ ПРОБЛЕМ.
ПОИСК НАИЛУЧШЕЙ АЛЬТЕРНАТИВЫ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА
КОНДОРСЕ

Цель работы: освоить метод поиска наилучшей альтернативы применительно к промышленной безопасности на основе принципа Кондорсе.

Теоретические сведения

Кондорсе определил правило, по которому сравнение выбираемых альтернатив (кандидатов) производится с учетом полной ординалистской информации о предпочтениях избирателей. Согласно принципу Кондорсе, «для определения истинной воли большинства необходимо, чтобы каждый голосующий проранжировал всех кандидатов в порядке их предпочтения» [9]. После этого для каждой пары кандидатов определяется, сколько голосующих предпочитает одного кандидата другому – формируется полная матрица попарных предпочтений избирателей. Рассмотрим принцип Кондорсе, базируясь на результатах частных ранжирований альтернатив: a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 .

1) Эксперты осуществляют ранжирование альтернатив:

$$\mathcal{E}_1 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_3 \\ a_2 \\ a_5 \\ a_4 \end{pmatrix}, \mathcal{E}_2 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_4 \\ a_3 \\ a_5 \end{pmatrix}, \mathcal{E}_3 = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_5 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix}, \mathcal{E}_4 = \begin{pmatrix} a_2 \\ a_3 \\ a_1 \\ a_5 \\ a_4 \end{pmatrix}, \mathcal{E}_5 = \begin{pmatrix} a_2 \\ a_4 \\ a_3 \\ a_1 \\ a_5 \end{pmatrix}. \quad (10.1)$$

2) Находятся оценки m_{ik} , характеризующие предпочтение альтернатив.

Таблица 10.1 – Матрица оценок предпочтений альтернатив

m_{ik}	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
a_1	-	3	3	4	5
a_2	2	-	4	5	5
a_3	2	1	-	3	4
a_4	1	0	2	-	2
a_5	0	0	1	3	-

3) Выполняются проверки согласно принципу Кондорсе: наилучшей является альтернатива a_i , если $m_{ik} \geq m_{ki}$ для всех $k \neq i$:

$K = 4$, $m_{14} \geq m_{41}$, $4 > 1$ – выполняется, т. е. правилу Кондорсе удовлетворяет только альтернатива a_1 .

4) Выбирается альтернатива Кондорсе. Это a_1 .

Пример

Правительство приняло решение выделить денежные средства из бюджета наиболее важному социальному объекту. Для выделения самого приоритетного была создана комиссия из пяти экспертов и рассмотрены предложенные варианты:

- а) разбить парк отдыха;
- б) построить теннисные корты;
- в) построить новую телебашню;
- г) реконструировать центральную площадь;
- д) построить библиотеку.

Эксперты осуществляют ранжирование альтернатив в соответствии с выражением (10.1).

Определяем наилучшую альтернативу.

Индивидуальное задание

По предложенному варианту применить метод поиска наилучшей альтернативы на основе принципа Кондорсе и предложить наилучшую альтернативу.

Варианты заданий

1) Перед заместителем директора по охране труда стоит задача выбора дальнейших перспектив развития предприятия. Для решения этой проблемы он пригласил работника органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, доктора технических наук – специалиста по пожароопасным объектам и преподавателя Белорусского института по повышению квалификации персонала в качестве экспертов. Им предстоит выбрать наилучшую для предприятия альтернативу:

- а) направить персонал предприятия на повышение квалификации в области охраны труда;
- б) направить персонал на получение новой специальности на базе высшего образования – создатель системы качества предприятия;

в) провести внутренний аудит системы промышленной безопасности предприятия;

г) модернизировать имеющееся оборудование промышленной безопасности предприятия;

д) провести дополнительные мероприятия с персоналом предприятия по охране труда.

Ранжирование альтернатив экспертами.

Вариант 1: \mathcal{E}_i – эксперты, $a_{1\dots j}$ – альтернативы;

$\mathcal{E}_1 - (a_1, a_3, a_2, a_5, a_4)$; $\mathcal{E}_2 - (a_5, a_2, a_1, a_4, a_3)$; $\mathcal{E}_3 - (a_4, a_5, a_3, a_2, a_1)$. Определить наилучшую альтернативу.

Вариант 2: проранжировать альтернативы самостоятельно и осуществить выбор наилучшей альтернативы.

2) Администрация университета решила повысить эффективность системы пожарной безопасности в общежитии. Для этого студгородку выделены деньги. Совет студгородка создал группу экспертов из трёх человек для выбора наилучшего варианта:

а) обновить пожарную систему;

б) выдать в каждую комнату огнетушитель;

в) установить новую противопожарную систему;

г) проверить готовность студентов к ЧС.

Ранжирование альтернатив экспертами.

Вариант 1: $\mathcal{E}_{1\dots i}$ – эксперты, $a_{1\dots j}$ – альтернативы;

$\mathcal{E}_1 - (a_2, a_1, a_3, a_4)$; $\mathcal{E}_2 - (a_3, a_1, a_4, a_2)$; $\mathcal{E}_3 - (a_1, a_3, a_2, a_4)$. Определить наилучшую альтернативу.

Вариант 2: проранжировать альтернативы самостоятельно и осуществить выбор наилучшей альтернативы.

3) Администрация района решила снизить количество случаев травматизма на предприятиях. Собрана группа из четырех экспертов для выбора наилучшей альтернативы:

а) провести аудит системы промышленной безопасности предприятия;

б) отправить инженеров по охране труда предприятий района на оплачиваемые администрацией курсы повышения квалификации;

в) провести массированную проверку систем охраны труда на предприятиях района;

г) провести конкурс среди предприятий района на самый низкий уровень травматизма за последний год.

Ранжирование альтернатив экспертами.

Вариант 1: $\mathcal{E}_{1\dots i}$ – эксперты, $a_{1\dots j}$ – альтернативы;

$\mathcal{E}_1 - (a_1, a_3, a_4, a_2)$; $\mathcal{E}_2 - (a_1, a_3, a_2, a_4)$; $\mathcal{E}_3 - (a_4, a_1, a_3, a_2)$; $\mathcal{E}_4 - (a_3, a_1, a_2, a_4)$.

Определить наилучшую альтернативу.

Вариант 2: проранжировать альтернативы самостоятельно и осуществить выбор наилучшей альтернативы.

4) Государственному предприятию выделены деньги для повышения надежности системы охраны труда. Для выбора лучшего варианта собрана группа из трех экспертов. Возможные альтернативы:

а) закупить систему видеослежения для производственных цехов предприятия;

б) нанять специалиста по проведению аудита системы промышленной безопасности предприятия;

в) приобрести новое оборудование для наиболее опасного производства на предприятии;

г) провести модернизацию имеющегося на предприятии травмоопасного оборудования.

Ранжирование альтернатив экспертами.

Вариант 1: $\mathcal{E}_{1\dots i}$ – эксперты, $a_{1\dots j}$ – альтернативы;

$\mathcal{E}_1 - (a_4, a_1, a_3, a_2)$; $\mathcal{E}_2 - (a_2, a_1, a_3, a_4)$; $\mathcal{E}_3 - (a_2, a_4, a_1, a_3)$. Определить наилучшую альтернативу.

Вариант 2: проранжировать альтернативы самостоятельно и осуществить выбор наилучшей альтернативы.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Исходные данные.
- 3) Последовательность хода поиска наилучшей альтернативы по принципу Кондорсе.
- 4) Список предложенных альтернатив в порядке убывания значимости.
- 5) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Раскройте понятие принципа Кондорсе.
- 2) Каковы критерии выбора наилучшей альтернативы по принципу Кондорсе?
- 3) В чем заключается отличительная особенность метода?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11 ОДНОСЛОЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

Цель работы: создать и обучить однослойную нейронную сеть с известными входными и выходными параметрами.

Теоретические сведения

Основной элемент нейронной сети – формальный нейрон, осуществляющий операцию нелинейного преобразования суммы произведений входных сигналов на весовые коэффициенты:

$$y = F\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i\right) = F(WX), \quad (11.1)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – вектор входного сигнала;

$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ – весовой вектор;

F – оператор нелинейного преобразования.

Схема нейронного элемента (рисунок 11.1) состоит из сумматора Σ и блока нелинейного преобразования F . Каждому i -му входу нейрона соответствует весовой коэффициент ω_i , синапс, характеризующий силу синаптической связи по аналогии с биологическим нейроном.

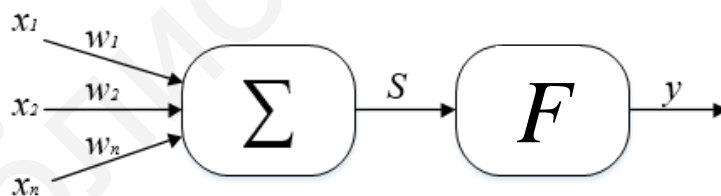


Рисунок 11.1 – Нейронный элемент

Сумма произведений входных сигналов на весовые коэффициенты называется взвешенной суммой. Она представляет собой скалярное произведение вектора весов на входной вектор:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i = (W, X) = |W||X|\cos\alpha, \quad (11.2)$$

где $|W|$, $|X|$ – соответственно длины векторов W и X ;

$\alpha = W \wedge X$ – угол между векторами W и X .

Длины весового и входного векторов определяются через их координаты:

$$|W| = \sqrt{w_1^2 + w_2^2 + \dots + w_n^2}; \quad |X| = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}. \quad (11.3)$$

Так как для нейронного элемента длина весового вектора после обучения $|W| = \text{const}$, то величина взвешенной суммы определяется проекцией входного вектора на весовой вектор:

$$S = |W| |X| \cos \alpha = |W| X_w, \quad (11.4)$$

где X_w – проекция вектора X на вектор W .

Если входные векторы нормированы, т. е. $|X| = \text{const}$, то величина взвешенной суммы будет зависеть только от угла между векторами X и W . Тогда при различных входных сигналах взвешенная сумма будет изменяться по косинусоидальному закону. Максимального значения она будет достигать при коллинеарности входного и весового векторов.

Если сила связи ω_i отрицательная, то такая связь называется тормозящей. В противном случае синаптическая связь является усиливающей.

Оператор нелинейного преобразования называется функцией активации нейронного элемента, вектор входного сигнала – паттерном входной активности нейронной сети, а вектор выходного сигнала – паттерном выходной активности.

Самоадаптация и самоорганизация нейронных сетей достигаются в процессе их обучения, в ходе которого определяются синаптические связи между нейронными элементами. Обучающие правила определяют, как изменяются весовые коэффициенты в ответ на входное воздействие.

Правило обучения Хебба имеет биологические предпосылки. Оно является основой методов обучения нейронных сетей. Согласно этому правилу, обучение происходит в результате усиления силы связи (синаптического веса) между одновременно активными нейронами. В результате этого часто используемые в сети связи усиливаются, что объясняет феномен обучения путем повторения и привыкания.

Пусть имеются два нейронных элемента i и j , между которыми существует сила связи, равная ω_{ij} (рисунок 11.2).

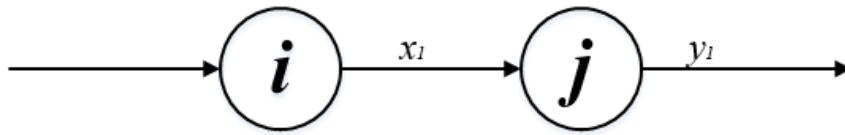


Рисунок 11.2 – Взаимосвязь двух нейронных элементов

Тогда правило обучения Хебба можно записать следующим образом:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + x_i y_j, \quad (11.5)$$

где t – время;

x_i и y_j – соответственно выходное значение i -го и j -го нейронов.

В начальный момент времени предполагается, что

$$w_{ij}(t=0) = 0, \forall i, j. \quad (11.6)$$

Рассмотрим применение правила Хебба для простейшей нейронной сети, состоящей из двух входных и одного выходного нейронов (рисунок 11.3). В такой сети порог выходного нейронного элемента является скрытым в этом элементе.

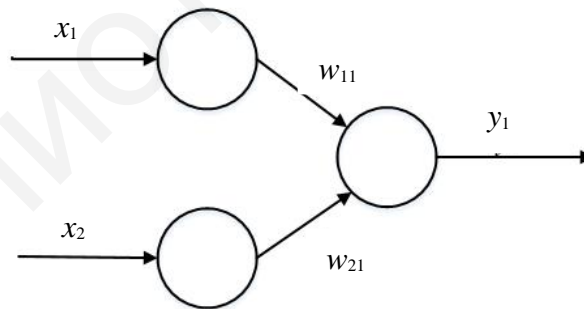


Рисунок 11.3 – Сеть с одним выходным нейроном

При операциях с нейронными сетями порог нейронного элемента можно вынести за его пределы и изобразить как синаптическую связь (рисунок 11.4) с весовым коэффициентом, равным значению T .

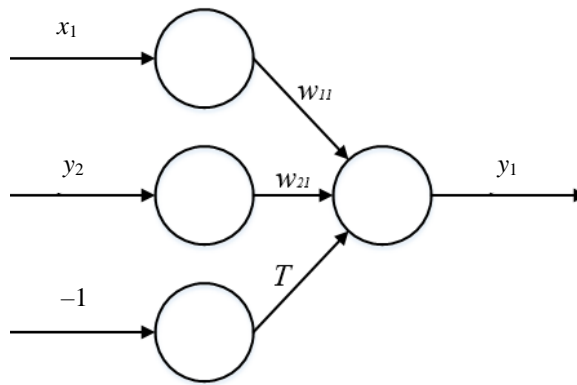


Рисунок 11.4 – Представление порогового значения в виде синаптической связи

Так как входное значение, подаваемое на дополнительный нейрон, равняется минус 1, то взвешенная сумма

$$S = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 - T. \quad (11.7)$$

Данное выражение является эквивалентным (11.2). Обучение нейронной сети происходит путем настройки весовых коэффициентов и порогов нейронных элементов. Поэтому рассмотренное выше преобразование позволяет настраивать весовые коэффициенты и пороги сети как единое целое.

Правило Хебба для нейронной сети можно представить в виде следующих выражений:

$$w_{11}(t+1) = w_{11}(t) + x_1 y_1; \quad (11.8)$$

$$w_{21}(t+1) = w_{21}(t) + x_2 y_1; \quad (11.9)$$

$$T(t+1) = T(t) - y_1. \quad (11.10)$$

Аналогичным образом правило Хебба записывается для нейронной сети большей размерности.

Рассмотрим матричную формулировку правила Хебба. Пусть L – число входных образов, подаваемых на нейронную сеть, n – размерность одного образа. Тогда совокупность входных образов можно представить в виде матрицы

$$X = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \cdots & x_n^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \cdots & x_n^2 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_1^L & x_2^L & \cdots & x_n^L \end{bmatrix},$$

где $X^L = (x_1^L, x_2^L, \dots, x_n^L)$ соответствует L -му входному образу.

Весовые коэффициенты нейронной сети можно также представить в виде матрицы. Тогда матрица взвешенной суммы

$$S = XW, \quad (11.11)$$

а матрица выходных значений нейронной сети

$$Y = F(S). \quad (11.12)$$

Правило Хебба в матричной форме можно представить в следующем виде:

$$W = X^T Y. \quad (11.13)$$

Правило Хебба может использоваться как при обучении с учителем, так и без него. Если в качестве выходных значений у нейронной сети используются эталонные значения, то это правило будет соответствовать обучению с учителем. При использовании в качестве y реальных значений, которые получаются при подаче на вход сети входных образов, правило Хебба соответствует обучению без учителя.

В последнем случае весовые коэффициенты нейронной сети в начальный момент времени инициализируются случайным образом. Обучение с использованием правила Хебба заканчивается после подачи всех имеющихся входных образов на нейронную сеть. Следует также отметить, что в общем случае правило Хебба не гарантирует сходимости процедуры обучения нейронной сети.

Индивидуальное задание

Спроектировать однослойную нейронную сеть по распознаванию одного определенного символа, заданного изображением.

Для выполнения лабораторной работы требуется:

- сформировать выборку верных изображений заданного символа в черно-белом;
- сформировать выборку ложных изображений;
- обучить спроектированную нейронную сеть выдавать результат «да» или «нет» на поданное изображение, т. е. ответить на вопрос, является изображение заданным символом или нет;
- обучение нейронной сети осуществлять с помощью правила Хебба;
- для обучения и идентификации использовать пороговую функцию активации.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Топология создаваемой нейронной сети (в виде графа).
- 3) Формулы для обучения нейронной сети.
- 4) Исходные данные.
- 5) Блок-схема алгоритма.
- 6) Результаты работы нейронной сети.
- 7) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Дайте определение формальному нейрону.
- 2) Напишите формулу нелинейного преобразования формального нейрона.
- 3) Нарисуйте схему нейронного элемента.
- 4) Определите понятие взвешенной суммы.
- 5) Напишите формулу взвешенной суммы в векторном виде.
- 6) Охарактеризуйте правило обучения Хебба.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

ОДНОСЛОЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ С КЛАССИФИКАЦИЕЙ

Цель работы: создать и обучить нейронную сеть с известными входными параметрами.

Теоретические сведения

Данные сети позволяют в результате обучения осуществлять топологически непрерывное отображение F входного n -мерного пространства в выходное m -мерное пространство, т. е. $[F:R^n \rightarrow R^m]$. При этом обучение здесь происходит без учителя на основе образов, поступающих на сеть. В качестве метода обучения используется конкурентное обучение. Структура самоорганизующейся нейронной сети представляет собой сеть с прямым распространением сигнала. По мере поступления входных образов на такую сеть посредством обучения происходит разбиение n -мерного входного пространства на различные области решений, каждой из которых соответствует отдельный нейрон. Границы отдельной области перпендикулярны линиям, проведенным между центроидами соседних областей решений. Такое разделение пространства называется диаграммой Вороного (Voronoi) или картами Кохонена. Для двухмерного случая ($n = 2, m > n$) область решений представляет собой правильные шестиугольники (рисунок 12.1), в результате чего получается наименьшая ошибка. Для $n > 2$ наилучшая форма областей решений является неизвестной.

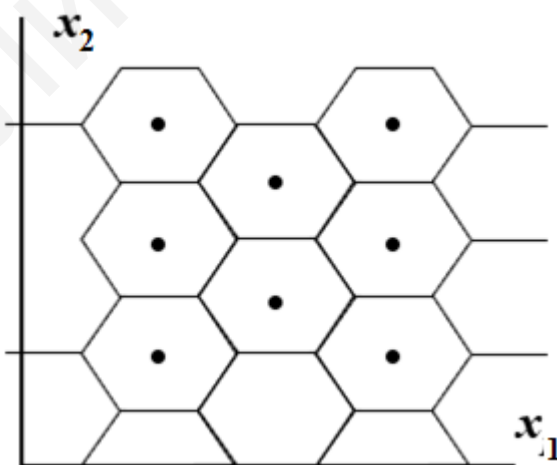


Рисунок 12.1 – Разбиение входного пространства образов

Таким образом, самоорганизация таких сетей происходит в результате топологического упорядочивания входной информации по различным m зонам. Такие зоны или области решения называются кластерами.

Конкурентное обучение (competitive learning) – основной метод для обучения нейронных сетей Кохонена. Нейронные сети, использующие такой метод обучения, называются конкурентными. Конкурентная нейронная сеть в общем случае представляет собой двухслойную нейронную сеть с прямыми связями (рисунок 12.2). Первый слой выполняет чисто распределительные функции, причем каждый нейрон его имеет соединения со всеми нейронными элементами выходного слоя. Второй слой осуществляет конкуренцию между нейронными элементами, в результате которой определяется нейрон-победитель.

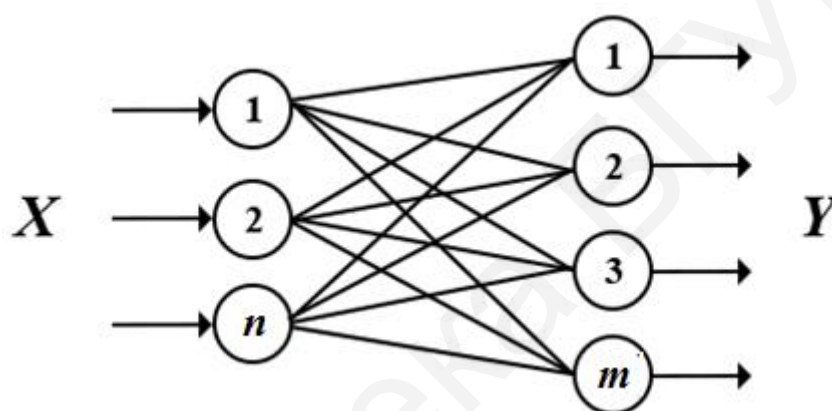


Рисунок 12.2 – Топология конкурентной нейронной сети

Для нейрона-победителя синаптические связи усиливаются, а для остальных нейронов не изменяются или могут уменьшаться. В результате этого процесса осуществляется конкурентное обучение (competitive learning). Победителем в конкуренции является нейрон, который в результате подачи на вход сети определенного образа имеет максимальную взвешенную активность.

$$S_j = \sum_i w_{ij} x_i = W_j X^T, \quad (12.1)$$

где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – входной образ;

$W = \{w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{nj}\}$ – вектор-столбец весовых коэффициентов j -го выходного нейрона.

Пусть $S_k = \max_j S_j$.

Тогда активность выходных нейронов

$$y_j = F(S_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } j = k; \\ 0, & \text{если } j \neq k, \end{cases} \quad (12.2)$$

где $j = \overline{1, m}$.

Таким образом, после обучения нейронной сети при подаче входного образа активность нейрона-победителя принимается равной единице, а остальных нейронов – нулю. Это правило известно под названием «победитель берет все» (winner take all). Выражение (12.1) эквивалентно скалярному произведению вектора весов соответствующего нейронного элемента на входной вектор нейронной сети:

$$S_j = |W_j| |X| \cos \alpha, \quad (12.3)$$

где $\alpha = \widehat{W_j X}$;

$|W|$ и $|X|$ – модули векторов W_i и X .

Обозначим $P = |X| \cos \alpha$, где P – проекция вектора X на вектор W . Тогда

$$S_j = |W_j| P. \quad (12.4)$$

Если векторы $|W|$ и $|X|$ не нормированы, то происходит неадекватное определение нейрона-победителя (рисунок 12.3). Как следует из рисунка 12.3, нейрон, вектор весов которого W_2 больше отличается от входного образа X , чем нейрон, имеющий весовой вектор W_1 , становится победителем. Поэтому при определении нейрона-победителя по взвешенной активности (12.1) необходимо нормализовать весовые и входные векторы для каждого нейрона. Нормализация осуществляется следующим образом:

$$|X| = \sqrt{\sum_i x_i^2} = 1; \quad (12.5)$$

$$|W_j| = \sqrt{\sum_i w_{ij}^2} = 1. \quad (12.6)$$

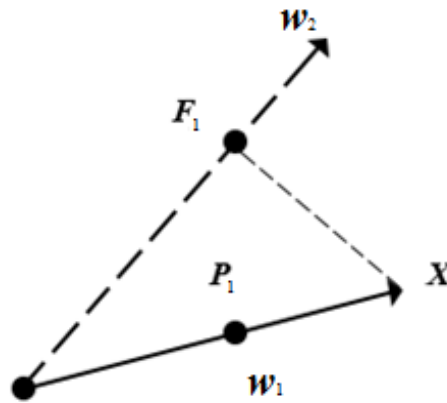


Рисунок 12.3 – Геометрическая интерпретация определения нейрона-победителя при ненормированных весовом векторе и входном образе

Тогда взвешенная активность j -го нейрона

$$S_j = |W_j| |X| \cos \alpha = \cos \alpha. \quad (12.7)$$

Из выражения (12.7) следует, что максимальную активность будет иметь тот нейрон, весовой вектор которого коллинеарен входному вектору. Концы векторов при этом находятся на поверхности n -мерной сферы (гиперсферы), радиус которой равен единице (рисунок 12.4).

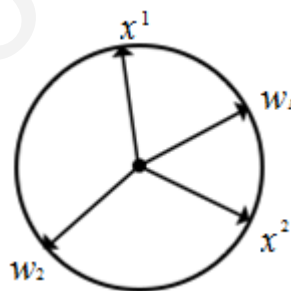


Рисунок 12.4 – Гиперсфера входных и весовых векторов

В (12.7) взвешенная сумма эквивалентна коэффициенту взаимной корреляции между входным и весовым векторами. Он будет равен единице, когда угол между векторами равен нулю. Отсюда следует, что правило настройки весовых коэффициентов нейрона-победителя должно соответствовать вращению вектора W_k в сторону вектора X (рисунок 12.5).

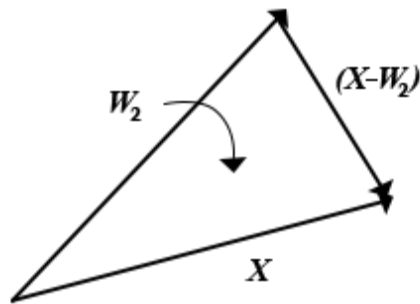


Рисунок 12.5 – Модификация весового вектора нейрона-победителя

В результате можно записать следующее правило обучения для вектора весов нейрона-победителя:

$$W_k(t+1) = W_k(t) + \gamma(X - W_k(t)), \quad (12.8)$$

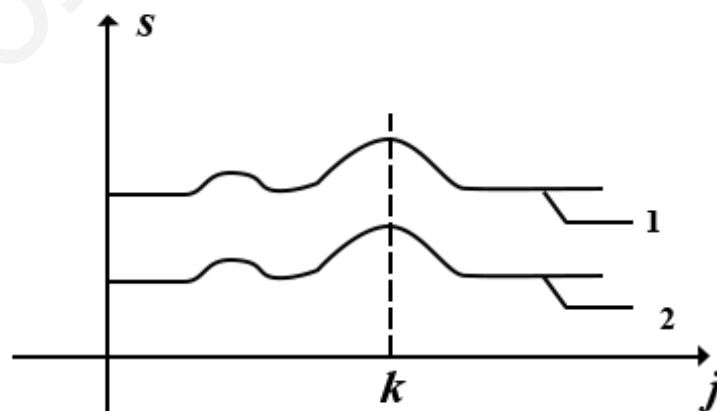
где $0 < \gamma < 1$ характеризует скорость обучения.

В качестве нейрона-победителя выбирается такой нейрон, весовой вектор которого наиболее близок к входному вектору. В обычной форме правило обучения для k -го нейрона-победителя можно представить как

$$w_{ik}(t+1) = w_{ik}(t) + \gamma(x_i - w_{ik}(t)),$$

где $i = \overline{1, n}$.

При применении данного правила к k -му нейрону усиливается его выходная активность (рисунок 12.6).



1 – до обучения; 2 – после обучения

Рисунок 12.6 – Профили активности нейронов

Так как весовой вектор должен быть нормированным, то правило (12.8) изменения весового вектора модифицируется следующим образом:

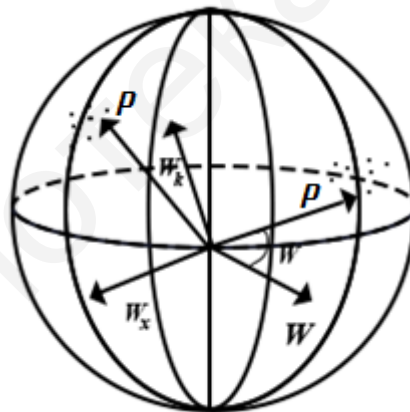
$$W_k(t+1) = \frac{W_k(t) + \gamma(X(t) - W_k(t))}{|W_k(t) + \gamma(X(t) - W_k(t))|}. \quad (12.9)$$

Соответственно в скалярной форме весовые коэффициенты k -го нейронного элемента

$$w_{ik}(t+1) = \frac{w_{ik}(t) + \gamma_i(x_i(t) - w_{ik}(t))}{|W_k(t) + \gamma(X(t) - W_k(t))|}, \quad (12.10)$$

где $i = \overline{1, n}$.

При применении этого правила для обучения нейронной сети весовые векторы нейронов будут вращаться в направлении кластеров входных образов, как показано на рисунке 12.7.



p – вектор паттернов; W – вектор весов

Рисунок 12.7 – Изменение весовых векторов в процессе обучения

В случае использования ненормализованных векторов для определения нейрона-победителя нужно оперировать вместо взвешенной активности (12.1) евклидовым расстоянием:

$$D_j = |X - W_j| = \sqrt{(x_1 - w_{1j})^2 + (x_2 - w_{2j})^2 + \dots + (x_n - w_{nj})^2}. \quad (12.11)$$

При помощи (12.8) определяется нейрон-победитель с номером k , соответствующий минимальному евклидовому расстоянию между входным и весовым векторами:

$$D_k = \min_j |X - W_j|. \quad (12.12)$$

Тогда настройка весового вектора нейрона-победителя происходит следующим образом:

$$W_k(t+1) = W_k(t) + \gamma(X(t) - W_k(t)). \quad (12.13)$$

При использовании (12.13) для обучения одного нейронного элемента на интервале входных значений $[a, b]$ ($x \in [a, b]$) вес нейрона с течением времени стремится к середине интервала.

Недостатком описанного метода обучения является то, что при случайной инициализации весовых векторов может получиться так, что некоторые нейроны никогда не будут победителями. Для нейтрализации этого недостатка можно расширить правило обучения следующим образом:

$$\begin{aligned} W_j(t+1) &= W_j(t) + \gamma \cdot (X - W_j(t)), \forall j = k; \\ W_j(t+1) &= W_j(t) + \gamma' \cdot (X - W_j(t)), \forall j \neq k, \end{aligned} \quad (12.14)$$

где $\gamma' \ll \gamma$.

Данное правило позволяет отобразить весовые векторы побежденных нейронов в такую область, где увеличиваются их шансы в конкуренции. Другим вариантом является частотно-чувствительное конкурентное обучение (sensitive competitive learning). Здесь для каждого нейрона ведется статистика его побед. Пусть f_j – частота нахождения j -го нейрона в состоянии победителя. Тогда нейрон-победитель определяется следующим образом:

$$D_k = \min_j |X - W_j| f_j. \quad (12.15)$$

Чем чаще нейрон становится победителем, тем меньше шансов он имеет в конкуренции.

Итак, при конкурентном обучении все множество входных образов разбивается на кластеры, каждому из которых соответствует свой нейрон. При поступлении на вход нейронной сети неизвестного образа она будет его относить к такому кластеру, на который он больше всего похож. В этом заключается обобщающая способность такого типа нейронных сетей.

Самоорганизующиеся карты Кохонена (Self Organization maps) являются дальнейшим расширением нейронных сетей с конкурентным обучением. Топология нейронной сети Кохонена состоит из двух слоев: первый слой выполняет распределительные функции, а нейроны второго слоя расположены на плоскости, образуя матрицу (рисунок 12.8).

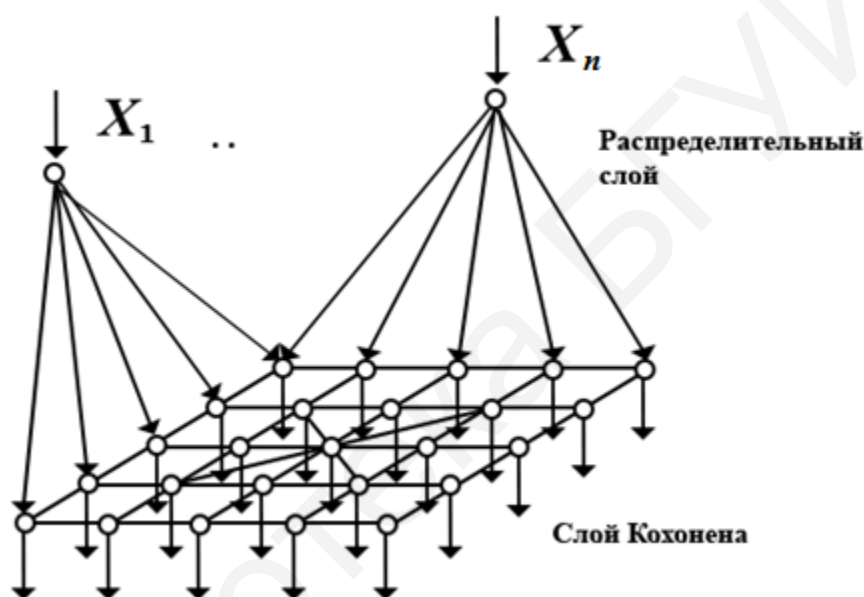


Рисунок 12.8 – Топология нейронной сети Кохонена

В простейшем виде сеть Кохонена функционирует по принципу «победитель берет все». При этом она должна выполнять топологически упорядоченное отображение входных векторов на матрицу нейронов второго слоя. Соседние, наиболее похожие входные образы должны отображаться на соседние нейроны матрицы. Это достигается путем введения области притяжения G для нейрона-победителя, в радиусе действия которой нейроны активно изменяют свои весовые векторы в сторону входного образа. Область притяжения можно описать функцией притяжения, которую обозначим $h(t, k, p)$. Здесь t – время, k – номер нейрона победителя, p – номер искомого нейрона. В дискретном варианте функция притяжения

$$h(t, k, p) = \begin{cases} 1, & \text{если } p \in G; \\ 0, & \text{если } p \notin G. \end{cases} \quad (12.16)$$

В область притяжения нейрона k входят все нейроны, находящиеся на определенном расстоянии от нейрона-победителя. В непрерывном варианте часто используется функция Гаусса.

Она определяется при помощи выражения

$$h(p, k, t) = e^{-\frac{|u_k - u_p|^2}{2\sigma^2(t)}}, \quad (12.17)$$

где $(u_k - u_p)$ – расстояние между нейронами;

$\sigma(t)$ – среднеквадратичное отклонение (радиус области притяжения).

Положение каждого нейрона в матрице характеризуется его координатами:

$$u_k = (i_k, j_k); u_p = (i_p, j_p). \quad (12.18)$$

Тогда

$$|u_k - u_p|^2 = (i_k - i_p)^2 + (j_k - j_p)^2. \quad (12.19)$$

В процессе обучения нейронной сети Кохонена изменяются весовые коэффициенты не только нейрона-победителя, но и всех нейронов внутри области притяжения. Так, для p -го нейрона весовой вектор изменяется по закону

$$W_p(t+1) = W_p(t) + \gamma(t)h(t, k, p)(X(t) - W_p(t)). \quad (12.20)$$

С увеличением времени обучения радиус области притяжения уменьшается. В результате нейронные элементы сжимаются около нейрона-победителя, пока он не останется один. Это схематично изображено на рисунке 12.9, где $G(t)$ – область притяжения в момент времени t . Введем декартову систему координат так, что каждый нейрон имеет координаты (i, j) , где $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, m}$.

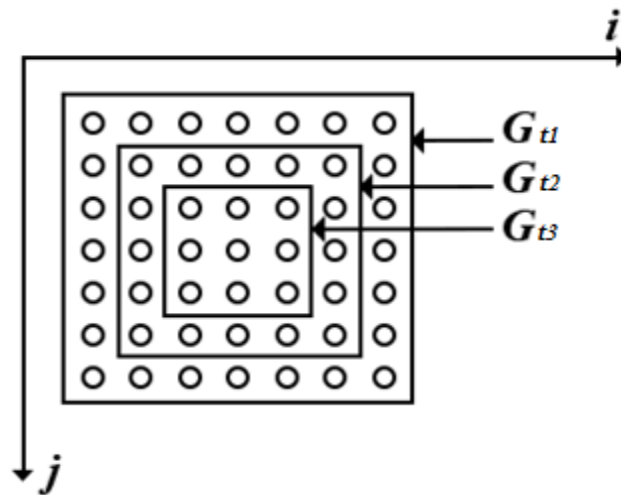


Рисунок 12.9 – Изменение области притяжения с течением времени

Поставим в соответствие нейрону с координатами (i, j) весовой вектор

$$W_{ij} = (w_{1ij}, w_{2ij}, \dots, w_{nij}), \quad (12.21)$$

где n – число нейронных элементов входного слоя.

Тогда процедуру обучения сети Кохонена для непрерывной функции притяжения можно представить в виде следующей последовательности шагов:

- 1) Случайно инициализируются весовые коэффициенты W нейронной сети.
- 2) Задается начальное значение радиуса притяжения s и момент времени $t = 1$.
- 3) Подается входной образ $X^1(1 = 1)$ на нейронную сеть и вычисляется норма вектора:

$$D_{ij} = (X' - W_{ij}),$$

где $i = \overline{1, m}$;

$j = \overline{1, m}$; W_{ij} – весовой вектор нейрона с координатами (i, j) .

- 4) Определяется нейрон-победитель

$$D(k_1, k_2) = \min_{i, j} D_{ij},$$

где $k = (k_1, k_2)$ – координаты нейрона-победителя.

5) Для каждого нейрона вычисляется функция притяжения:

$$h(p, k, t) = e^{-\frac{|u_k - u_p|^2}{2\sigma^2(t)}},$$

где $p = \overline{1, m^2}$.

6) В соответствии с функцией притяжения осуществляется модификация весовых коэффициентов:

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \gamma(t)h(p, k, t)(X'(t) - W_{ij}(t)),$$

где $\gamma(t) = 1/t$.

7) Затем необходимо перейти к шагу 3 и повторить процедуру для $l = 2, 3, \dots, L$, где L – общее число входных образов.

8) Увеличивают на единицу квант времени, уменьшают радиус области притяжения s и повторяют процесс, начиная с шага 3.

Обучение производится до получения желаемой степени согласования между весовыми и выходными векторами. Начальное значение области притяжения s может охватывать всю матрицу нейронов, а затем последовательно уменьшаться. Для дискретной функции притяжения процедура обучения является аналогичной. Функционирование такой сети происходит путем определения нейрона-победителя и присвоения ему единичного значения, а остальным нейронам – нулевого значения.

В процессе обучения весовые коэффициенты упорядочиваются таким образом, что уменьшается разница между весами соседних нейронов.

Индивидуальное задание

Спроектировать нейронную сеть Кохонена для классификации ряда значений. Для выполнения лабораторной работы требуется:

- сформировать выборку различных значений (допускается использовать генератор случайных чисел);
- использовать конкурентное обучение;
- в зависимости от количества выходных нейронов нейронная сеть должна определить поступающее значение к одному из классов.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Топология создаваемой нейронной сети (в виде графа).
- 3) Формулы для обучения нейронной сети.
- 4) Исходные данные.
- 5) Блок-схема алгоритма.
- 6) Результаты работы нейронной сети.
- 7) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Охарактеризуйте метод обучения на основе конкурентного обучения.
- 2) Охарактеризуйте нейронные сети Кохонена.
- 3) Нарисуйте топологию конкурентной нейронной сети.
- 4) Напишите формулу взвешенной активности нейрона.
- 5) В чем особенность геометрической интерпретации определения нейрона-победителя?
- 6) Напишите формулу взвешенной активности нейрона в геометрической интерпретации.
- 7) Что такое гиперсфера входных и весовых нейронов?
- 8) Предоставьте алгоритм процедуры обучения сети Кохонена.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13 МНОГОСЛОЙНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ

Цель работы: создать и обучить многослойную нейронную сеть.

Теоретические сведения

Сети, нейронные элементы которых имеют одинаковую функцию активации, называются гомогенными. В данном разделе покажем вычисление адаптивного шага обучения для нейронных сетей, различные слои которых могут иметь разные функции активации нейронных элементов. Такие сети называются гетерогенными. Рассмотрим простейшую гетерогенную сеть, состоящую из одного скрытого слоя с нелинейной функцией активации нейронных элементов и выходного линейного нейрона (рисунок 13.1).

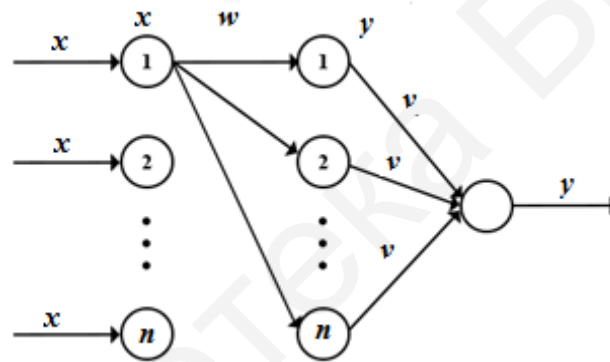


Рисунок 13.1 – Гетерогенная нейронная сеть

Тогда выходное значение нейронной сети

$$y = \sum_i v_i y_i - T, \quad (13.1)$$

где v_i – i -й весовой коэффициент выходного нейрона.

Выходные значения нейронных элементов скрытого слоя

$$y_i = F(S_i) = F\left(\sum_l w_{li} x_l - T\right). \quad (13.2)$$

Для различных слоев нейронной сети необходимо использовать разные выражения для вычисления адаптивного шага обучения. Так как выходной слой имеет линейную функцию активации, то адаптивный шаг обучения для него вычисляют по формуле

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \sum_i y_i^2}. \quad (13.3)$$

Для скрытого слоя адаптивный шаг обучения можно определить следующим образом. Принимаем ошибку нейронных элементов скрытого слоя

$$\gamma_i = (y - t)v_i. \quad (13.4)$$

Тогда

$$\alpha_2 = \frac{\sum_i v_i^2 F'(S_i)}{F'(0)(1 + \sum_l x_l^2) \sum_i v_i^2 (F'(S_i))^2}. \quad (13.5)$$

А в случае гетерогенных нейронных сетей

$$\alpha_2 = \frac{\sum_i C_i \sum_j (y_j - t_j) w_{ij}}{F_1'(0) F_2'(0) \sum_j (\sum_i C_i w_{ij})^2}, \quad (13.6)$$

где $F_1'(0)$ и $F_2'(0)$ – соответственно производные функции активации для выходного и скрытого слоев.

Так как для линейной функции активации $F_1'(0) = 1$, то для нейронной сети шаг обучения можно представить как

$$\alpha_2 = \frac{\sum_i C_i (y - t) v_i}{F_2'(0) (\sum_i C_i v_i)^2}. \quad (13.7)$$

С учетом того, что

$$C_i = \gamma_i F'(S_i) (1 + \sum_l x_l^2), \quad (13.8)$$

выражение (13.7) преобразуется к следующему виду:

$$\alpha_2 = \frac{1}{F_2'(0) (1 + \sum_l x_l^2) \sum_i v_i^2 F'(S_i)}, \quad (13.9)$$

где $F'(S_i)$ – производная функции активации нейронных элементов скрытого слоя.

Если для нейронных элементов скрытого слоя используется сигмоидная функция активации, то

$$F_2'(0) = 1/4; \quad F'(S_i) = y_i(1 - y_i).$$

Тогда (13.9) можно представить в виде

$$\alpha_2 = \frac{4}{(1 + \sum_l x_l^2) \sum_i v_i^2 y_i(1 - y_i)}. \quad (13.10)$$

Обучающие правила для выходного слоя

$$\begin{aligned} v_i(t+1) &= v_i(t) - \alpha_1(t)(y - t)y_i; \\ T(t+1) &= T(t) + \alpha_1(t)(y - t). \end{aligned} \quad (13.11)$$

Соответственно, обучающие правила для скрытого слоя

$$\begin{aligned} w_{ji}(t+1) &= w_{ji}(t) - \alpha_2(t)\gamma_i F'(S_i)x_j; \\ T_i(t+1) &= T_i(t) + \alpha_2(t)\gamma_i F'(S_i), \end{aligned} \quad (13.12)$$

где $\gamma_i = (y - t)v_i$.

При вычислении адаптивного шага обучения $\alpha_1(t)$ выходного слоя используется выражение (13.2), при вычислении адаптивного шага обучения скрытого слоя сети – (13.10) или (13.5). Аналогичным образом можно определить правила обучения для различного типа гетерогенных сетей. Использо-

ние стандартного алгоритма обратного распространения ошибки для гетерогенных нейронных сетей характеризуется нестабильностью процесса обучения. Это происходит из-за применения различных функций активации нейронных элементов в таких сетях. Поэтому в гетерогенных нейронных сетях для обучения может использоваться алгоритм многократного распространения ошибки.

Алгоритм обратного распространения ошибки предполагает для каждого тренировочного набора модификацию синаптических связей всех слоев нейронной сети. При этом изменение весовых коэффициентов одного слоя нейронной сети происходит без учета изменения весовых коэффициентов остальных слоев. Это может привести к нестабильности процесса обучения, который характеризуется отсутствием тенденции к снижению среднеквадратичной ошибки сети. Особенно актуальной является эта проблема для гетерогенных нейронных сетей. Из-за различия функций активации нейронных элементов может возникнуть рассинхронизация процесса обучения между разными слоями сети. В результате этого процесс обучения будет характеризоваться нестабильностью. Для устранения таких явлений можно использовать алгоритм многократного распространения ошибки. Он предполагает на каждой итерации обучения модификацию синаптических связей только одного слоя нейронной сети. В соответствии с этим каждый образ будет последовательно подаваться на нейронную сеть столько раз, сколько настраиваемых слоев имеет сеть. На рисунке 13.2 показана динамика обучения гетерогенной нейронной сети, изображенной на рисунке 13.1.

Пусть p – число настраиваемых слоев нейронной сети. Тогда алгоритм многократного распространения ошибки состоит из следующих шагов:

- 1) Задать желаемую среднеквадратичную ошибку нейронной сети E_m .
- 2) Произвести случайную инициализацию синаптических связей сети.
- 3) Записать числом в счетчик числа настраиваемых слоев.
- 4) Подать первый тренировочный набор на вход нейронной сети. Производится фаза прямого и обратного распространения сигнала. В результате осуществляется модификация весовых коэффициентов и порогов нейронных элементов только для p -го слоя нейронной сети:

$$w_{ip}(t+1) = w_{ip}(t) - \alpha_2(t) \gamma_p F'_p(S_p) y_i;$$

$$T_p(t+1) = T_p(t) + \alpha(t) \gamma_p F'_p(S_p),$$

где $F'_p(S_p)$ – функция активации нейронных элементов p -го слоя, $i = p - 1$.

- 5) Установить $p = p - 1$.
- 6) Если $p \neq 0$, то перейти к шагу 4, в противном случае – к шагу 7 алгоритма.
- 7) Повторить процесс обучения, начиная с пункта 3 для всех тренированных наборов обучающей выборки.
- 8) Вычислить суммарную среднеквадратичную ошибку нейронной сети:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^L \sum_j (y_j^k - t_j^k)^2,$$

где L – общее число тренированных наборов.

- 9) Если $E > E_m$ то перейти к шагу 3. В противном случае закончить процесс обучения.

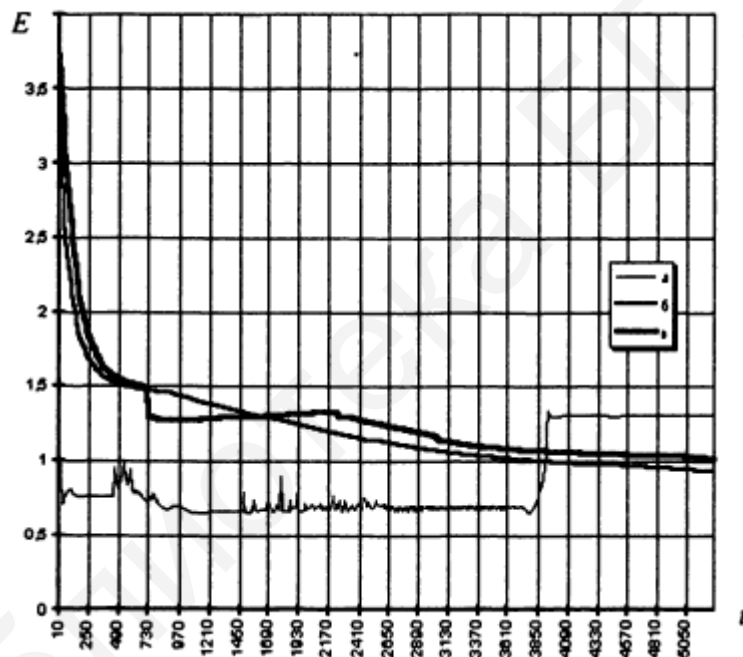


Рисунок 13.2 – Динамика обучения гетерогенной нейронной сети с сигмоидной функцией активации нейроэлементов скрытого слоя и линейной функцией активации нейроэлементов выходного слоя

Недостаток рассмотренных ранее нелинейных функций активации состоит в том, что область выходных значений их ограничена отрезком $[0,1]$ или $[-1,1]$. Это приводит к необходимости масштабирования данных, если они не принадлежат указанным выше диапазонам значений. Рассмотрим логарифмическую функцию активации для решения задач прогнозирования. Она представляет собой обратную гиперболическую функцию арксинус. В результате

выходное значение i -го нейронного элемента можно представить в виде выражений:

$$y_i = \ln(S_i + \sqrt{S_i^2 + 1}); \quad (13.13)$$

$$S_i = \sum_l w_{li} x_l - T_i. \quad (13.14)$$

Логарифмическая функция активации является монотонно возрастающей от $-\infty$ до $+\infty$ и имеет точку перегиба в начале координат (рисунок 13.3).

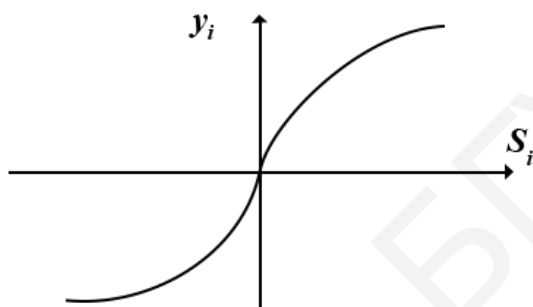


Рисунок 13.3 – Логарифмическая функция активации

Рассмотрим гетерогенную нейронную сеть (см. рисунок 13.1), которая имеет слой скрытых нейронов с логарифмической функцией активации и один линейный выходной нейрон. Тогда выходное значение сети

$$y = \sum_i v_i y_i - T. \quad (13.15)$$

Такая нейронная сеть используется для решения задач прогнозирования. Определим для нее правила обучения. Для скрытого слоя

$$\frac{\partial E}{\partial w_{li}} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial S_i} \frac{\partial S_i}{\partial w_{li}} = \gamma_i x_l y_i'; \quad (13.16)$$

$$\frac{\partial E}{\partial T_i} = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial y_i} \frac{\partial y_i}{\partial S_i} \frac{\partial S_i}{\partial T_i} = \gamma_i y_i', \quad (13.17)$$

где γ_i – ошибка i -го нейронного элемента скрытого слоя;

γ_i' – производная логарифмической функции активации от выходной активности i -го нейрона.

Ошибка i -го нейрона скрытого слоя

$$\gamma_i = \frac{\partial E}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial y_i} = (y - t)v_i. \quad (13.18)$$

Производная логарифмической функции

$$y_i' = \frac{\partial y_i}{\partial S_i} = \frac{1}{\sqrt{S_i^2 + 1}}. \quad (13.19)$$

Выражения для модификации настраиваемых параметров сети можно представить в следующем виде:

$$w_{ji}(t+1) = w_{ji}(t) - \alpha_2(t)(y - t)y_i v_i x_j y_i^1; \quad (13.20)$$

$$T_i(t+1) = T_i(t) + \alpha_2(t)(y - t)y_i v_i y_i^1. \quad (13.21)$$

Определим адаптивный шаг $\alpha_2(t)$ для обучения скрытого слоя нейронной сети. Тогда

$$\alpha_2 = \frac{\sum_i v_i^2 y_i}{(1 + \sum_l x_l^2) \sum_i v_i^2 (y_i')^2}.$$

Параметры выходного слоя нейронной сети настраиваются в соответствии с (13.17) и (13.3).

Рассмотрим применение гетерогенных нейронных сетей для решения задач прогнозирования. Способность нейронных сетей после обучения к обобщению и пролонгации результатов создает потенциальные предпосылки для построения на их базе различного рода прогнозирующих систем. Рассмотрим прогнозирование временных рядов при помощи линейных нейронных сетей. Пусть дан временной ряд $x(t)$ на промежутке $t = 1, \dots, n$. Тогда задача прогнозирования состоит в том, чтобы найти продолжение временного ряда на неизвестном промежутке, т. е. необходимо определить $x(m+1)$, $x(m+2)$ и т. д. (рисунок 13.4).

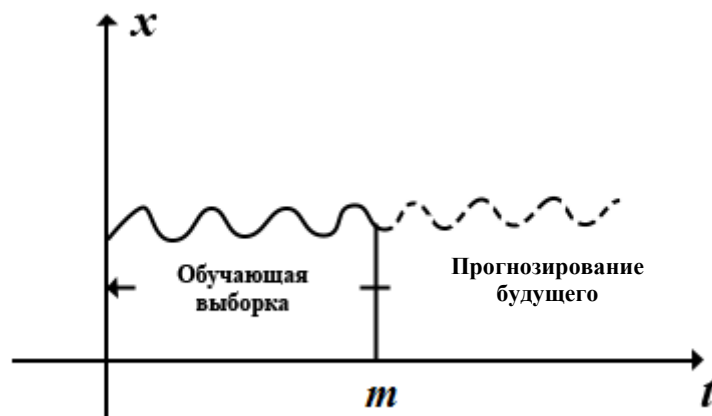


Рисунок 13.4 – Прогнозирование временного ряда

Совокупность известных значений временного ряда образует обучающую выборку, размерность которой характеризуется значением m . Для прогнозирования временных рядов используется метод «скользящего окна». Он характеризуется длиной окна p , равной числу элементов ряда, одновременно подаваемых на нейронную сеть. Это определяет структуру нейронной сети, которая состоит из p распределительных нейронов и одного выходного нейрона.

Такая модель соответствует линейной авторегрессии и описывается выражением

$$\overline{x(n)} = \sum_{k=1}^p w_k x(n - p + k - 1),$$

где $w_k, k = 1, p$ – весовые коэффициенты нейронной сети;

$\overline{x(n)}$ – оценка значения ряда $x(n)$ в момент времени n .

Ошибка прогнозирования определяется выражением

$$e(n) = x(n) - \overline{x(n)}.$$

Модель линейной авторегрессии формирует значение ряда $x(n)$ как взвешенную сумму предыдущих значений ряда. Обучающую выборку нейронной сети можно представить в виде матрицы, строки которой характеризуют векторы, подаваемые на вход сети:

$$X = \begin{bmatrix} x(1) & x(2) & \dots & x(p) \\ x(2) & x(3) & \dots & x(p+1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x(m-p) & x(m-p+1) & \dots & x(m-1) \end{bmatrix}.$$

Это эквивалентно перемещению окна по ряду $x(t)$ с единичным шагом.

Таким образом, для обучения нейронной сети прогнозированию используется выборка известных членов ряда. После обучения сеть должна прогнозировать временной ряд на упреждающий промежуток времени.

Индивидуальное задание

Спроектировать гетерогенную двухслойную нейронную сеть для прогнозирования временного ряда. Для выполнения лабораторной работы требуется:

- взять исходную выборку значений временного ряда (например, курс валют за определенный промежуток времени);
- при обучении и использовании нейронной сети использовать метод скользящего окна;
- для обучения использовать алгоритм многократного распространения ошибки;
- использовать адаптивный шаг обучения;
- на скрытом нейронном слое использовать логарифмическую функцию активации;
- на выходном нейронном слое использовать линейную функцию активации;
- во время работы нейронной сети спрогнозировать количество значений, равное значению скользящего окна;
- построить и сравнить графики спрогнозированных и эталонных значений.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Топология создаваемой нейронной сети (в виде графа).
- 3) Формулы для обучения нейронной сети.
- 4) Исходные данные.
- 5) Блок-схема алгоритма.
- 6) Результаты работы нейронной сети.
- 7) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Дайте определение многослойной нейронной сети.
- 2) Приведите классификацию многослойных нейронных сетей.
- 3) Дайте определение гомогенным и гетерогенным нейронным сетям.
- 4) Дайте определение адаптивному шагу обучения.
- 5) Напишите формулу адаптивного шага обучения для линейной функции активации.
- 6) Напишите формулу ошибки нейронных элементов скрытого слоя.
- 7) Определите обучающие правила для выходного слоя.
- 8) Определите обучающие правила для скрытого слоя.
- 9) Напишите формулу логарифмической функции активации.
- 10) Сформулируйте задачу прогнозирования временного ряда.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №14 ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРСЕПТРОНА

Цель работы: создать персептрон для распознавания заданного растрового изображения.

Теоретические сведения

Процедуру предложил американский ученый Ф. Розенблатт в 1959 г. для нейронной сети, которую он назвал персептроном. Персептрон – это сеть, состоящая из S , A и R нейронных элементов (рисунок 14.1). Нейроны слоя S называются сенсорными и предназначены для формирования входных сигналов в результате внешних воздействий. Нейроны слоя A называются ассоциативными и предназначены для непосредственной обработки входной информации. Нейроны слоя R называются эффекторными. Они служат для передачи сигналов возбуждения к соответствующему объекту, например к мышцам.

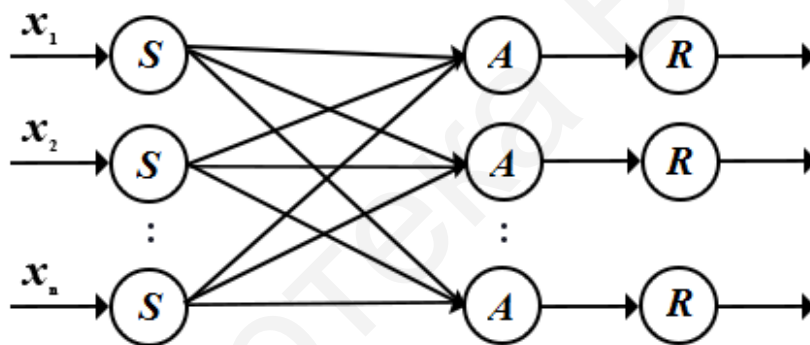


Рисунок 14.1 – Структура персептрона

Таким образом, персептрон Розенблатта содержит один слой обрабатывающих нейронных элементов, в качестве которых используются нейронные элементы с пороговой функцией активации. Поэтому обучение персептрона происходит путем настройки весовых коэффициентов W между слоями S и A . В дальнейшем будем использовать стандартную интерпретацию нейронной сети Розенблатта, которая состоит из набора входных нейронов, выполняющих чисто распределительные функции, и набора выходных нейронов с пороговой функцией активации.

Математическую формулировку правила обучения Розенблатта можно представить в следующем виде:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha x_i t_j, \quad (14.1)$$

где t_j – эталонное значение i -го выхода нейронной сети;

α – коэффициент, характеризующий скорость обучения сети.

Величина скорости обучения характеризуется следующими значениями:
 $\alpha = \text{const}, 0 < \alpha \leq 1$.

Процедура обучения Розенблатта называется алгоритмом обучения с подкреплением. Она характеризуется тем, что весовые коэффициенты нейронной сети изменяются только в том случае, если выходная реакция сети не совпадает с эталонной. Алгоритм обучения Розенблатта состоит из следующих шагов:

1) Весовые коэффициенты W нейронной сети инициализируются случайным образом или устанавливаются в нулевое состояние.

2) На входы сети поочередно подаются входные образы X из обучающей выборки, которые трансформируются в выходные сигналы нейронных элементов Y .

3) Если реакция нейронной сети y_j совпадает с эталонным значением t_j , т. е. $y_j = t_j$, то весовой коэффициент w_{ij} не изменяется.

4) Если выходная реакция не совпадает с эталонной, т. е. $y_j \neq t_j$, то производится модификация весовых коэффициентов по правилу

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha x_i t_j.$$

5) Алгоритм продолжается до тех пор, пока не станет $y_j = t_j$ для всех входных образов или не перестанут изменяться весовые коэффициенты.

Согласно теореме сходимости персептрона, алгоритм сходится за конечное число шагов, если существует решение задачи.

Основные отличия процедуры обучения Розенблатта от правила обучения Хебба заключаются в следующем:

1) В правиле обучения Розенблатта для персептрона присутствует скорость обучения α .

2) Персептрон не изменяет весовые коэффициенты, если выходные сигналы совпадают с эталонными.

3) Входные образы из обучающей выборки в модели персептрона подаются до тех пор, пока не произойдет обучение сети.

4) Персептрон обучается за конечное число шагов, если существует решение задачи.

Представим взвешенную сумму нейронной сети в виде скалярного произведения весового вектора на входной вектор:

$$S = (W, X) = |W||X|\cos\gamma, \quad (14.2)$$

где $y = W^{\wedge}, X$

Тогда, если $0^\circ < \gamma < 90^\circ$, то $S > 0$ и $y = 1$. Если $90^\circ \leq \gamma < 270^\circ$, то $S < 0$ и $y = -1$. Рассмотрим векторы W и X . Пусть угол между ними $\gamma \geq 90^\circ$ (рисунок 14.2, а). В этом случае $S \leq 0$ и $y = 0$. Предположим, что эталонное значение $t = 1$. Тогда вектор W необходимо преобразовать таким образом, чтобы угол y стал меньше 90° . Отсюда правило преобразования вектора W будет следующим:

$$W' = W + \alpha X. \quad (14.3)$$

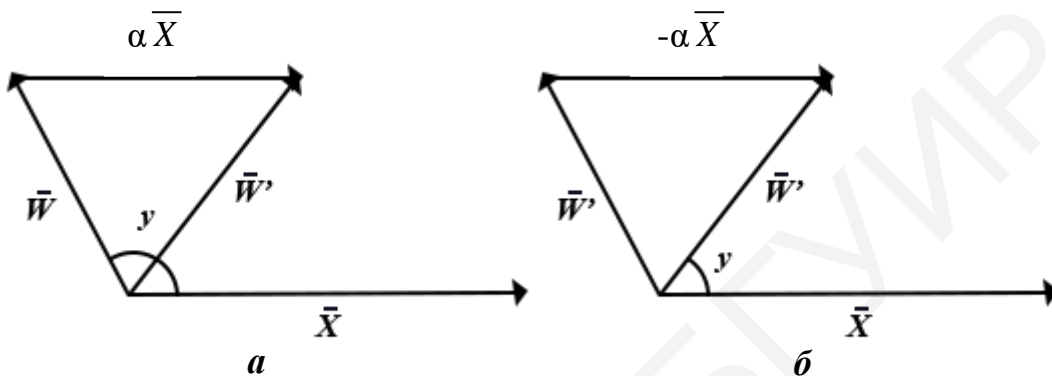


Рисунок 14.2 – Геометрическое представление обучения перцептрона при $\gamma > 90^\circ$ (а) и $\gamma < 90^\circ$ (б)

Рассмотрим другой случай (рисунок 14.2, б). Пусть $\gamma < 90^\circ$. Тогда $S > 0$ и $y = 1$. Предположим, что эталонное значение $t = 0$. Тогда вектор W необходимо преобразовать так, чтобы угол γ стал больше 90° .

Правило преобразования можно представить как

$$W' = W - \alpha X. \quad (14.4)$$

Пусть $W' = W(t + 1)$, а $W = W(t)$. Тогда, объединяя приведенные выше два правила в одно, получим следующее выражение для настройки весовых коэффициентов:

$$W(t + 1) = W(t) - \alpha(y - t)X = W(t) + \alpha(t - y)X. \quad (14.5)$$

Последнее выражение характеризует правило обучения Розенблатта в общей форме.

Индивидуальное задание

Спроектировать персептрон по распознаванию символьных данных. Для выполнения лабораторной работы требуется:

- сформировать выборку различных символов для обучения персептрона;
- для обучения и работы персептрона использовать пороговую функцию активации;
- обучить персептрон выдавать результат подачи изображения символа в символьном виде, т. е. при подаче изображения буквы «А» персептрон должен выдавать «А» в виде текста.

Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Топология создаваемой нейронной сети (в виде графа).
- 3) Формулы для обучения нейронной сети.
- 4) Исходные данные.
- 5) Блок-схема алгоритма.
- 6) Результаты работы нейронной сети.
- 7) Выводы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Дайте определение персептрона.
- 2) Охарактеризуйте слои персептрона.
- 3) Нарисуйте структуру персептрона.
- 4) Представьте математическую формулировку для правила обучения Розенблатта.
- 5) Опишите алгоритм обучения с подкреплением.
- 6) Нарисуйте геометрическое представление обучения персептрона.
- 7) Напишите формулу правила преобразования вектора весовых коэффициентов.
- 8) Охарактеризуйте правило обучения Розенблатта в общей форме.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя / Г. Буч, Дж. Рамбо, А. Джекобсон. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 495 с.
- 2 Калашян, А. Н. Структурные модели бизнеса: DFD технологии / А. Н. Калашян, Г. Н. Калянов. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 256 с.
- 3 Моделирование бизнеса. Методология ARIS / М. Каменнова [и др.]. – М. : Весть-МетаТехнология, 2001. – 333 с.
- 4 Коберн, А. Современные методы описания функциональных требований к системам / А. Коберн. – М. : ЛОРИ, 2002. – 288 с.
- 5 Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2004. – 544 с.
- 6 Головкин, В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение / В. А. Головкин. – М. : ИПР-ЖР, 2001. – 256 с.
- 7 Анализ и моделирование бизнес-процессов : учеб. пособие / А. И. Громов [и др.]. – М., 2007. – 157 с.
- 8 Шеер, А.-В. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы / А.-В. Шеер. – М. : Весть-МетаТехнология, 1999. – 175 с.
- 9 Черноруцкий, И. Г. Методы принятия решений : учеб. пособие / И. Г. Черноруцкий. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 408 с.
- 10 Репин, В. В. Бизнес-процессы компании: построение, анализ, регламентация / В. В. Репин – М. : РИА «Стандарты и качество», 2007. – 240 с.
- 11 Функциональное моделирование на базе стандарта IDEF0 : метод. указания / сост.: Д. Ю. Киселев, Ю. В. Киселев, А. В. Вавилин. – Самара : Изд-во СГАУ, 2014. – 20 с.
- 12 Основы формальных методов описания бизнес-процессов : учеб. пособие / К. Е. Самуйлов [и др.]. – М. : РУДН, 2008. – 130 с.
- 13 Самохвалов Ю. Я. Экспертное оценивание. Методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – Киев : ДУИКТ, 2007. – 262 с.
- 14 Болодурина, И. Системный анализ : учеб. пособие / И. Болодурина, Т. Тарасова, О. Арапова. – М. : ОГУ, 2013. – 193 с.
- 15 Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / А. Б. Барский. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
- 16 Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ / Р. Тадеусевич [и др.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2011. – 408 с.
- 17 Тархов, Д. Нейросетевые модели и алгоритмы : справочник / Д. Тархов. – М. : Радиотехника, 2014. – 352 с.

Учебное издание

Осипович Виталий Семенович
Егоров Владислав Владимирович
Раднёнок Антон Леонидович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *О. И. Толкач*

Подписано в печать 23.12.2019. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 5,93. Уч.-изд. л. 6,0. Тираж 50 экз. Заказ 279.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск