

ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет»  
Минздравсоцразвития России  
Кафедра общественного здоровья и организации здравоохранения с курсом  
медицинской информатики

Корреляционный анализ.  
Использование MS Excel для расчета  
коэффициента корреляции

*Учебно-методическое пособие для студентов*

Казань 2011

## Оглавление

Цель занятия .....	3
Студент должен уметь .....	3
Студент должен знать:.....	3
Информационный материал.....	4
Функциональная связь .....	4
Корреляционная связь .....	4
Практическое значение установления корреляционной связи. ....	4
Величина, характеризующая направление и силу связи между признаками.	4
Способы представления корреляционной связи.....	5
Направление корреляционной связи.....	5
Сила корреляционной связи.....	5
Методы определения коэффициента корреляции и формулы .....	5
Методические требования к использованию коэффициента корреляции .....	5
Рекомендации по применению метода ранговой корреляции (метод Спирмена) .....	5
Рекомендации к применению метода квадратов (метод Пирсона).....	5
Методика и порядок вычисления коэффициента корреляции .....	5
1) Метод квадратов .....	5
2) Ранговый метод.....	6
Схема оценки корреляционной связи по коэффициенту корреляции.....	6
Вычисление ошибки коэффициента корреляции .....	6
Оценка достоверности коэффициента корреляции, полученного методом ранговой корреляции и методом квадратов .....	7
Расчет коэффициента корреляции средствами MS Excel .....	11
Контрольные вопросы .....	13
Тестовые задания .....	14
Задачи .....	15
Приложение .....	17

## **Хронология занятия**

1. Формулировка и обоснования цели занятия (10 мин.);
2. Изложение основных вопросов темы (60 мин.);
3. Перерыв (20 мин.)
4. Самостоятельная работа студентов с методическим материалом - (30 мин.)
5. Разбор типовых задач по изучаемой теме (20 мин.)
6. Самостоятельное решение задач (40 мин.)
7. Тестовый контроль на ПК (15 мин.)
8. Общая продолжительность занятия – 195 минут.

### **Цель занятия**

на основе применения методов корреляции уметь выявлять влияние факторного признака на результативный при анализе общественного здоровья и деятельности медицинских учреждений.

### **Студент должен уметь**

- устанавливать корреляционную зависимость методом квадратов и ранговой корреляции;
- рассчитывать коэффициент корреляции в MS Excel;
- оценивать силу, направление и достоверность полученного коэффициента корреляции и делать соответствующие выводы.

### **Студент должен знать:**

- виды проявления количественных связей;
- понятие функциональной и корреляционной зависимости;
- практическое значение установления корреляционной связи;
- характеристики коэффициента корреляции;
- методику и порядок определения коэффициента корреляции.

**Место проведения:** аудитория кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения с курсом медицинской информатики, дисплейный класс.

### **Оснащение занятия**

Мультимедийный проектор

Ноутбук

Наглядный материал в виде мультимедийной презентации

Персональный компьютер

## **Информационный материал**

При изучении общественного здоровья и здравоохранения в научных и практических целях исследователю часто приходится проводить статистический анализ связей между факторными и результативными признаками статистической совокупности (причинно-следственная связь) или определение зависимости параллельных изменений нескольких признаков этой совокупности от какой либо третьей величины (от общей их причины). Необходимо уметь изучать особенности этой связи, определять ее размеры и направление, а также оценивать ее достоверность. Для этого используются методы корреляции.

1. **Виды проявления количественных связей между признаками**
  - функциональная связь
  - корреляционная связь
2. **Определения функциональной и корреляционной связи**

### **Функциональная связь**

такой вид соотношения между двумя признаками, когда каждому значению одного из них соответствует строго определенное значение другого (площадь круга зависит от радиуса круга и т.д.). Функциональная связь характерна для физико-математических процессов.

### **Корреляционная связь**

такая связь, при которой каждому определенному значению одного признака соответствует несколько значений другого взаимосвязанного с ним признака (связь между ростом и массой тела человека; связь между температурой тела и частотой пульса и др.). Корреляционная связь характерна для медико-биологических процессов.

### **Практическое значение установления корреляционной связи.**

Выявление причинно-следственной между факторными и результативными признаками (при оценке физического развития, для определения связи между условиями труда, быта и состоянием здоровья, при определении зависимости частоты случаев болезни от возраста, стажа, наличия производственных вредностей и др.)

Зависимость параллельных изменений нескольких признаков от какой-то третьей величины. Например, под воздействием высокой температуры в цехе происходят изменения кровяного давления, вязкости крови, частоты пульса и др.

### **Величина, характеризующая направление и силу связи между признаками.**

Коэффициент корреляции, который одним числом дает представление о направлении и силе связи между признаками (явлениями), пределы его колебаний от 0 до  $\pm 1$

### **Способы представления корреляционной связи**

- график (диаграмма рассеяния)
- коэффициент корреляции

### **Направление корреляционной связи**

- прямая
- обратная

### **Сила корреляционной связи**

- сильная:  $\pm 0,7$  до  $\pm 1$
- средняя:  $\pm 0,3$  до  $\pm 0,699$
- слабая: 0 до  $\pm 0,299$

### **Методы определения коэффициента корреляции и формулы**

- метод квадратов (метод Пирсона)
- ранговый метод (метод Спирмена)

### **Методические требования к использованию коэффициента корреляции**

- измерение связи возможно только в качественно однородных совокупностях (например, измерение связи между ростом и весом в совокупностях, однородных по полу и возрасту)
- расчет может производиться с использованием абсолютных или производных величин
- для вычисления коэффициента корреляции используются не сгруппированные вариационные ряды (это требование применяется только при вычислении коэффициента корреляции по методу квадратов)
- число наблюдений менее 30

### **Рекомендации по применению метода ранговой корреляции (метод Спирмена)**

- когда нет необходимости в точном установлении силы связи, а достаточно ориентировочных данных
- когда признаки представлены не только количественными, но и атрибутивными значениями
- когда ряды распределения признаков имеют открытые варианты (например, стаж работы до 1 года и др.)

### **Рекомендации к применению метода квадратов (метод Пирсона)**

- когда требуется точное установление силы связи между признаками
- когда признаки имеют только количественное выражение

### **Методика и порядок вычисления коэффициента корреляции**

#### **1) Метод квадратов**

- построить вариационные ряды для каждого из сопоставляемых признаков, обозначив первый и второй ряд чисел соответственно  $x$  и  $y$ ;
- определить для каждого вариационного ряда средние значения ( $M_1$  и  $M_2$ );
- найти отклонения ( $d_x$  и  $d_y$ ) каждого числового значения от среднего значения своего вариационного ряда;
- полученные отклонения перемножить ( $d_x \times d_y$ )

- каждое отклонение возвести в квадрат и суммировать по каждому ряду ( $\sum d_x^2$  и  $d_y^2$ )
- подставить полученные значения в формулу расчета коэффициента корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\sum(d_x \times d_y)}{\sqrt{(\sum d_x^2 \times \sum d_y^2)}}$$

при наличии вычислительной техники расчет производится по формуле:

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \times \sum y}{\sqrt{[(n \sum x^2 - (\sum x)^2 / n) (n \sum y^2 - (\sum y)^2 / n)]}}$$

## 2) Ранговый метод

- составить два ряда из парных сопоставляемых признаков, обозначив первый и второй ряд соответственно x и y. При этом представить первый ряд признака в убывающем или возрастающем порядке, а числовые значения второго ряда расположить напротив тех значений первого ряда, которым они соответствуют

- величину признака в каждом из сравниваемых рядов заменить порядковым номером (рангом). Рангами, или номерами, обозначают места показателей (значения) первого и второго рядов. При этом числовым значениям второго признака ранги должны присваиваться в том же порядке, какой был принят при раздаче их величинам первого признака. При одинаковых величинах признака в ряду ранги следует определять как среднее число из суммы порядковых номеров этих величин

- определить разность рангов между x и y (d):  $d = x - y$
- возвести полученную разность рангов в квадрат ( $d^2$ )
- получить сумму квадратов разности ( $\sum d^2$ ) и подставить полученные значения в формулу:

$$r_{xy} = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

### Схема оценки корреляционной связи по коэффициенту корреляции

Сила связи	Направление связи	
	прямая (+)	обратная (-)
Сильная	от + 1 до +0,7	от - 1 до - 0,7
Средняя	от + 0,699 до + 0,3	от - 0,699 до - 0,3
Слабая	от + 0,299 до 0	от - 0,299 до 0

### Вычисление ошибки коэффициента корреляции

- ошибка коэффициента корреляции, вычисленного методом квадратов (Пирсона):

$$m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}}$$

ошибка коэффициента корреляции, вычисленного ранговым методом (Спирмена):

$$m_{p_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - p_{xy}^2}{n - 2}}$$

**Оценка достоверности коэффициента корреляции, полученного методом ранговой корреляции и методом квадратов**

**Способ 1** Достоверность определяется по формуле:

$$t = \frac{r_{xy}}{m_{r_{xy}}} \quad \text{или} \quad t = \frac{p_{xy}}{m_{p_{xy}}}$$

Критерий t оценивается по таблице значений t с учетом числа степеней свободы ( $n - 2$ ), где  $n$  — число парных вариантов. Критерий t должен быть равен или больше табличного, соответствующего вероятности  $p \geq 99\%$ .

**Способ 2** Достоверность оценивается по специальной таблице стандартных коэффициентов корреляции. При этом достоверным считается такой коэффициент корреляции, когда при определенном числе степеней свободы ( $n - 2$ ), он равен или более табличного, соответствующего степени безошибочного прогноза  $p \geq 95\%$ .

### Задача - эталон

*на применение метода квадратов*

**Задание:** вычислить коэффициент корреляции, определить направление и силу связи между количеством кальция в воде и жесткостью воды, если известны следующие данные (табл. 1). Оценить достоверность связи. Сделать вывод.

Таблица 1

Жесткость воды (в градусах)	Количество кальция в воде (в мг/л)
4	28
8	56
11	77
27	191
34	241
37	262

*Обоснование выбора метода.* Для решения задачи выбран метод квадратов (Пирсона), т.к. каждый из признаков (жесткость воды и количество кальция) имеет числовое выражение; нет открытых вариантов.

### Решение.

Последовательность расчетов изложена в тексте, результаты представлены в таблице. Построив ряды из парных сопоставляемых признаков, обозначить их через  $x$  (жесткость воды в градусах) и через  $y$  (количество кальция в воде в мг/л).

Жесткость воды (в градусах)	Количество кальция в воде (в мг/л)	$d_x$	$d_y$	$d_x \times d_y$	$d_x^2$	$d_y^2$
4	28	-16	-114	1824	256	12996
8	56	-12	-86	1032	144	7396
11	77	-9	-66	594	81	4356
27	191	+7	+48	336	49	2304
34	241	+14	+98	1372	196	9604
37	262	+16	+120	1920	256	14400
$M_x = \Sigma x / n$	$M_y = \Sigma y / n$			$\Sigma d_x \times d_y = 7078$	$\Sigma d_x^2 = 982$	$\Sigma d_y^2 = 51056$
$M_x = 120/6 = 20$	$M_y = 852/6 = 142$					

1. Определить средние величины  $M_x$  ряду вариант "x" и  $M_y$  в ряду вариант "y" по формулам:

$$M_x = \Sigma x / n \text{ (графа 1) и}$$

$$M_y = \Sigma y / n \text{ (графа 2)}$$

2. Найти отклонение ( $d_x$  и  $d_y$ ) каждой варианты от величины вычисленной средней в ряду "x" и в ряду "y"

$$d_x = x - M_x \text{ (графа 3) и } d_y = y - M_y \text{ (графа 4).}$$

3. Найти произведение отклонений  $d_x \times d_y$  и суммировать их:  $\Sigma d_x \times d_y$  (графа 5)

4. Каждое отклонение  $d_x$  и  $d_y$  возвести в квадрат и суммировать их значения по ряду "x" и по ряду "y":  $\Sigma d_x^2 = 982$  (графа 6) и  $\Sigma d_y^2 = 51056$  (графа 7).

5. Определить произведение  $\Sigma d_x^2 \times \Sigma d_y^2$  и из этого произведения извлечь квадратный корень

$$\sqrt{(\Sigma d_x^2 \times \Sigma d_y^2)} = \sqrt{(982 \times 51056)}$$

6. Полученные величины  $\Sigma (d_x \times d_y)$  и  $\sqrt{(\Sigma d_x^2 \times \Sigma d_y^2)}$  подставляем в формулу расчета коэффициента корреляции:

$$r_{xy} = \frac{\Sigma (d_x \times d_y)}{\sqrt{(\Sigma d_x^2 \times \Sigma d_y^2)}} = \frac{7078}{\sqrt{(982 \times 51056)}} = \frac{7078}{\sqrt{50136992}} = \frac{7078}{7080,7} = +0,99$$



7. Определить достоверность коэффициента корреляции:  
1-й способ. Найти ошибку коэффициента корреляции ( $m_{r_{xy}}$ ) и критерий  $t$  по формулам:

$$m_{r_{xy}} = \pm \sqrt{\frac{1 - 0,99^2}{6 - 2}} = \pm \sqrt{\frac{0,02}{4}} = \sqrt{0,005} = \pm 0,07$$

$$t = \frac{0,99}{0,07} = 14,1$$

Критерий  $t = 14,1$ , что соответствует вероятности безошибочного прогноза  $p > 99,9\%$ .

2-й способ. Достоверность коэффициента корреляции оценивается по таблице "Стандартные коэффициенты корреляции" (см. приложение 1). При числе степеней свободы  $(n - 2) = 6 - 2 = 4$ , наш расчетный коэффициент корреляции  $r_{xy} = + 0,99$  больше табличного ( $r_{\text{табл}} = + 0,917$  при  $p = 99\%$ ).

**Вывод.** Чем больше кальция в воде, тем она более жесткая (связь **прямая, сильная и достоверная**:  $r_{xy} = + 0,99$ ,  $p > 99,9\%$ ).

### Задача - эталон

*на применение рангового метода*

**Задание:** методом рангов установить направление и силу связи между стажем работы в годах и частотой травм, если получены следующие данные:

Стаж работы в годах	Число травм на 100 работающих
до 1 года	24
1-2	16
3-4	12
5-6	12
7 и более	6

*Обоснование выбора метода:* для решения задачи может быть выбран только метод ранговой корреляции, т.к. первый ряд признака "стаж работы в годах" имеет открытые варианты (стаж работы до 1 года и 7 и более лет), что не позволяет использовать для установления связи между сопоставляемыми признаками более точный метод — метод квадратов.

**Решение.** Последовательность расчетов изложена в тексте, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Стаж работы в годах	Число травм	Порядковые номера (ранги)		Разность рангов	Квадрат разности рангов
		X	Y		
До 1 года	24	1	5	-4	16
1-2	16	2	4	-2	4
3-4	12	3	2,5	+0,5	0,25
5-6	12	4	2,5	+1,5	2,25
7 и более	6	5	1	+4	16
					$\Sigma d^2 = 38,5$

1. Каждый из рядов парных признаков обозначить через "x" и через "y" (графы 1—2).

2. Величину каждого из признаков заменить ранговым (порядковым) номером. Порядок раздачи рангов в ряду "x" следующий: минимальному значению признака (стаж до 1 года) присвоен порядковый номер "1", последующим вариантам этого же ряда признака соответственно в порядке увеличения 2-й, 3-й, 4-й и 5-й порядковые номера — ранги (см. графу 3).

Аналогичный порядок соблюдается при раздаче рангов второму признаку "y" (графа 4).

В тех случаях, когда встречаются несколько одинаковых по величине вариант (например, в задаче-эталоне это 12 и 12 травм на 100 работающих при стаже 3—4 года и 5—6 лет, порядковый номер обозначить средним числом из суммы их порядковых номеров. Эти данные о числе травм (12 травм) при ранжировании должны занимать 2 и 3 места, таким образом среднее число из них равно  $(2 + 3)/2 = 2,5$ .

Таким образом, числу травм "12" и "12" (признаку) следует раздать ранговые номера одинаковые — "2,5" (графа 4).

3. Определить разность рангов  $d = (x - y)$  — (графа 5)

4. Разность рангов возвести в квадрат ( $d^2$ ) и получить сумму квадратов разности рангов  $\Sigma d^2$  (графа 6).

5. Произвести расчет коэффициента ранговой корреляции по формуле:

$$r_{xy} = 1 - \frac{6 \Sigma d^2}{n(n^2 - 1)},$$

где n — число сопоставляемых пар вариант в ряду "x" и в ряду "y"

$$\rho_{xy} = 1 - \frac{6 \times 38,5}{5(5^2 - 1)} = 1 - \frac{325}{5(25 - 1)} = 1 - \frac{325}{120} = 1 - 1,92 = -0,92$$

6. Определить достоверность коэффициента ранговой корреляции.

1-й способ. Определить ошибку ( $m\rho_{xy}$ ) коэффициента ранговой корреляции и оценить достоверность его с помощью критерия t:

$$m\rho_{xy} = \sqrt{\frac{1 - 0,92^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{0,08}{3}} = \sqrt{0,026} = 0,16$$

$$t = \frac{0,92}{0,16} = 5,75$$

Полученный критерий  $t = 5,75$  соответствует вероятности безошибочного прогноза (p) больше 95 %:

$$\rho_{xy} = -0,92; m\rho_{xy} = \pm 0,16; t = 5,75; p > 95\%$$

2-й способ. По таблице "Стандартных коэффициентов корреляции": при числе степеней свободы  $(n - 2) = 5 - 2 = 3$  наш расчетный коэффициент корреляции  $\rho_{xy} = -0,92$  больше табличного 0,878 и меньше 0,933, что соответствует вероятности безошибочного прогноза больше 95% и меньше 98%. Это позволяет считать полученный коэффициент ранговой корреляции достоверным.

**Вывод.** С вероятностью безошибочного прогноза (p) больше 95% установлено, что чем больше стаж работы, тем меньше частота травм (связь обратная, сильная, достоверная корреляционная:  $\rho_{xy} = -0,92, p > 95\%$ ).

### Расчет коэффициента корреляции средствами MS Excel

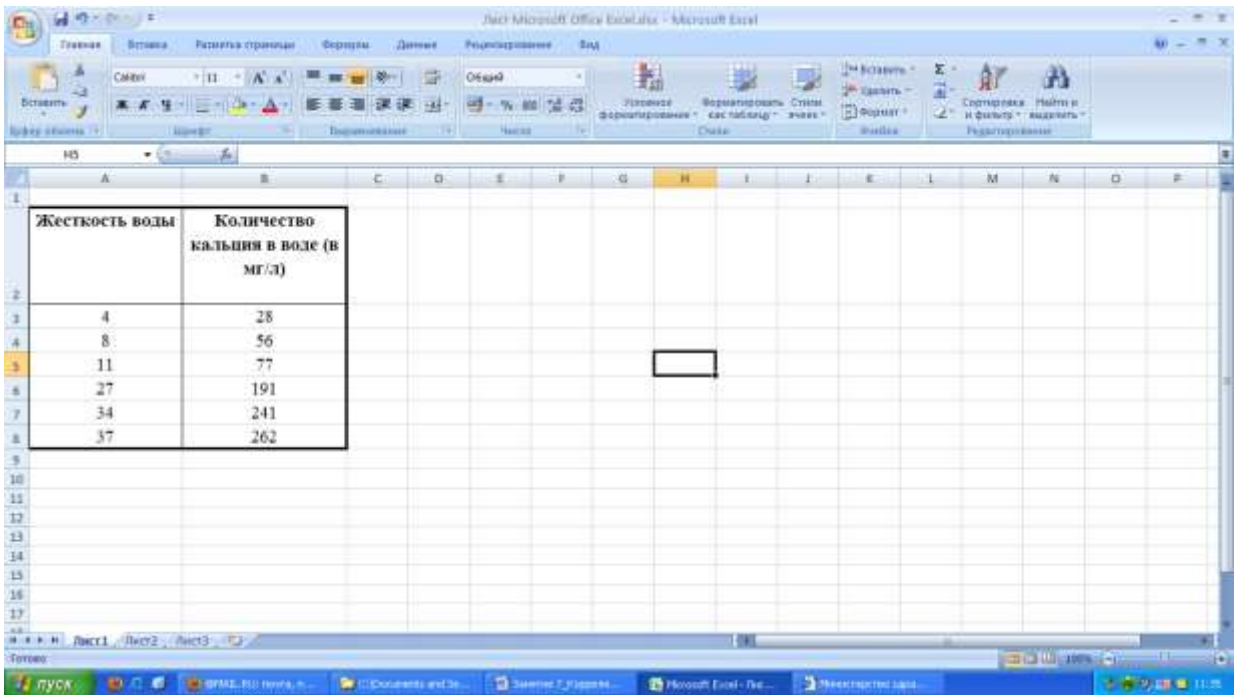
**Задание:** вычислить коэффициент корреляции, определить направление и силу связи между количеством кальция в воде и жесткостью воды, если известны следующие данные (табл. 1). Оценить достоверность связи. Сделать вывод.

Таблица 1

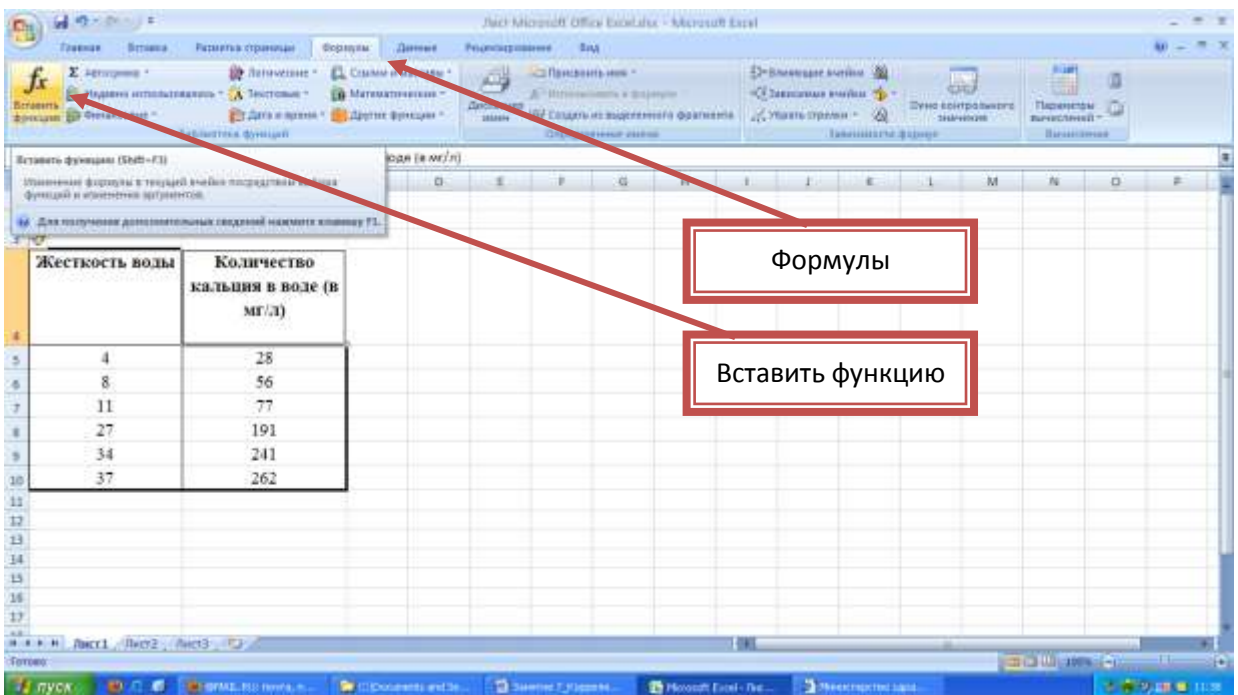
Жесткость воды (в градусах)	Количество кальция в воде (в мг/л)
4	28
8	56
11	77
27	191
34	241
37	262

Решение:

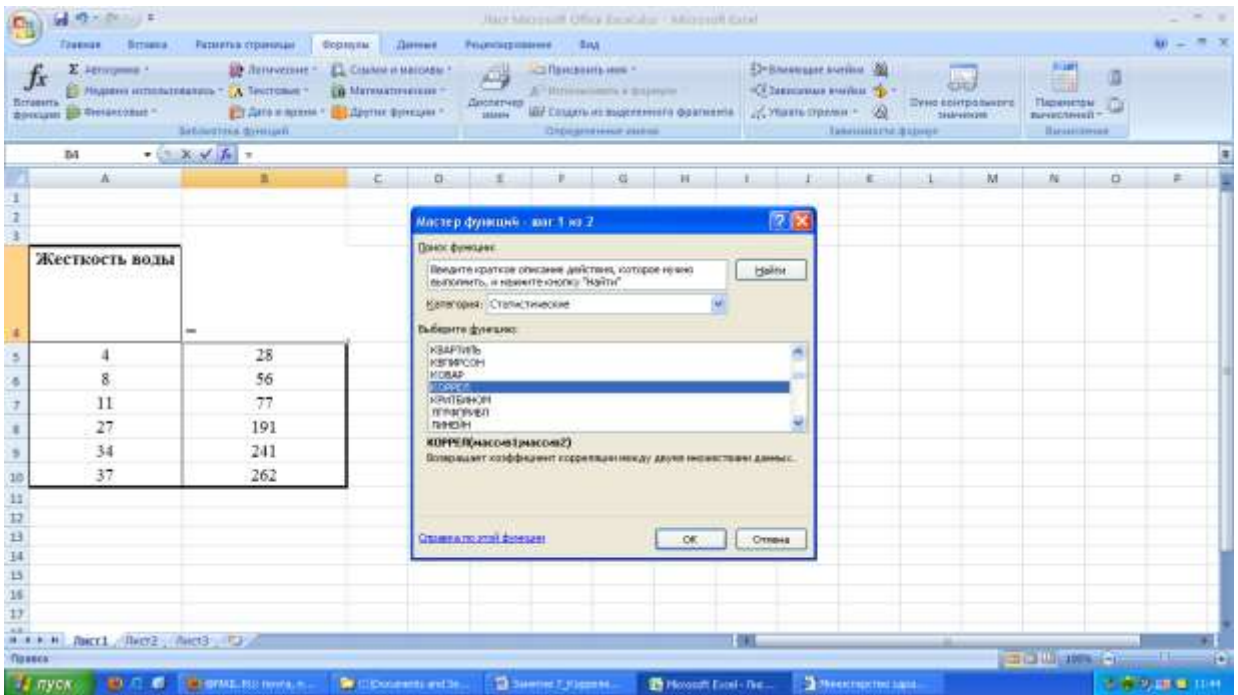
1 этап: ввод информации:



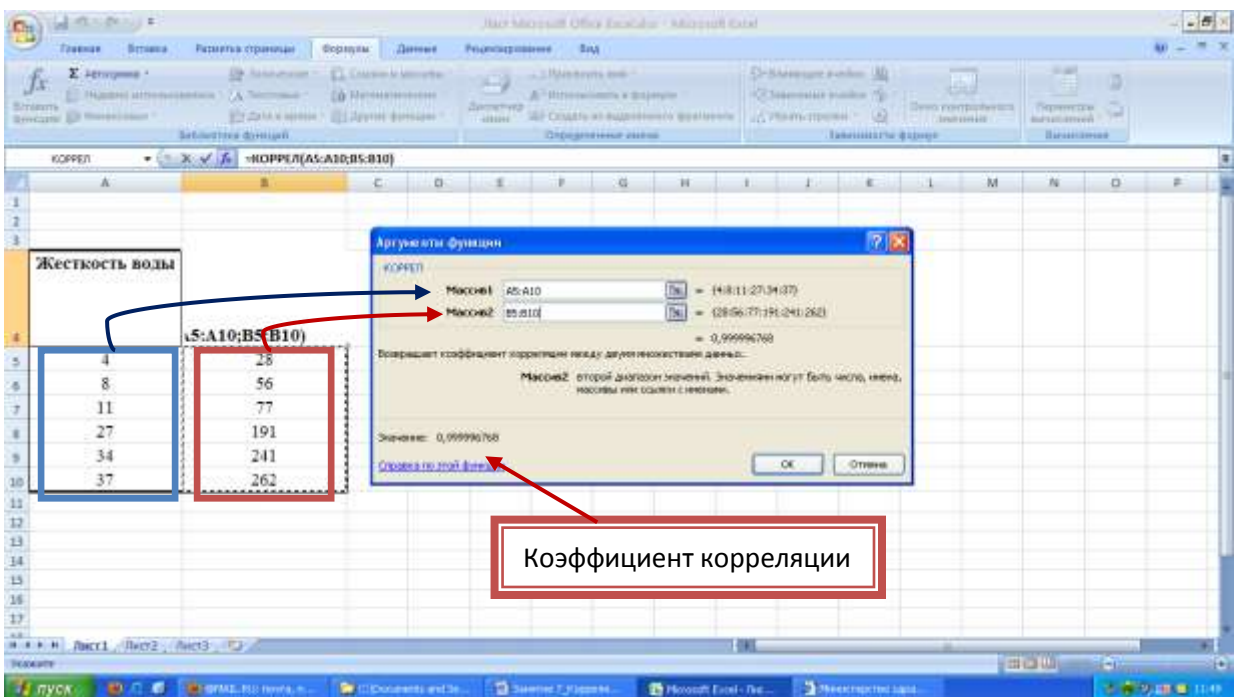
2 этап – выбор вкладки «Формулы» и «Вставка функции  $f_x$ »:



3 этап – из категории статистических функций, выбираем «Коррел» (коэффициент корреляции между двумя множествами данных):



4 этап – внесение массивов данных и расчет коэффициента корреляции:



5 этап: **Вывод.** Чем больше кальция в воде, тем она более жесткая (связь прямая, сильная и достоверная:  $r_{xy} = + 0,99$ ).

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение функциональной и корреляционной связи.

2. Приведите примеры прямой и обратной корреляционной связи.
3. Укажите размеры коэффициентов корреляции при слабой, средней и сильной связи между признаками.
4. В каких случаях применяется ранговый метод вычисления коэффициента корреляции?
5. В каких случаях применяется метод квадратов?
6. Каковы основные этапы вычисления коэффициента корреляции методом квадратов?
7. Каковы основные этапы вычисления коэффициента корреляции ранговым методом?
8. Укажите способы определения достоверности коэффициента корреляции.

#### **Тестовые задания**

**При проведении корреляционного анализа необходимо учитывать следующие параметры:**

- Направление связи между признаками, её силу и ошибку репрезентативности;
- Направление связи между признаками, её силу, ошибку репрезентативности и величину коэффициента вариации;
- Направление связи между признаками, её силу, ошибку репрезентативности и величину критерия достоверности.

**Между какими из ниже перечисленных признаков может устанавливаться корреляционная связь:**

- Ростом и массой тела у детей;
- Содержанием кислорода в клетках крови и уровнем осмотического давления;
- Уровнем систолического и диастолического давления;
- Частотой случаев хронических заболеваний и возрастом.

**Коэффициент корреляции между уровнем шума и снижением слуха с учетом стажа у рабочих механосборочного цеха равен**

**$r_{xy} + 0,91$ . Установленная связь:**

- Обратная и слабая;
- Обратная и сильная;
- Прямая и слабая;
- Прямая и сильная.

**Получить представление о силе и направлении связи между признаками можно с помощью:**

- таблиц, в которых записаны размеры признаков;
- графического изображения зависимости;
- коэффициента корреляции.

**Направление корреляционной зависимости может быть представлено с помощью:**

- таблиц, в которых записаны размеры признаков;
- графического изображения зависимости;
- коэффициента корреляции.

### Задачи

**Задача 1.** В связи с ростом ревматизма в районе А. врач провел обследование семей жителей своего участка с целью выявления носителей стрептококковой инфекции в каждой семье. Специалист Роспотребнадзора оценил санитарно-гигиеническую характеристику жилищных условий этих семей (см. табл.).

1. Определите, какой метод позволит установить корреляцию между факторным признаком и результативным?
2. Обоснуйте свой вывод.

Жилищные условия	Носительство стрептококковой инфекции (на 100 обследованных)
Очень плохие	12
Плохие	8
Удовлетворительные	6
Хорошие	6
Наиболее благоприятные	2

**Задача 2.** В городе Н. было проведено изучение зависимости заболеваемости инфарктом миокарда по месяцам года в зависимости от средней температуры воздуха:

Месяцы года	Заболеваемость инфарктом миокарда по месяцам (на 10 тыс. жителей)	Среднемесячная температура воздуха
Январь	1,6	-7,1
Февраль	1,23	-7,7
Март	1,14	-5,8
Апрель	1,13	-4,1
Май	1,12	+13
Июнь	1,02	+14,9
Июль	0,91	+18,8
Август	0,82	+15,6
Сентябрь	1,06	+9,0
Октябрь	1,22	+6,0
Ноябрь	1,33	-1,0
Декабрь	1,4	-7,7

Какой из методов корреляции следует применять для установления связи? Обоснуйте свой вывод.

**Задача 3.** Между стажем работы ткачих и частотой понижения слуха у них установлена прямая корреляционная связь ( $r_{xy}=+0.8$ )/ Ошибка коэффициента корреляции  $\pm 0,1$ .

Оцените коэффициент корреляции.

Какая дополнительная информация необходима для оценки достоверности этой связи?

**Задача 4.** В научном исследовании между частотой материнской смертности и частотой внебольничного аборта установлена корреляционная зависимость.

Какой метод корреляции более предпочтителен для установления связи в данной ситуации?

Назовите факторные и результативные признаки.

**Задача 5.** В трех районах города N. Проводилось изучение заболеваемости кариесом детей в зависимости от содержания фтора в питьевой воде. При этом была установлена связь ( $r_{xy}=-0.85$ ).

Оцените силу и направление связи.

Можно ли утверждать, что при едином централизованном водоснабжении эта закономерность характерна для заболеваемости кариесом детей всего города?

Является ли условие задачи достаточным для такого утверждения?



**Приложение**

**Стандартные коэффициенты корреляции, которые считаются  
достоверными (по Л.С. Каминскому)**

Число степеней свободы — 2	Уровень вероятности р (%)		
	95%	98%	99%
1	0,997	0,999	0,999
2	0,950	0,980	0,990
3	0,878	0,934	0,959
4	0,811	0,882	0,917
5	0,754	0,833	0,874
6	0,707	0,789	0,834
7	0,666	0,750	0,798
8	0,632	0,716	0,765
9	0,602	0,685	0,735
10	0,576	0,658	0,708
11	0,553	0,634	0,684
12	0,532	0,612	0,661
13	0,514	0,592	0,641
14	0,497	0,574	0,623
15	0,482	0,558	0,606
16	0,468	0,542	0,590
17	0,456	0,528	0,575
18	0,444	0,516	0,561
19	0,433	0,503	0,549
20	0,423	0,492	0,537
25	0,381	0,445	0,487
30	0,349	0,409	0,449

### **Основная литература:**

1. Кобринский Б.А., Зарубина Т.В. Медицинская информатика: Учебник. М: изд. "Академия", 2009.
2. Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения: Учебное пособие для практических занятий / Под ред. В.З.Кучеренко. – М.:ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 192 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г. Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика. – Спб: ООО «Издательства ФОЛИАНТ», 2003. – 432 с.
2. Карась С.И. Информационные основы принятия решений в медицине: Учебное пособие. – Томск: Печатная мануфактура, 2003.- 145с.
3. Чернов В.И., Родионов О.В., Есауленко И.Э. и др. Медицинская информатика: Учебное пособие.- Воронеж, 2004. – 282с.: ил.
5. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. – СПб: Питер, 2001. -480с. – (Серия "Национальная медицинская библиотека").
6. Богданов А.К., Проценко В.Д. Практические применения современных методов анализа изображений в медицине: Учебное пособие. – М.: РУДН, 2008. – 119с.: ил.
7. Санников А.Г., Егоров Д.Б., Скудных А.С., Рухлова С.А. Практикум по медицинской информатике: автоматизированное рабочее место врача и системы поддержки принятия врачебного решения. – Тюмень: П.П.Ш., 2009. – 116с.