

**Направление «Компьютерные системы и сети»**

**Решение Задания № 1**

В качестве нейронной сети в этой задаче подойдет однослойный персептрон, которой самым очевидным образом позволяет решить задачу принятия решения. Поскольку второй скрытый слой содержит три нейрона, то от каждого нейрона входного слоя требуется получить по 3 сигнала с разным весом. На основании количества критериев для выбора методологии входной слой нейронов содержит 4 элемента. На вход сети поступают двоичные сигналы. На каждый ассоциативный элемент второго слоя должно приходиться по 4 сигнала с разным весом, соответствующие информации для выбора методологии. Выходной нейрон должен принимать решение. Коэффициенты весов сигналов от нейронов расставим произвольным образом. При обучении веса будут скорректированы.

Рассмотрим пример. Пусть на вход нейронной сети поступают следующие сигналы:

1. Возможность менять ТЗ = 0, т.е. показатель не выполняется;
2. Возможность менять требования к команде = 1, т.е. показатель выполняется;
3. Возможность менять функционал = 0 т.е. показатель не выполняется;
4. Возможность менять сроки = 0 т.е. показатель не выполняется.

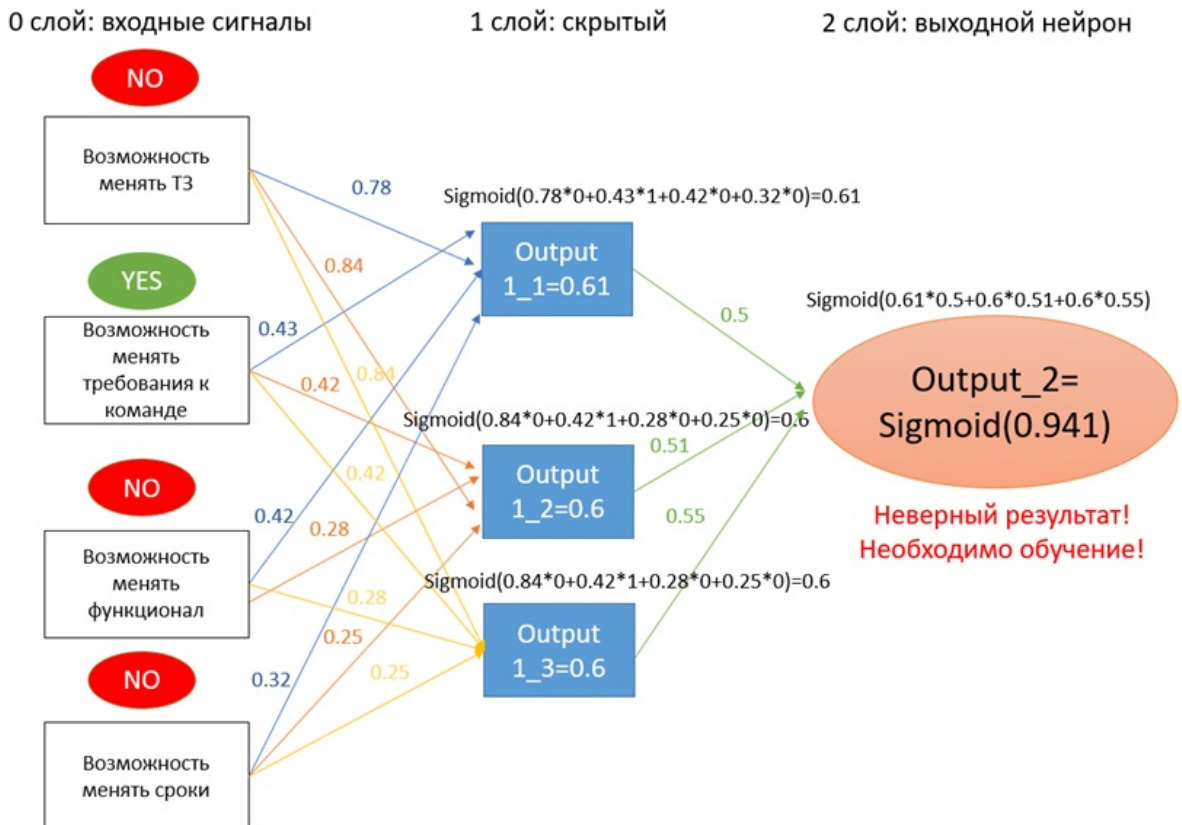


Рисунок 1 – Моделирование нейронной сети

Начало Алгоритма

## Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа

### 1. Моделирование нейронной сети (см рис. 1)

1.1 Инициализация входных сигналов  $inputs := [0,1,0]$

1.2 Инициализация весов от трех входных сигналов к первому слою из двух нейронов произвольными значениями от 0 до 1

```
weight_1_11 := 0.78
weight_1_12 := 0.43
weight_1_13 := 0.42
weight_1_14 := 0.32
weight_1_21 := 0.84
weight_1_22 := 0.42
weight_1_23 := 0.28
weight_1_24 := 0.25
weight_1_31 := 0.84
weight_1_32 := 0.42
weight_1_33 := 0.28
weight_1_34 := 0.25
```

1.3 Инициализация весов от первого слоя ко второму произвольными значениями от 0 до 1

```
weight_2_1 := 0.5
weight_2_2 := 0.51
weight_2_3 := 0.55
```

1.4 Задание функции активации выходного нейрона:

Согласно заданию необходимо реализовать функцию сигмоид, которая даёт положительное значение на выходе (давать премию), если её значение больше и равно 0,5 и имеет следующую формулу

$$\text{Выход} := \text{Sigmoid}(x) := 1/(1+\exp(-x)).$$

1.5 Расчет нейронов скрытого слоя

Для каждого j-го нейрона скрытого слоя входной сигнал определяется как взвешенная сумма входных сигналов  $inputs[i]$  с учётом их весов ( $weight\_1\_ji$ ) от входного слоя к скрытому

```
input_1_1_11 := weight_1_11*inputs[1]
input_1_1_12 := weight_1_12* inputs[2]
input_1_1_13 := weight_1_13* inputs[3]
input_1_1_14 := weight_1_14* inputs[4]
input_1_1 := input_1_1_11 + input_1_1_12 + input_1_1_13 + input_1_1_14

input_1_1_21 := weight_1_21* inputs[1]
input_1_1_22 := weight_1_22* inputs[2]
input_1_1_23 := weight_1_23* inputs[3]
input_1_1_24 := weight_1_24* inputs[4]
input_1_1_2 := input_1_1_21 + input_1_1_22 + input_1_1_23 + input_1_1_24

input_1_1_31 := weight_1_31* inputs[1]
input_1_1_32 := weight_1_32* inputs[2]
input_1_1_33 := weight_1_33* inputs[3]
input_1_1_34 := weight_1_34* inputs[4]
input_1_1_3 := input_1_1_31 + input_1_1_32 + input_1_1_33 + input_1_1_34

output_1_1 := Sigmoid(input_1_1)
output_1_2 := Sigmoid(input_1_2)
output_1_3 := Sigmoid(input_1_3)
```

1.6 Расчет выходного нейрона

На три входа выходного нейрона поступает взвешенная сумма сигналов от скрытого слоя к выходному ( $output\_1\_1$ ,  $output\_1\_2$ ,  $output\_1\_3$ ) с учётом их весов ( $weight\_2\_1$ ,  $weight\_2\_2$ ,  $weight\_2\_3$ )

```
inputs_2_1 := output_1_1* weight_2_1
inputs_2_2 := output_1_2* weight_2_2
inputs_2_3 := output_1_3* weight_2_3

inputs_2 := inputs_2_1 + inputs_2_2 + inputs_2_3
```

Выходной сигнал выходного нейрона формируется согласно сигмоидной функции

Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа  
 $output\_2 := \text{Sigmoid}(input\_2)$

## 2. Обучение

Для обучения нейронной сети предлагается использовать алгоритмом обратного распространения ошибки (см рис. 2), который включает несколько итераций, повторяющихся пока не будет достигнута ожидаемая точность результата при выбранном методе оценки качества.

### 2.1 Инициализация скорости обучения:

Обучение начинается с конца схемы. Первое, мы задаем погрешность обучения – необходимую разницу между полученным и ожидаемым результатом. Эта величина должна стремиться к 0, если принципиальным является точность результата.

$learning\ rate := 0,1$

### 2.2 Корректировка весов от выходного нейрона к скрытому слою.

Ошибка выходного нейрона на очередном  $i$ -ом шаге обучения вычисляется как разница актуального выходного значения ( $Output\_2$ ) и ожидаемого результата (в нашем примере это «0»):

$error\_2 := Output\_2 - 0$

Согласно алгоритму машинного обучения для дальнейшей корректировки весов необходимо

а) рассчитать производную функции выходного нейрона  $F'(x)$ :

$\text{Sigmoid}(x)dx\_2 := output\_2 * (1 - output\_2)$

б) величину сдвига весов от выходного нейрона к скрытому слою:

$weights\_delta\_2 := error\_2 * \text{Sigmoid}'(x) = error\_2 * \text{Sigmoid}(x)dx\_2$

Теперь проведем корректировку весов:

$Weight\_new\_2\_1 := weight\_2\_1 - output\_1\_1 * weights\_delta\_2 * learning\ rate$

$Weight\_new\_2\_2 := weight\_2\_2 - output\_1\_2 * weights\_delta\_2 * learning\ rate$

$Weight\_new\_2\_3 := weight\_2\_3 - output\_1\_3 * weights\_delta\_2 * learning\ rate$

Пример расчётов и коррекции для первого нейрона скрытого слоя показан на рисунке 2.

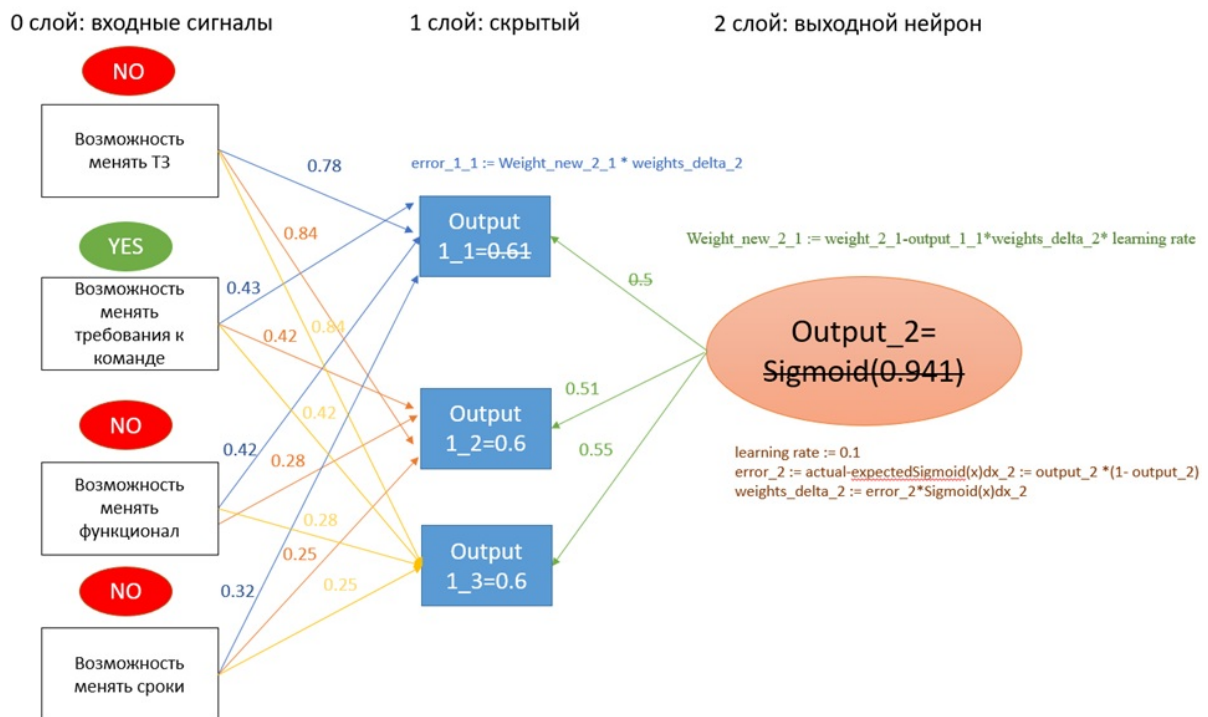


Рисунок 2 – Реализация алгоритма обратного распространения ошибки (от выходного нейрона к скрытому слою)

### 2.3 Корректировка весов от скрытого слоя к входным сигналам

Расчет ошибки первого нейрона скрытого слоя проведем аналогично:

$error\_1\_1 := Weight\_new\_2\_1 * weights\_delta\_2$

Производная сигмоидной функции первого нейрона скрытого слоя:

$\text{Sigmoid}(x)dx\_1\_1 := output\_1\_1 * (1 - output\_1\_1)$

Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа

Расчет величины сдвига весов от первого нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{weights\_delta\_1\_1} := \text{error\_1\_1} * \text{Sigmoid}(x) dx_{1\_1}$$

Корректировка весов от первого нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\begin{aligned} \text{Weight\_new\_1\_11} &:= \text{weight\_1\_11} - \text{inputs}[1] * \text{weights\_delta\_1\_1} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_12} &:= \text{weight\_1\_12} - \text{inputs}[2] * \text{weights\_delta\_1\_1} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_13} &:= \text{weight\_1\_13} - \text{inputs}[3] * \text{weights\_delta\_1\_1} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_14} &:= \text{weight\_1\_14} - \text{inputs}[4] * \text{weights\_delta\_1\_1} * \text{learning rate} \end{aligned}$$

Расчет ошибки второго нейрона скрытого слоя:

$$\text{error\_1\_2} := \text{Weight\_new\_2\_2} * \text{weights\_delta\_2}$$

Производная сигмоидной функции первого нейрона скрытого слоя:

$$\text{Sigmoid}(x) dx_{1\_2} := \text{output\_1\_2} * (1 - \text{output\_1\_2})$$

Расчет величины сдвига весов от второго нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{Weights\_delta\_1\_2} := \text{error\_1\_2} * \text{Sigmoid}(x) dx_{1\_2}$$

Корректировка весов от второго нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\begin{aligned} \text{Weight\_new\_1\_21} &:= \text{weight\_1\_21} - \text{inputs}[1] * \text{weights\_delta\_1\_2} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_22} &:= \text{weight\_1\_22} - \text{inputs}[2] * \text{weights\_delta\_1\_2} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_23} &:= \text{weight\_1\_23} - \text{inputs}[3] * \text{weights\_delta\_1\_2} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_24} &:= \text{weight\_1\_24} - \text{inputs}[4] * \text{weights\_delta\_1\_2} * \text{learning rate} \end{aligned}$$

Расчет ошибки третьего нейрона скрытого слоя:

$$\text{error\_1\_3} := \text{Weight\_new\_2\_3} * \text{weights\_delta\_2}$$

Производная сигмоидной функции первого нейрона скрытого слоя:

$$\text{Sigmoid}(x) dx_{1\_3} := \text{output\_1\_2} * (1 - \text{output\_1\_3})$$

Расчет величины сдвига весов от второго нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\text{Weights\_delta\_1\_3} := \text{error\_1\_3} * \text{Sigmoid}(x) dx_{1\_3}$$

Корректировка весов от второго нейрона скрытого слоя к входным сигналам:

$$\begin{aligned} \text{Weight\_new\_1\_31} &:= \text{weight\_1\_31} - \text{inputs}[1] * \text{weights\_delta\_1\_3} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_32} &:= \text{weight\_1\_32} - \text{inputs}[2] * \text{weights\_delta\_1\_3} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_33} &:= \text{weight\_1\_33} - \text{inputs}[3] * \text{weights\_delta\_1\_3} * \text{learning rate} \\ \text{Weight\_new\_1\_34} &:= \text{weight\_1\_34} - \text{inputs}[4] * \text{weights\_delta\_1\_3} * \text{learning rate} \end{aligned}$$

### 3. Тренировка нейронной сети

#### 3.1. Задание верной тренировочной выборки

Верной будет считаться выборка, содержащая верные входные сигналы для получения положительного выходного сигнала.

$$\text{Train} := [([1,1,0,0],0),([0,0,1,1],1),([0,0,1,0],0.5),([0,1,1,0],0.5),([1,0,0,0],0.5),([1,0,1,0],0.5),([1,1,1,0],0.5),([0,1,1,1],0.5)]$$

#### 3.2 Введение метода оценки качества

Обозначим ожидаемые результат из выборки Train Y1, а полученный результат Y2. Тогда

$$Y2 := \text{Output\_2}$$

Выберем для оценки качества метод среднеквадратичной ошибки (Min Squared Error)

$$\text{MSE} := (Y1 - Y2)^2$$

#### 3.3 Выбор числа тренировочных итераций

Выберем этот показатель равным 1000 итераций, что является достаточным для уточнения весовых коэффициентов.

#### 3.4 Проверка результата тренировки с помощью метода оценки качества

Конец Алгоритма

### Критерии оценивания решения Задания № 1

За полностью верное решение дается 20 баллов, которые начисляются по следующему правилу.

### Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа

1. Ответ не представлен (0 баллов).
2. Ответ неверный, но предприняты попытки решения задачи (+1 балл).
3. Частично построены рисунки (+1 балл).
4. Верно построены рисунки (+2 балла).
5. Верно смоделирована искусственная нейронная сеть (+4 балла, за каждую ошибку снимается по 1 баллу).
6. Верно выбрана тренировочная выборка (+3 балла, за каждую ошибку снимается 1 балл).
7. Верно реализован алгоритм обратного распространения ошибки от выходного нейрона к скрытому слою (+4 балла, за каждую ошибку снимается по 1 баллу).
8. Верно реализован алгоритм обратного распространения ошибки от скрытого слоя к входным сигналам (+4 балла, за каждую ошибку снимается по 1 баллу).
9. Верно структурирован алгоритм обратного распространения ошибки (+2 баллов, за ошибку снимается 1 балл).
10. Верно выбран метод оценки качества тренировки (+1 балл).

### Пример одного из способов решения Задания № 2

На первом этапе необходимо выявить закономерности в переключении сигналов светофора. Из результата анализа закономерностей будет предложена соответствующая схема. На втором этапе из собранных закономерностей реализуется схема управления состояниями светофора. В основе схемы управления будут триггеры, предлагается использовать D-триггер, по сути, устройство памяти способное запоминать информацию и обновлять ее с поступлением на тактовый вход переднего фронта тактового сигнала.

#### 1. Закономерности для каждого светодиода.

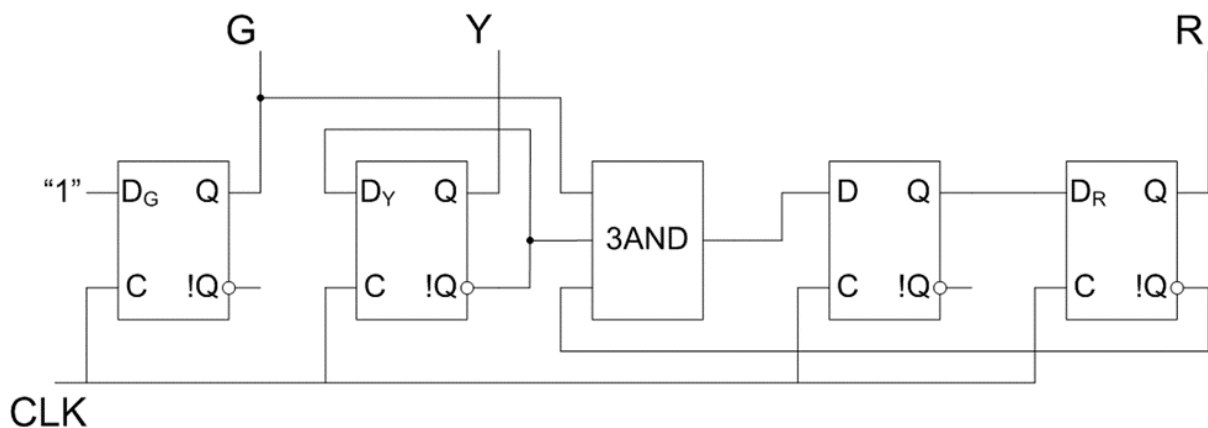
**Зеленый светодиод.** Во всех четырех состояний зеленый сигнал светофора горит. Для реализации такого состояния достаточно подключить постоянную логическую единицу на зеленый светодиод. Либо использовать D-триггер с постоянным значением логическая единица на входе данных, в таком случае D-триггер будет хранить логическую единицу, и обновлять ее на такую же логическую единицу при каждом новом такте.

**Желтый светодиод.** Желтый светодиод горит только в двух из четырех состояний, при этом заметно, что состояния чередуются. Таким образом, на состояние желтого светодиода влияет только его само состояние, для реализации такой закономерности достаточно подключить инверсный выход D-триггера к входу того же самого D-триггера.

**Красный светодиод.** Красный светодиод загорается в одном состоянии после предыдущего состояния соответствующего включению желтого и зеленого светодиода. Однако, такая комбинация сигналов встречается в схеме два раза, и только в одном случае после нее загорается красный светодиод. Для реализации такой зависимости введем дополнительный D-триггер, который будет хранить в себе информацию, что состояние с включенными зелеными и желтым светодиодом является то, после которого необходимо включить красный светодиод.

#### 2. Схема управления светофором.

Схема, реализующая вышеописанные закономерности, представлена на рисунке ниже.



Все триггеры подключаются к одному тактовому сигналу и переключаются одновременно.

### Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа

На вход триггера  $D_C$  всегда подается логическая единица, поэтому на его выходе  $Q$  всегда будет логическая единица.

Вход триггера  $D_Y$  замкнут на инвертированный выход  $!Q$ , это означает, что при каждом переднем фронте сигнала синхронизации, значение триггера будет меняться на обратное состояние от текущего состояния на выходе  $Q$ .

На вход триггера  $D_R$  подключается D-триггер, который необходим для хранения состояния, соответствующего состоянию, когда горит желтый и зеленый светодиоды перед включением красного светодиода. На вход этого D-триггера подключен элемент реализующий функцию логического умножения с тремя входами (3AND). Данная часть схемы реализует запоминание состояние схемы перед включением красного светодиода. На вход элемента 3AND подключаются два инверсных выхода с D-триггеров для красного и желтого светодиода и неинверсный выход с D-триггера для зеленого светодиода. При состоянии, когда горят желтый и зеленый светодиоды в добавленный D-триггер запишется логическая единица и при следующем такте эта логическая единица придет на вход триггера  $D_R$  и таким образом включит красный светодиод.

### Критерии оценивания решения Задания № 2

Что оценивается	Баллы
<b>А) Составление схемы, реализующей переключения</b>	10
• собранная схема реализует 4 последовательных состояния	10 баллов
• собранная схема реализует 3 последовательных состояния	8 баллов
• собранная схема реализует 2 последовательных состояния	5 баллов
• в схеме допущены ошибки разной значимости	-(1÷5) баллов
<b>Б) Приведены пояснения/расчеты/формулы к схеме</b>	10
• приведено верное пояснения принципа работы схемы для 4 состояний	10 баллов
• приведено верное пояснения принципа работы схемы для 3 состояний	8 баллов
• приведено верное пояснения принципа работы схемы для 2 состояний	5 баллов
• в описании допущены ошибки разной значимости	-(1÷5) баллов

### Решение Задания № 3

Схема БД:



## Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа

Запросы:

1) Авторы, которые защитили более одной диссертации.

```
select a.ID, Фамилия, Имя, Отчество
from Authors a, Dissert d
where a.ID = d.Автор
group by a.ID, Фамилия, Имя, Отчество
having count(*)>1;
```

2) Области наук, по которым нет диссертаций, защищенных в текущем году.

```
select *
from Science
where Шифр not in (select Область_наук from Dissert
where extract(year from Дата_защиты)=extract(year from current_date));
```

### Критерии оценивания Задания № 3

1. Неверное определение первичных ключей: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
2. Неверное определение внешних ключей: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
3. Отсутствие указания атрибутов, которые являются первичными и внешними ключами: снижение оценки на 1 балл за каждую ошибку.
4. Отсутствие указания обязательности/необязательности связей: снижение оценки на 2 балла.
5. Отсутствие указания кардинальности связей: снижение оценки на 2 балла.
6. Объединение любых двух связанных отношений в одно, нарушающее вторую или третью нормальные формы: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
7. Необоснованное разбиение любого из отношений на два, разрывающее функциональную зависимость 1:1: снижение оценки на 2 балла за каждую ошибку.
8. Неверное распределение атрибутов по отношениям: снижение оценки на 1 балл за каждую ошибку.
9. Оставление одного или всех составных атрибутов без изменений: снижение оценки на 2 балла.
10. Неверные SQL-запросы (не решающие поставленные задачи или содержащие ошибки): снижение оценки до 4-х баллов за каждый запрос в зависимости от характера ошибок:
  - a. Неверная логика – 4 балла.
  - b. Неправильные условия соединения таблиц или их отсутствие – 2 балла.
  - c. Нарушение условий группирования – 2 балла.
  - d. Использование неверных операторов сравнения или предикатов – 1 балл.
  - e. Другие синтаксические ошибки – 1 балл.

Схема БД: максимальная оценка 12 баллов.

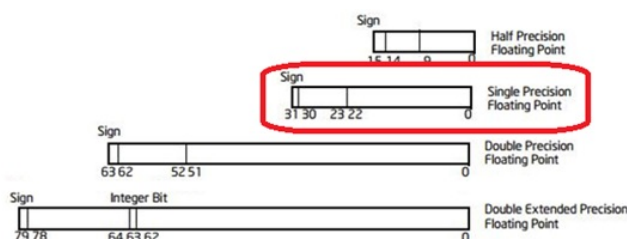
Запросы: максимальная оценка 8 баллов.

### Решение Задания № 4

Правильный ответ:  $B < C < A$

Объяснение.

Формат long signed integer предполагает, что число A – целое со знаком (старший бит), имеет размер 4 байта (32 двоичных разряда), и кодируется у Intel в дополнительном коде, число B – целое со знаком, имеет размер 2 байта (16 двоичных разряда), и кодируется также в дополнительном коде.



Type	Approximate Size in Bits	Minimal and Maximal Range
signed short int	16	-32768 to +32767
signed long int	32	-2147483648 to +2147483647

### Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа

Формат single precision floating point (или стандартизированный binary32) предполагает, что число С действительное, со знаком (в старшем бите), имеет размер 4 Байт (32 двоичных разряда) и кодируется согласно стандарту представления дробных чисел в прямом коде. Найдём эти числа в дампе памяти.

Адреса байтов	Hex dump
00403000	53 69 6D 00 00 20 BF 44 97 9E 6C 6F 67 00 4D 53
00403001	20 53 61 6E 73 20 AD 9A 72 69 FF FB 26 4F 4B 00
00403002	53 69 6D 70 6C 65 20 15 00 00 00 6F 07 20 57 72
00403030	69 74 C1 65 6E 20 49 6E 20 4D 41 53 40 33 32 00

Число С 00403003 → 00 00 20 BF  
Число А 00403027 → 15 00 00 00  
Число В 0040301A → FF FB

На рисунке в задании представлен шестнадцатеричный код байтов памяти, где пары шестнадцатеричных цифр задают содержимое одного байта. Тогда, согласно заданию, надо сравнить числа со следующими кодами

- **A** по адресу 0x00403027 – 15 00 00 00
- **B** по адресу 0x0040301A – FF FB
- **C** по адресу 0x00403003 – 00 00 20 BF.

Согласно архитектуре процессоров Интел они используют «Little Endian» принцип размещения многобайтовых величин, что означает расположения числа, начиная с младших его байтов и адресом числа является адрес его младшего байта. Т.е. правильная привычная нам запись шестнадцатеричных кодов заданных чисел будет следующей:

- A = 00 00 00 15  
или в двоичном представлении 00000000 00000000 00000000 00001111,
- B = FB FF  
или в двоичном представлении 11110111 11111111,
- C = BF 20 00 00  
или в двоичном представлении 10111111 00100000 00000000 00000000.

Число А представлено дополнительным кодом, который имеет следующую структуру разрядов:

31	30	0
Знак числа	Дополнительный код	
0	00000000 00000000 00000000 00001111	

Переведем его в прямой код и десятичную систему счисления:  $A_{10} = +15$ .

Число В представлено дополнительным кодом, который имеет следующую структуру разрядов:

15	14	0
Знак числа	Дополнительный код	
1	11110111 11111111	

Переведем его в прямой код и десятичную систему счисления:  $B_{10} = -2025$ .

Структура формата ЧПЗ (число С) предполагает, что первым слева (старшим) разрядом числа является его знак: («+» кодируется двоичным нулём, «-» кодируется двоичной единицей). Первая двоичная цифра числа «1», значит число С отрицательное. Формат binary32 предполагает следующую структуру разрядов:

31	30	23	22	0
Знак числа	Экспонента (смещенный порядок)		Мантисса без целой части	
1	01111110		01000000 00000000 00000000	



Критерии оценивания и решения заданий заключительного этапа Экспонента формируется как истинный порядок со смещением (для  $\text{binary32}$ ) на  $+127$  (III IIII). У числа  $C$  истинный порядок вычисляется как разность экспоненты, которая хранится в разрядах  $30 \div 23$  и константы  $+127$  и равен  $0111110 - 1111111 = -1$ .

Согласно стандарту хранения ЧПЗ в нормализованном формате его целая часть всегда равна единице, которая не хранится в ячейке числа (но подразумевается). Потому мы допишем её к дробной части, которая храниться в разрядах  $22 \div 0$ .

В результате мы получим следующее число ЧПЗ (в двоичной системе):

$$C = (-1,0100000\ 00000000\ 00000000 \times 2^{-1})_2 = (-0,101)_2 = -(1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}) = -0,625.$$

$$C_{10} = -0,625$$

Сравнивая три числа, получим, что  $B (-2025) < C (-0,625) < A (+15)$ .

#### Критерии оценивания решения Задания № 4

Оценивается знание архитектуры компьютера (память и система команд); понятность изложения хода решения, полнота ответов.

Что оценивается	Баллы
<b>А) Поиск числа в памяти по указанному адресу</b>	<b>6</b>
• Все числа найдены верно	6 балла
• Есть ошибка в определении адреса одного числа	-1 балл
• Есть одна ошибка в определении длины кода числа	-1 балл
• Все числа найдены неверно	0
<b>Б) Запись байтов числа из памяти согласно архитектуре процессора</b>	<b>3</b>
• Числа представлены верно	3 балла
• Допущена ошибка при определении порядка байтов в одном числе	-1 балл
• Представление чисел не выполнено	0
<b>В) Представление чисел согласно формату представления разных типов данных</b>	<b>6</b>
• Числа представлены верно	6 баллов
• Допущена ошибка при представлении ЧПЗ	-2 балла
• Допущена ошибка при представлении одного целого числа	-2 балла
• Перевод чисел не выполнен	0
<b>Г) Вычисление десятичного значения чисел согласно стандарту представления данных</b>	<b>4</b>
• Числа представлены верно	4
• Допущена ошибка при вычислении десятичного значения ЧПЗ	-2 балл
• Допущена ошибка при вычислении десятичного значения в одном целом числе	-1 балл
• Перевод чисел не выполнен	0
<b>Д) Сравнение чисел согласно правилам машинной арифметики</b>	<b>1</b>
• Сравнение выполнено верно	1

• Сравнение выполнено с ошибками или не выполнено	0
---	---

**Решение Задания № 5**

Эта задача на теорему Шеннона-Хартли.

$$B = 3100 \text{ Гц}$$

$$A = 44 \text{ дБ (dB)}$$

Из теоремы Шеннона-Хартли  $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$   $C = B \log_2(1 + SN)$ , где

$$A = 10 \lg \frac{S}{N} \quad A = 10 \lg SN$$

$$\text{Так как } \frac{S}{N} \gg 1 \quad SN \gg 1$$

$$\frac{S}{N} = 10^{\frac{A}{10}} \quad SN = 10A/10$$

$$C = \frac{BA}{10} \log_2 10 \quad C = BA/10 \log_2 10$$

Переходя к численным значениям

$$C \approx 44 \text{ Кбит/с}$$

Это теоретически достижимая скорость. Практически была достигнута скорость 33600 бит/с а стандарт v.34 описывал 28 800 бит/с. Причем эта скорость была достигнута меньше, чем за 10 лет (а начиналось с 600 бит/с). Таким образом был достигнут предел скорости при передаче по телефонным линиям, после чего произошел отказ от это вида связи.

**Критерии оценивания Задания №5**

Оценивается знание теоретических основ компьютерных сетей и умение применять эти знания на практике. Ниже приведен список действий, которые оцениваются. Как правило, указанные ниже действия должны выполняться последовательно, каждый последующий шаг невозможно сделать, если не выполнен предыдущий. Баллы за выполнение действий суммируются, так получается итоговый результат. Этот результат позволяет оценить даже не до конца выполненное задание.

Виды действий и баллы за их выполнение:

- Правильно определена основная теорема, но не приведена ее математическая форма (2 балла)
- Дополнительно записана математическая форма теоремы, использующиеся при решении задачи (плюс 2 балла)
- Часть величин из этой теорем идентифицирована и записаны их значения (плюс 2 балла)
- Все величины из этих теоремы идентифицированы и записаны их значения (плюс 2 балла)
- Проведены упрощения математических выражений из теоремы, отброшены малые слагаемые (плюс 2 балла)
- Получено выражение для основной переменной, исходя из системы первоначальных уравнений (плюс 1 балл)
- Получены все выражения для основной переменной, исходя из системы первоначальных уравнений (плюс 2 балла)
- Получено итоговое выражение – аналитический ответ (плюс 3 балла)
- Проведены численные расчеты (плюс 2 балла)
- Сделан анализ следствий полученного ответа (плюс 2 балла)