

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Институт фундаментальных и прикладных агробиотехнологий

Кафедра лесного хозяйства

Учебно-методическое пособие
для практических занятий и самостоятельной работы

Статистический анализ в лесном деле

Новосибирск 2024

УДК 630.673.1 (07)
ББК 65.051.534, я7
С 781

Кафедра лесного хозяйства
Составители: к.с.-х.н. О.Е. Якубенко, ст. преподаватель Р.А. Третьякова
Рецензент: к.с.-х.н. А.Г. Митракова

Статистический анализ в лесном деле: Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы. Новосиб. гос. аграр. ун-т; сост.: О.Е. Якубенко, Р.А. Третьякова. Новосибирск, 2024. – 54 с.

Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине Статистический анализ в лесном деле для студентов направления подготовки 35.03.01 Лесное дело составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВО, рабочему учебному плану, ООП и рабочей программе дисциплины.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом института ФиПА.

Содержание

Введение	4
1 Анализ лесоводственной информации.....	5
1.1 Статистическая обработка данных.....	6
1.2 Графическое изображение изменчивости признака.....	16
2 Типы распределений	27
3 Корреляционно-регрессионный анализ	30
4 Статистические гипотезы	35
5 Дисперсионный анализ.....	37
6 Контрольная работа.....	42
6.1 Общие методические рекомендации	42
6.2 Требования к оформлению.....	42
6.3 Вопросы контрольной работы	44
7 Список литературы.....	49
Приложение 1	50
Приложение 2	51
Приложение 3	52
Приложение 4	53

Введение

Статистика – наука, изучающая методы сбора и интерпретации числовых данных. Одной из важнейших категорий статистической науки является категория признака. Именно значения различных признаков наблюдаются и регистрируются на первой стадии статистического исследования – статистического наблюдения.

Лесные сообщества и их структурные элементы являются вероятностными системами с различными уровнями детерминации проходящих в них процессов и явлений. Статистическая совокупность может быть образована по одному или по нескольким признакам. Она может состоять из одной или нескольких однородных в отношении изучаемого свойства групп.

Существует тесная связь между статистической наукой и статистической практикой. Статистическая практика применяет правила, которые разработала статистическая наука, но в тоже время статистическая наука опирается на те материалы, которые были получены статистической практикой, обобщает её опыт и разрабатывает на основе всего этого новые положения.

Главная задача статистической обработки экспериментальных данных – анализ, интерпретация и заключение (вывод).

1. Анализ лесоводственной информации

Анализ лесоводственной информации начинается с формирования совокупности данных. Совокупность, из которой отбирают определенную часть ее членов для совместного изучения, называется генеральной. Отобранная совокупность называется выборочной.

Выборочная совокупность может быть отобрана одним из способов:

- случайный отбор – способ извлечения n объектов из конечной генеральной совокупности N объектов, при котором каждая из возможных выборок имеет равную вероятность быть отобранной.

- регулярный отбор – объекты в выборку отбираются по определённом правилу, не зависящему от свойств объекта.

- расслоённый (стратифицированный) отбор – исходная генеральная совокупность объёма N подразделяется на подсовокупности объёма $N_1, N_2, \dots, N_k$.

Насколько вероятно, что зависимость, подобная найденной подтвердится на данных другой выборки, извлеченной из той же самой генеральной совокупности, называется достоверностью или надёжностью.

Мера доверия к полученному результату определяет уровень значимости. Вероятность того, что найденная в исследуемой выборке закономерность является лишь случайной особенностью данной выборки.

Интервал значений вокруг оценки параметра, в котором находится «истинное» значение этой статистики характеризует доверительный интервал.

Степень надёжности полученных данных, их приближение к генеральной совокупности называется точностью.

Переменная – то, что можно измерять, контролировать. Количественные (высота, диаметр и т.д.), качественные (номер опытного участка, древесная порода и т.д.), независимые задаются исследователем, зависимые измеряются или регистрируются.

Величину изучаемого признака для отдельной единицы совокупности называют вариантой и обозначают x_i , где индекс i означает порядковый номер варианты.

Ряд числовых значений признака, расположенных в определенном порядке называется статистическим рядом.

Вариационный ряд (ряд распределения) – двойной ряд чисел, показывающий, каким образом числовые значения признака связаны с их повторяемостью в данной статистической совокупности.

Числа, показывающие сколько раз отдельные варианты встречаются в данной совокупности, называются частотой (f).

Наиболее простым методом группировки, применяемым при любом характере изменчивости при небольших размерах выборки, является ранжирование.

Сущность ранжирования состоит в том, что варианты располагаются в строгом порядке по принципу их увеличения или уменьшения (т.е. по ранжиру). Для больших выборок строится вариационный ряд.

1.1. Статистическая обработка данных

В процессе выполнения камеральных работ и обработки данных полевых измерений важную роль играет технология записи данных и перевода их в электронный вид.

Современные профессиональные пакеты статистической обработки информации используют один и тот же принцип формирования базы данных «один объект – одна строка, один атрибут – один столбец» (табл. 1).

Таблица 1 – Образец для заполнения

№ измерения	Показатель	Показатель	
			
	значение / количество		
			

При выполнении полевых измерений данные записываются на бумажные носители, а также с использованием электронных систем. Электронная таблица строится по приведённому выше принципу «один объект – одна строка, один атрибут – один столбец», но имеет свою специфику, отличную от методики данных в полевых условиях. В электронной таблице должны быть заполнены все ячейки. Особое значение при переводе данных на электронные носители информации следует уделять методикам, позволяющим избежать ошибок, а также верификации данных.

Вычисление статистических величин является более глубоким обобщением первичной информации. К основным статистическим показателям относятся:

N – объем генеральной совокупности;

n – объем выборочной совокупности;

$\bar{X}$ или $X_{ср.}$ – среднее арифметическое значение признака;

$\min$ – минимальное значение признака;

$\max$ – максимальное значение признака;

$\lim$ – разность между максимальным и минимальным значением;

Me – медиана;

Mo – мода;

σ – стандартное (среднеквадратическое) отклонение;

σ^2 – дисперсия;

C_v – коэффициент вариации;

SS – сумма квадратов отклонений;

А – асимметрия;

Е – эксцесс.

Статистическая обработка экспериментального материала осуществляется с помощью пакетов программ. Программа Excel обладает возможностями объединения и анализа, импорта и просмотра, построения и совершенствования модели данных.

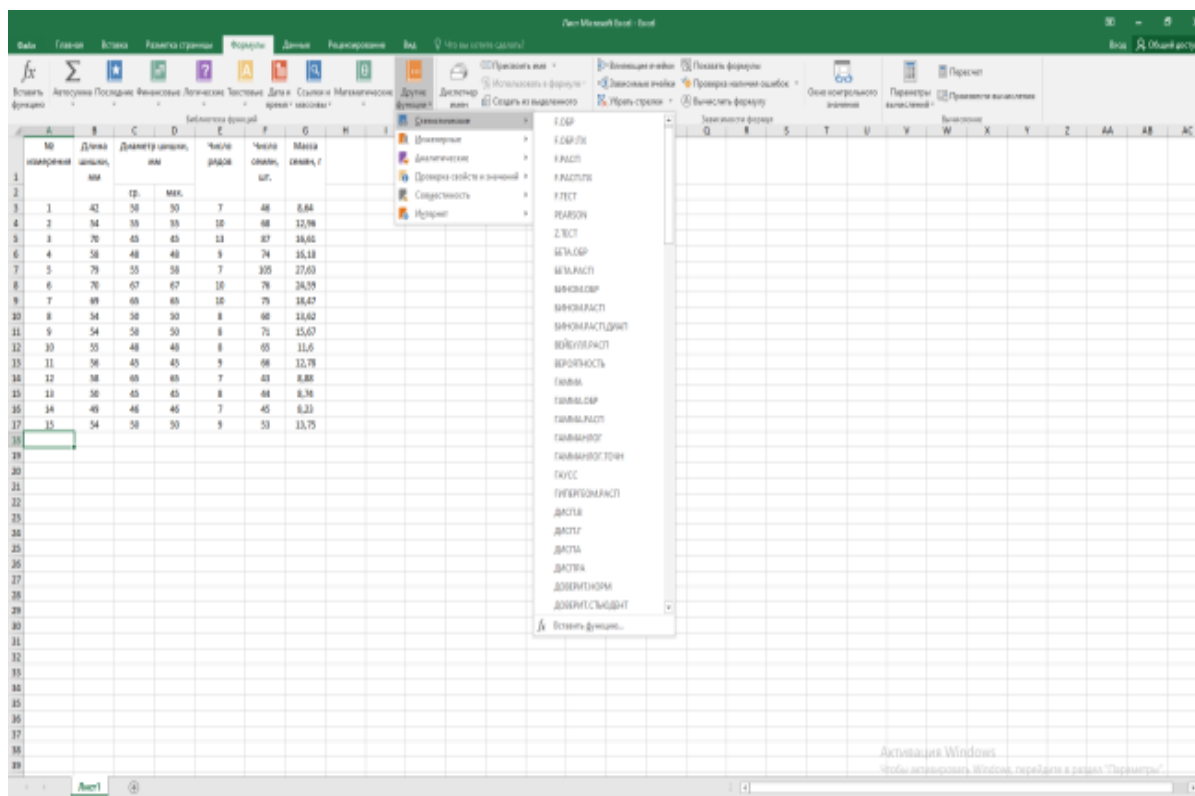


Рисунок 1 – Выбор статистической функции в Excel

Обобщенная величина позволяет сравнивать не только группы, но и ряды распределения. Различают ряды распределений (по качественным или количественным признакам), графики и диаграммы, индексы. К статистическим величинам относятся: среднее значение, среднее квадратическое отклонение, ошибка среднего значения, коэффициент вариации, точность опыта и т.д.

Среднее арифметическое значение (mean) показывает «центральное положение» переменной. Средняя арифметическая представляет собой точку равновесия вариационного ряда, отклонения, от которой в сторону увеличения или уменьшения признака взаимно уравниваются.

Средняя арифметическая показывает, какую величину признака имели бы особи данной группы, если бы эта величина была у всех одинаковой.

Средняя арифметическая находится по формуле (1):

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

где, X – величина варьирующего признака;

n – объём выборки.

Функция в Excel = СРЗНАЧ (рисунок 2)

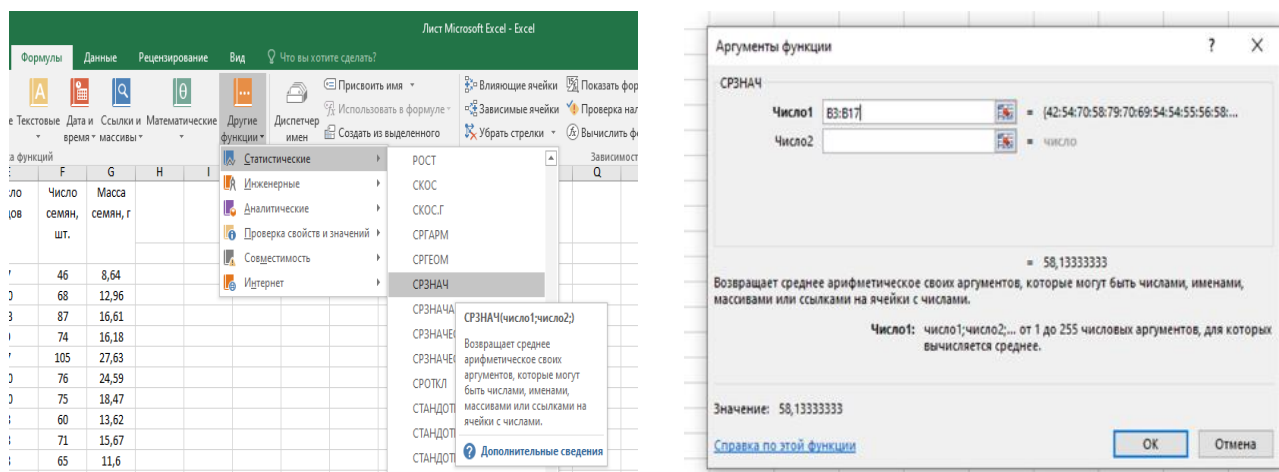


Рисунок 2 – Выбор функции среднего значения в Excel

Основным способом изучения параметров лесных объектов является изучение изменчивости каждого признака (высота, диаметр, прирост и т.д.). При степени изменчивости или вариабельности признаков наиболее часто используются показатели:

- лимит или размах изменчивости;
- среднее квадратическое или стандартное отклонение;
- коэффициент вариации или изменчивости.

Лимит или разница между минимальными (min) и максимальными (max) показателями изменчивости признака в выборке является наиболее простым, но и наиболее точным способом количественного выражения степени изменчивости признака.

Например, высота дерева $\max = 30$ м, $\min = 18$ м, $\lim = 30 - 18 = 12$ м.

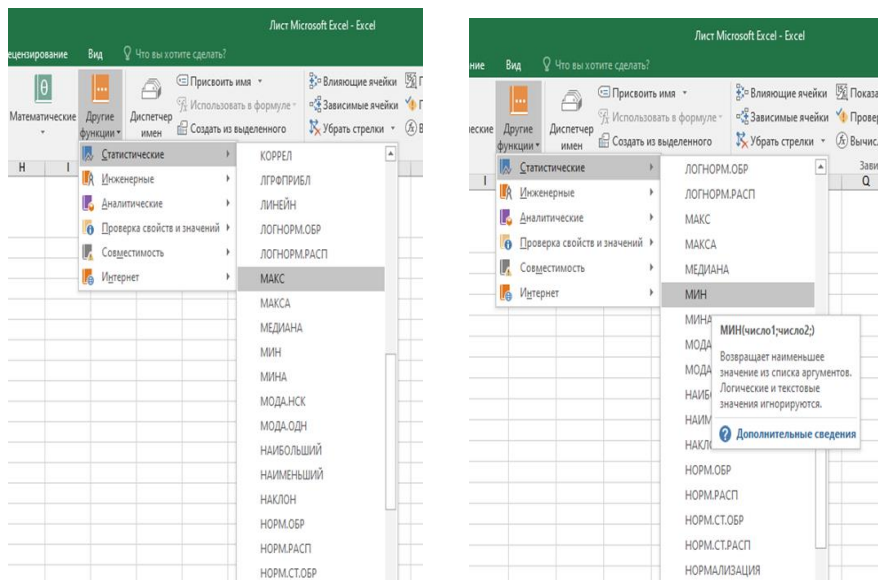


Рисунок 3 – Выбор функции минимального и максимального значения в Excel

Медиана (median) – это значение, которое разбивает выборку на две равные части. Если набор упорядочен и в нем имеется нечетное количество чисел ($2n + 1$), то медиана стоит посередине этого набора, на $(n + 1)$ -м месте. Если упорядоченный набор состоит из четного количества чисел ($2n$), то медианой является число, находящееся между двумя числами, которые стоят в середине (под номерами n и $n + 1$) – берется их полусумма.

Функция в Excel = МЕДИАНА (рисунок 4).

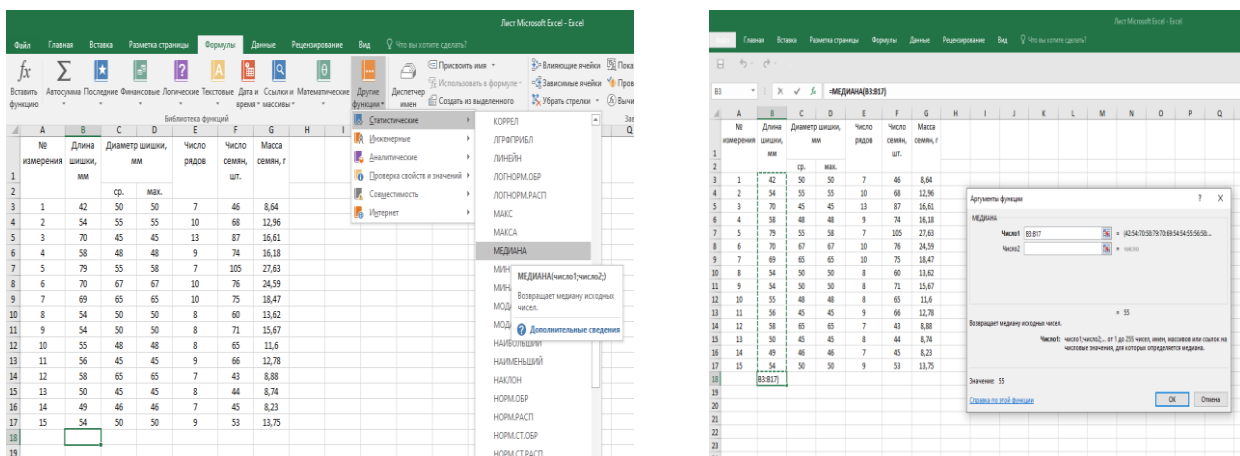


Рисунок 4 – Выбор функции медиана в Excel

Мода (mode) выборки – это значение, наиболее часто встречающееся в выборке (максимум функции плотности распределения).

Функция в Excel = МОДА.НСК(рисунок 5).

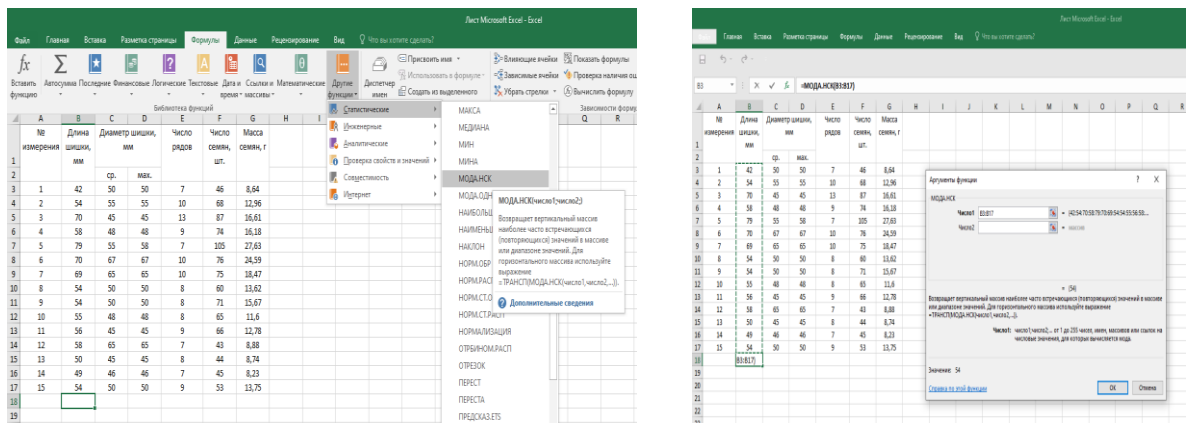


Рисунок 5 – Выбор функции мода в Excel

Мода и медиана используется в качестве характеристики среднего положения в случае если границы ряда нечеткие или ряд не симметричен.

Для описания рассеивания значений случайной величины относительно выборочного среднего используется дисперсия и среднеквадратичное отклонение.

Сумма квадратов отклонений (sum of squares) – это сумма возведённых в квадрат отклонений случайной величины от её среднего значения. Показатель позволяет оценить общую изменчивость и ее отдельных составляющих. Общая сумма квадратов отклонений складывается из факторной (межгрупповой) и случайной (внутригрупповой) суммы квадратов отклонений.

$$SS = \sum (X_i - \bar{X})^2 \quad (2)$$

Функция в Excel = КВАДРОТКЛ (рисунок 7).

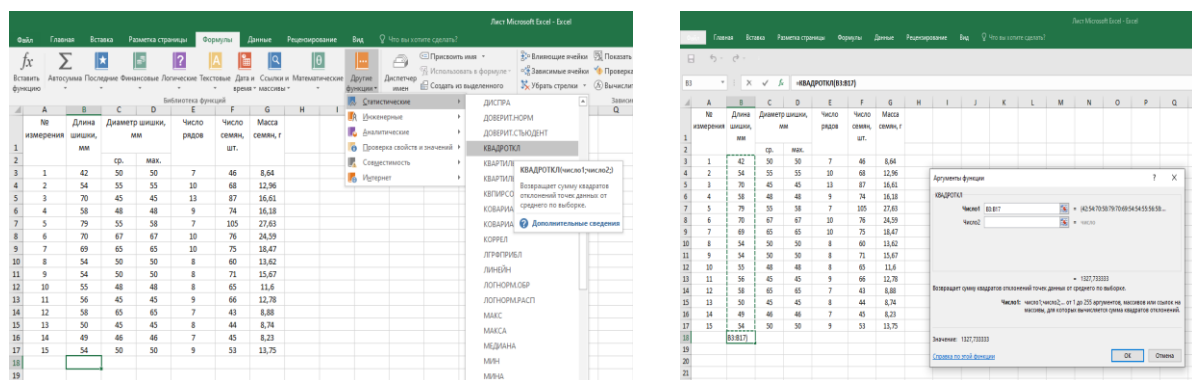


Рисунок 7 – Выбор функции квадратов отклонений в Excel

Дисперсия (variance) – это усреднённая для выборки сумма квадратов отклонений. Дисперсия позволяет определить степень отклонения каждого наблюдения от средней арифметической.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n} \quad (3)$$

Функция в Excel = ДИСП.В (рисунок 6).

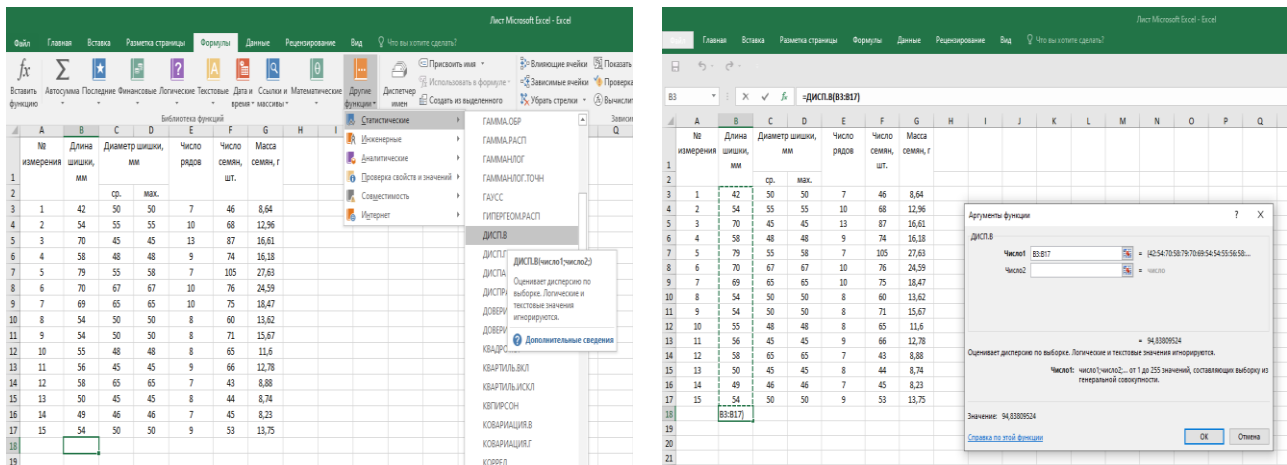


Рисунок 6 – Выбор функции дисперсия в Excel

Основным показателем изменчивости является среднеквадратическое отклонение. Стандартное (среднеквадратическое) отклонение (standard deviation) – мера разнообразия объектов, входящих в выборку, показывает, насколько в среднем отклоняется значение признака каждого объекта от среднего арифметического. Вычисляется в тех же единицах, что и исходные данные. Функция в Excel = СТАНДОТКЛОН.В (рисунок 8).

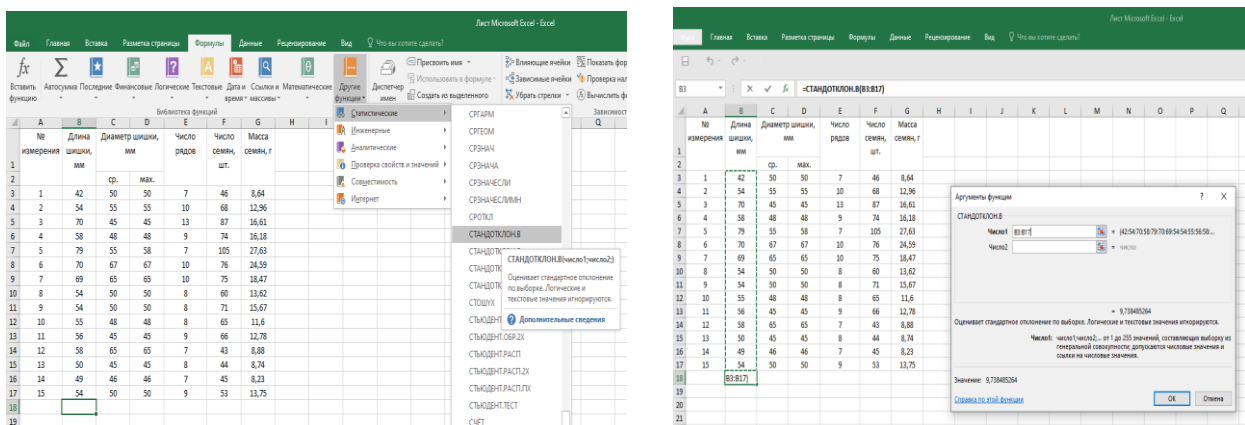


Рисунок 8 – Выбор функции стандартное отклонение в Excel

Для малых выборок среднеквадратическое отклонение вычисляют по формуле (4):

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

где, $\bar{X}$ – среднее значение признака;

X – величина варьирующего признака;

n – объём выборки.

Коэффициент вариации (coefficient of variation) количественного признака – отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому значению и выражается обычно в процентах (5):

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100\% \quad (5)$$

Коэффициент изменчивости характеризует изменчивость в относительных величинах. Это отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической для данной выборки, выраженное в процентах.

Уровень изменчивости (по С.А. Мамаеву) считается низким при $C_v < 12\%$, средним при $C_v = 13-20\%$, высоким при $C_v = 21-40\%$ и очень высоким при $C_v > 40\%$.

Ошибка параметра или стандартная ошибка (standard error) – показывает, насколько в среднем может отклоняться значение какого-либо параметра (среднее, стандартное отклонение и т. д.), найденное по выборке (так называемая оценка параметра), от «истинного» в генеральной совокупности.

Ошибка среднего находится по формуле (6):

$$m_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Ошибка стандартного отклонения (7):

$$m_{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}} \quad (7)$$

Ошибка коэффициента вариации (8):

$$m_{Cv} = \frac{Cv}{\sqrt{2n}} \quad (8)$$

Асимметрия, или коэффициент косости (skewness) – мера «скошенности» распределения численностей и для выборки (9).

$$A = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{\sigma} \right)^3 \quad (9)$$

Для классической функции плотности нормального распределения коэффициент асимметрии равен 0. При левой асимметрии, т. е. когда вершина кривой сдвинута влево, а правая часть кривой растянута – знак положительный, при правой асимметрии – знак отрицательный.

Функция в Excel = СКОС (рисунок 9).

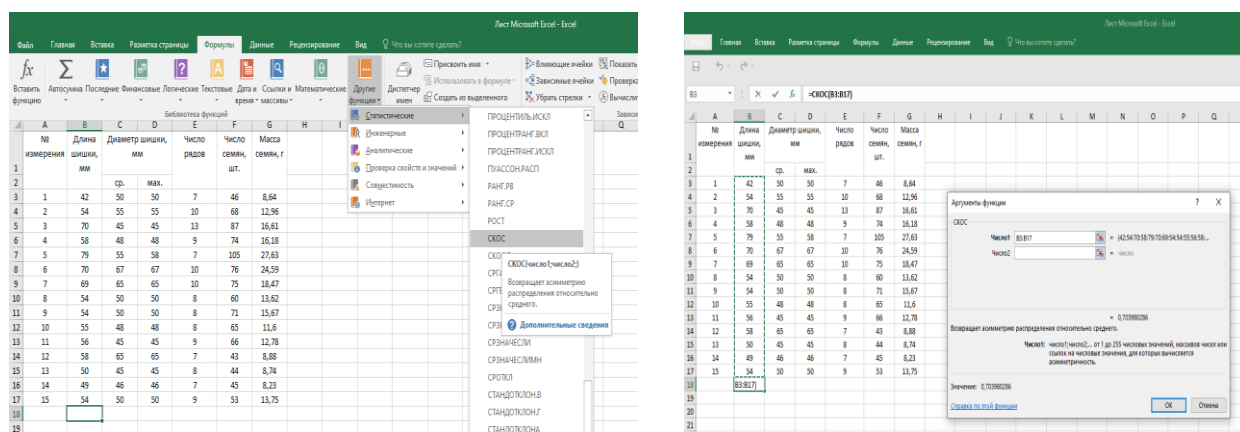


Рисунок 9 – Выбор функции асимметрия в Excel

Экссесс или коэффициент крутости (kurtosis) – измеряет «пикообразность» распределения и для выборки вычисляется по формуле (10).

$$E = \left(\frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{\sigma} \right)^4 \right) - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \quad (10)$$

Функция плотности классического нормального распределения имеет эксцесс, равный 0. Если эксцесс значительно превышает 0, то функция плотности является более островершинной, чем при нормальном распределении, если же эксцесс отрицателен – функция плотности плосковершинна (растянута в стороны).

Функция в Excel = ЭКСЦЕСС (рисунок 10).

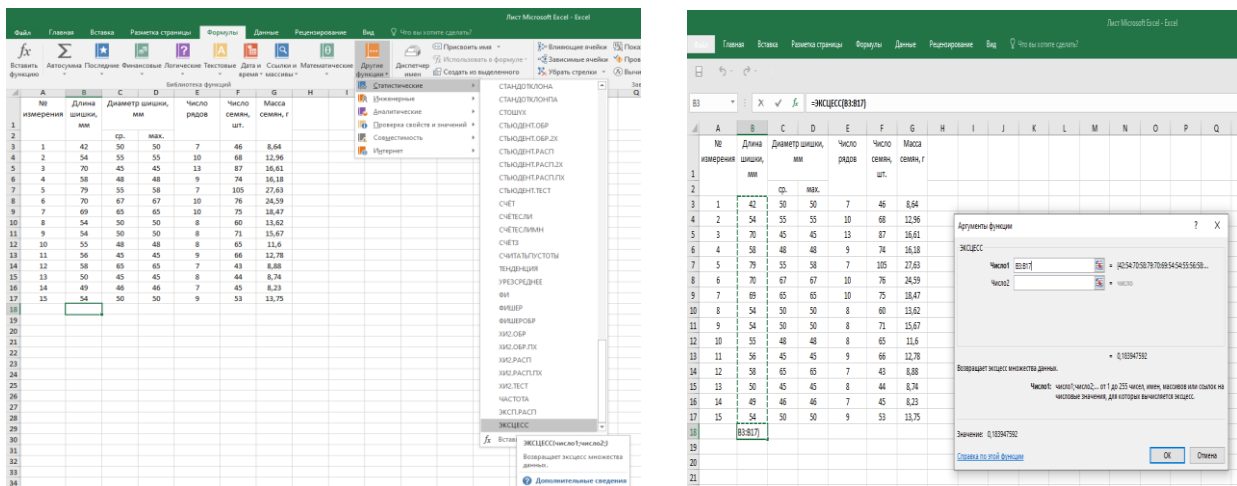


Рисунок 10 – Выбор функции эксцесс в Excel

Ковариация (covariance) – мера сопряжённой изменчивости двух признаков, отражает дисперсию, обусловленную совместным варьированием признаков (11).

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{n - 1} \quad (11)$$

Функция в Excel = КОВАРИАЦИЯ (рисунок 11).

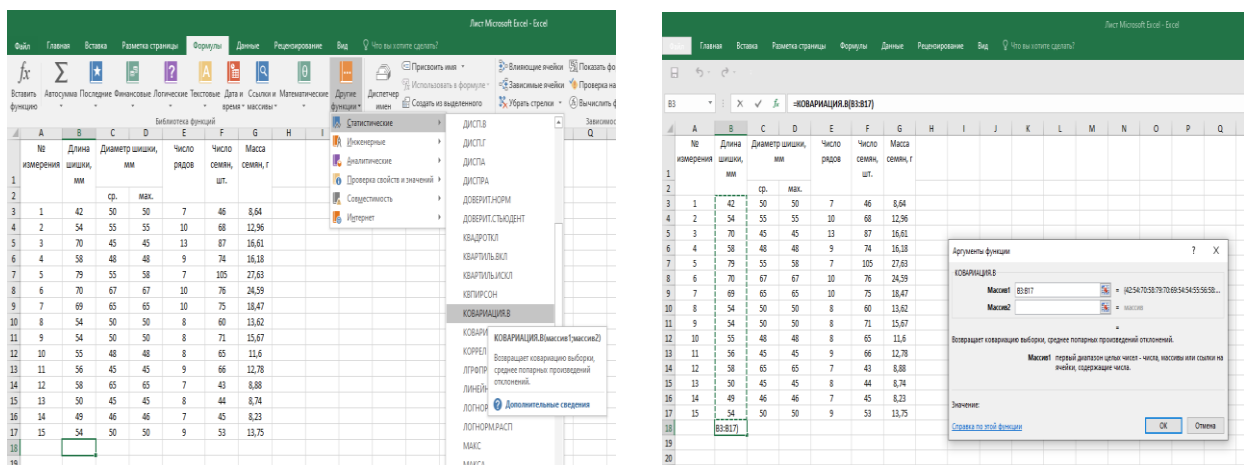


Рисунок 11 – Выбор функции ковариация в Excel

1.2. Графическое изображение изменчивости признака

Графическое выражение изменчивости признака отдельных вариантов выполняется в виде вариационной кривой. Вариационная кривая строится при изучении количественных признаков. На графике откладываются значения.

Полигон – на оси абсцисс откладываются срединные значения классов исследуемого признака (X_i), по оси ординат – значения соответствующих частот (n_i) (рисунок 12, а). Кумулята – на оси абсцисс откладываются значения классов исследуемого признака, по оси ординат – накопленная частота $\sum n_i$ (рисунок 12, б). Гистограмма – на оси абсцисс откладывают границы классовых интервалов, по оси ординат – частоты интервалов. На оси абсцисс откладываются границы классовых интервалов (X_i) исследуемого признака, по оси ординат – значения соответствующих частот (n_i) (рисунок 12, в).

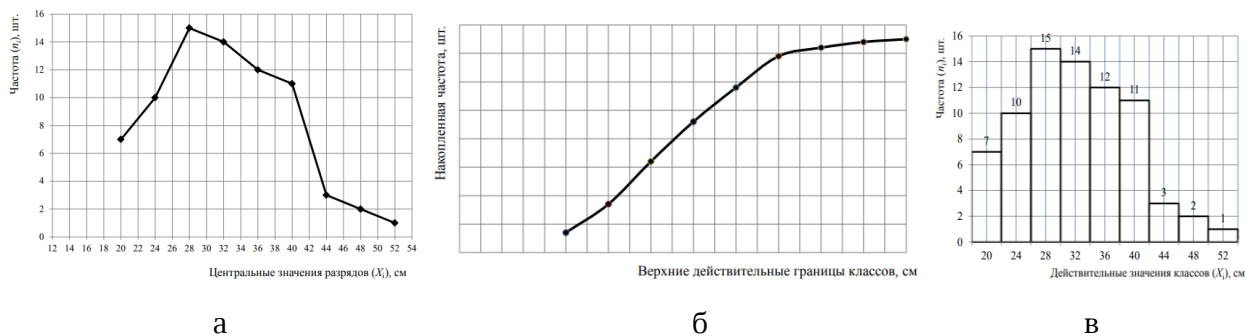


Рисунок 12 – Графики вариационных рядов: а – полигон, б – кумулята, в – гистограмма

Для анализа и визуализации данных используется графическое отображение в виде диаграмм. Построение диаграммы осуществляется с помощью анализируемых значений, представленных в табличной форме и панелью «Вставка», «Диаграммы» (рисунок 13).

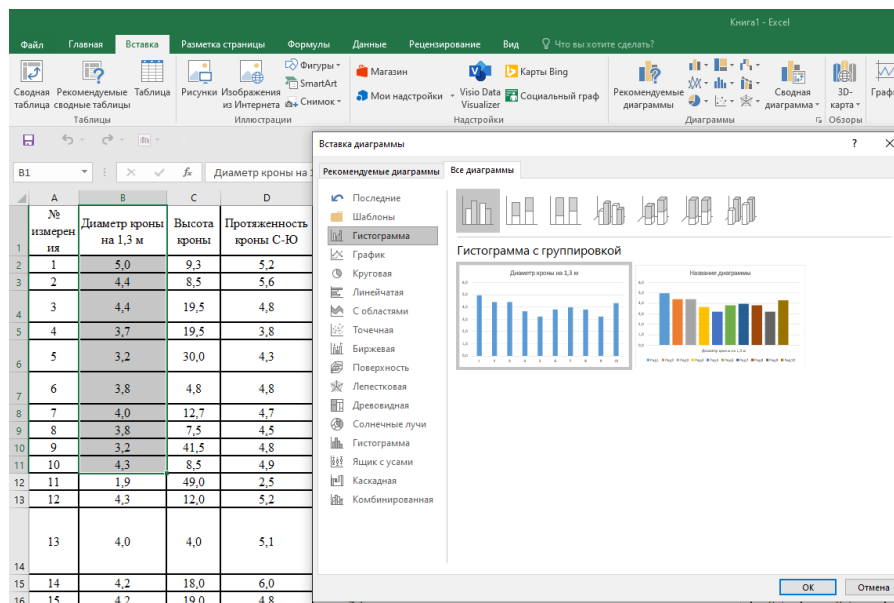


Рисунок 13 – Построение диаграммы в Excel

В программе Excel представлены гистограммы (рисунок 14), графики (рисунок 15), круговые (рисунок 16), точечные (рисунок 17), лепестковые (рисунок 18), комбинированные диаграммы (рисунок 19) и т.д.

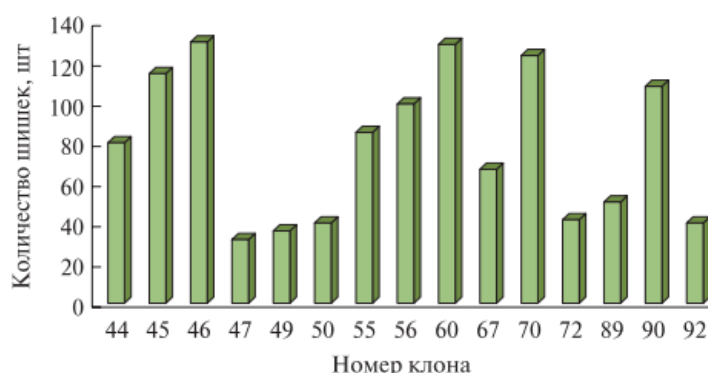


Рисунок 14 – Гистограмма в Excel

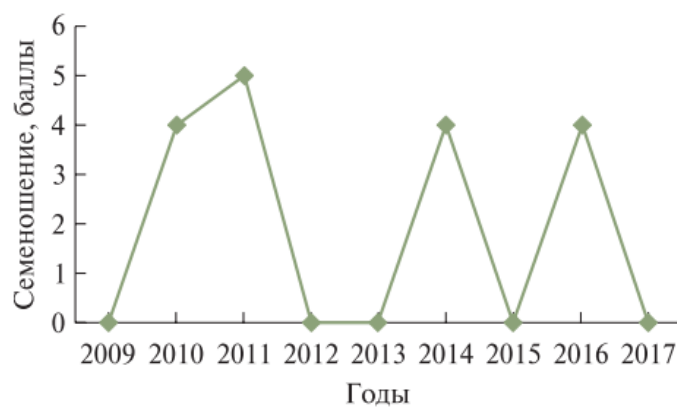


Рисунок 15 – График в Excel

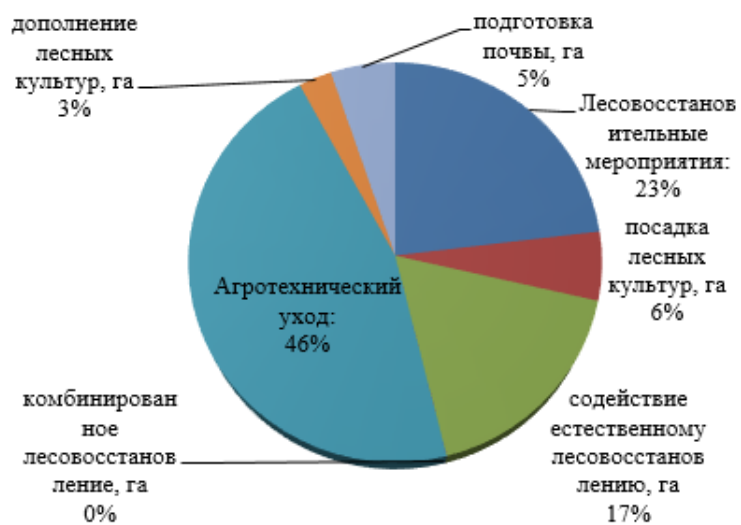


Рисунок 16 – Круговая диаграмма в Excel

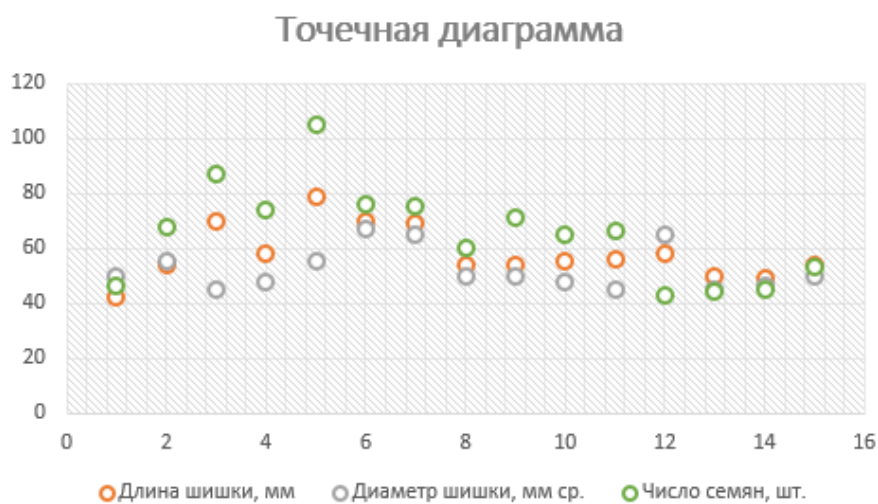


Рисунок 17 – Точечная диаграмма в Excel

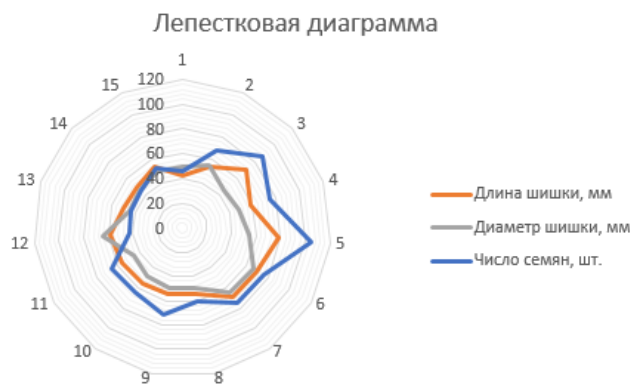
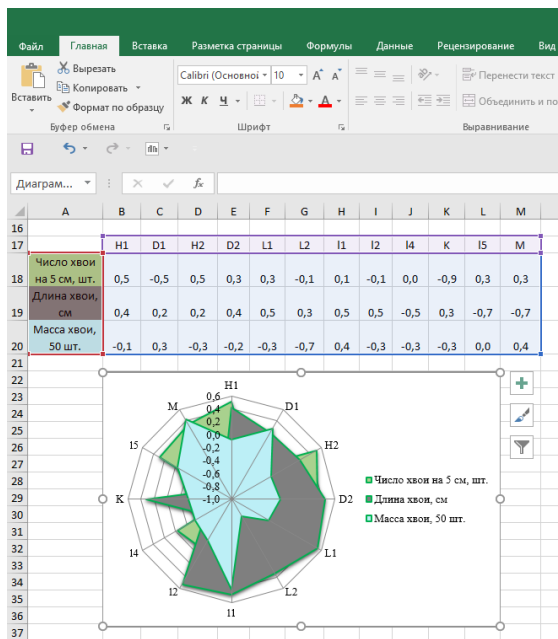


Рисунок 18 – Лепестковая диаграмма в Excel

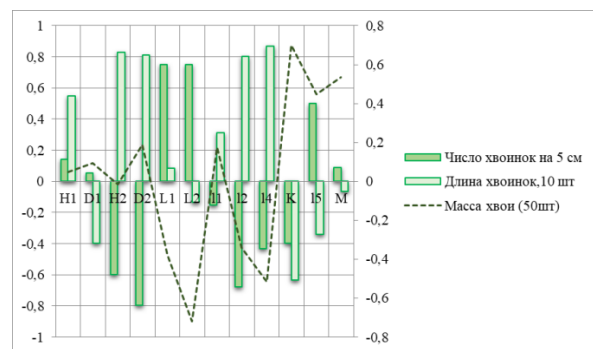


Рисунок 19 – Комбинированная диаграмма в Excel

Семинар 1.

1. Предмет и методы изучения статистики, взаимосвязь с изучаемыми дисциплинами.
2. Генеральная и выборочная совокупности. Сбор и группировка данных, обработка информации.
3. Показатели изменчивости средней величины признака.
4. Показатели изменчивости: дисперсия, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации, лимит.
5. Статистические наблюдения за биологическими объектами. Принципы сбора и обработки результатов.
6. Систематизация и анализ исходных данных. Аргументация выводов.
7. Обработка данных с применением программ компьютерного обеспечения MS Excel и Statistica.
8. Статистическая обработка информации в лесоведении.
9. Статистическая обработка информации в области лесного мониторинга.
10. Статистическая обработка данных в селекционно-генетических исследованиях.
11. Статистическая обработка информации в таксации.
12. Статистическая обработка данных в лесоустройстве.

Задание 1. Дать определение и условные обозначения основных статистических показателей: генеральная совокупность, выборочная совокупность, среднее арифметическое значение, средневзвешенное значение, лимит, медиана, мода, стандартное (среднеквадратическое) отклонение, дисперсия, коэффициент вариации, ошибка параметра, асимметрия, эксцесс.

Задание 2. Определить среднее значение ($\bar{X}$), минимальные (min) и максимальные показатели (max) изменчивости признака, среднеквадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (C_v , %) по данным из таблицы 2. Построить диаграмму. Сделать вывод.

Таблица 2 – Изменчивость признаков деревьев сосны кедровой сибирской

№ измерен ия	Диаметр кроны, м		Высота кроны, м	Протяженность кроны, м		Хвоя, мм		Число ветвей, шт.
	основание	1,3 м		С-Ю	З-В	Длина	Ширина	
1	14,2	4,9	9,3	5,2	4,4	12,06	1,00	67
2	14,3	4,4	8,5	5,6	4,8	12,40	1,00	82
3	19,6	4,4	19,5	4,8	4,4	11,80	1,00	58
4	17,3	3,6	19,5	3,75	3,8	11,50	1,03	36
5	20,7	3,2	30,0	4,3	4,3	12,50	1,06	60
6	21,5	3,8	4,8	4,8	4,6	11,70	1,00	64
7	16,5	3,9	12,7	4,7	4,4	11,60	1,03	60
8	18,5	3,8	7,5	4,5	5,0	11,76	1,00	72
9	17,0	3,2	41,5	4,8	5,2	9,20	1,00	48
10	17,4	4,3	8,5	4,9	5,0	10,80	1,00	54
11	15,7	1,9	49,0	2,5	3,1	11,20	1,08	39
12	19,6	4,3	12,0	5,2	5,4	10,80	1,10	60
13	32,5	4,0	4,0	5,1	4,4	12,30	1,13	102
14	16,8	4,2	18,0	6,0	5,2	9,70	1,00	48
15	17,0	4,2	19,0	4,8	4,1	10,20	1,03	51
16	12,9	3,4	19,0	3,4	3,4	10,60	1,03	75
17	19,7	4,2	15,9	4,6	4,6	11,60	1,06	56
18	18	4,3	18,4	4,8	4,4	10,30	1,00	51
19	14,5	4,5	15,0	4,6	4,8	8,80	1,00	52
20	17,3	4,6	14,5	4,9	4,8	10,50	1,00	65
21	17,8	3,1	25,5	3,8	3,6	9,96	1,00	47
22	15,5	3,1	7,5	3,7	3,5	12,04	1,03	58
23	16,5	3,5	9,5	3,9	3,9	12,20	1,04	51
24	19,0	5,0	14,0	6,5	5,3	9,60	1,00	54
25	21,0	4,6	6,0	5,4	6,6	10,90	1,13	71

Задание 3. Определить по выборочной совокупности показатели изменчивости (лимиты, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации) признаков шишек сосны кедровой сибирской. Оценить вариабельность признаков. Изобразить полученные данные графически. Сделать вывод.

Таблица 3 – Изменчивость признаков шишки сосны кедровой сибирской

№ измерения	Длина шишки, мм	Диаметр шишки, мм		Число рядов	Число семян, шт.	Масса семян, г	Число семян в шишке		
		ср.	мах.				выпол.	пустых	гнилых
1	42	50	50	7	46	8,64	26	20	0
2	54	55	55	10	68	12,96	0	68	0
3	70	45	45	13	87	16,61	62	19	6
4	58	48	48	9	74	16,18	57	12	5
5	79	55	58	7	105	27,63	47	33	5
6	70	67	67	10	76	24,59	59	10	7
7	69	65	65	10	75	18,47	55	20	0
8	54	50	50	8	60	13,62	8	52	0
9	54	50	50	8	71	15,67	45	26	0
10	55	48	48	8	65	11,60	30	25	10
11	56	45	45	9	66	12,78	40	15	11
12	58	65	65	7	43	8,88	22	9	12
13	50	45	45	8	44	8,74	30	12	2
14	49	46	46	7	45	8,23	39	14	0
15	54	50	50	9	53	13,75	19	11	15
16	49	43	43	57	57	10,18	0	51	6
17	49	47	47	31	31	6,98	22	6	3
18	52	56	56	71	71	17,01	53	18	0
19	70	47	47	92	92	15,66	35	27	30
20	46	36	36	55	55	6,65	0	55	0
21	38	45	45	37	37	6,13	0	29	8
22	48	38	38	66	66	9,77	0	66	0
23	57	43	43	76	76	16,00	60	16	0
24	42	49	49	48	48	10,17	39	9	0
25	57	47	47	56	56	14,92	44	12	0

Задание 4. Сформировать выборочную совокупность (n=30). Рассчитать средние значения признаков, показатели изменчивости. Построить диаграмму.

Таблица 4 – Изменчивость показателей сеянцев сосны обыкновенной

№ сеянца	D, мм	H, см	L, мм	№ сеянца	D, мм	H, см	L, мм
1	2,9	3,7	3,3	31	1,6	3,5	3,1
2	3,1	4,6	3,9	32	1,9	3,9	3,2
3	3,2	4,9	4,0	33	2,4	4,0	3,5
4	3,4	4,5	3,6	34	2,9	3,5	3,5
5	2,7	4,2	3,8	35	3,4	5,3	5,2
6	3,1	3,7	3,5	36	3,9	5,9	6,1
7	3,2	4,1	3,5	37	4,4	6,0	5,5
8	3,3	4,8	4,1	38	4,9	5,5	4,2
9	3,4	5,5	5,0	39	5,4	5,8	5,4
10	3,8	5,5	5,1	40	6,3	7,5	7
11	3,5	4,9	4,1	41	2,0	2,5	2,3
12	3,7	5,3	4,5	42	2,1	3,5	3,2
13	3,8	4,8	3,9	43	2,5	3,5	3,5
14	2,7	4,3	4,3	44	2,6	3,0	2,7
15	3,1	3,7	4,1	45	3,0	3,5	2,9
16	4,1	5,6	5,1	46	3,1	5,5	5,1
17	4,2	6,0	5,4	47	3,5	4,0	3,5
18	4,0	5,5	5,1	48	3,6	3,8	3,2
19	3,9	4,5	4,5	49	4,0	3,5	3,1
20	3,7	5,1	4,6	50	4,1	7,0	6,2
21	4,1	5,2	4,6	51	4,5	5,5	5
22	4,2	5,6	4,6	52	4,6	6,0	5,3
23	3,2	4,5	3,9	53	5	6,5	6,2
24	3,3	4,8	4,1	54	5,1	6,0	5,3
25	2,7	4,6	3,9	55	5,4	6,5	6,3
26	3,1	4,1	3,5	56	5,6	7,0	6,5
27	3,2	4,1	3,1	57	5,5	6,9	6,4
28	3,3	4,3	4,4	58	5,6	6,5	6,3
29	3,1	4,1	3,8	59	4,9	4,3	4
30	3,0	4,0	3,7	60	5,3	5,1	4,5

Примечание: D – диаметр стволика, мм; H – высота сеянца, см; L – прирост, см

Задание 5. Определите группировку совокупности и постройте вариационный ряд (по вариантам). Определите среднее арифметическое значение и показатели вариации: лимиты, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации. Построить график.

Таблица 5 – Изменчивость длины хвои (мм) сосны кедровой сибирской

Вариант 1

№ измерения	Дерево №1	Дерево №2	Дерево №3
1	10,6	9,6	12,2
2	10,7	10,0	12,0
3	10,6	10,0	12,3
4	10,7	9,8	12,1
5	10,7	9,6	12,0
6	12,5	11,2	10,1
7	12,6	11,3	10,2
8	12,7	11,3	10,1
9	12,5	11,1	10,3
10	12,5	11,2	10,2
11	13,7	9,5	14,1
12	13,5	9,6	14,3
13	13,6	9,6	14,0
14	13,7	9,6	14,1
15	13,5	9,5	14,3

Вариант 2

№ измерения	Дерево №1	Дерево №2	Дерево №3
1	10,6	12,6	14,2
2	10,5	12,9	14,4
3	10,7	13,0	14,3
4	10,7	12,9	14,5
5	10,6	13,0	14,3
6	11,1	15,0	9,8
7	11,1	15,1	9,8
8	11,1	15,0	9,5
9	11,1	15,0	10,0
10	11,0	14,9	9,5

11	11,3	11,3	14,7
12	11,2	12,4	14,6
13	11,2	11,8	14,8
14	11,5	12,5	14,6
15	11,2	12,4	14,8

Вариант 3

№ измерения	Дерево №1	Дерево №2	Дерево №3
1	13,6	12,4	14,4
2	13,4	12,3	14,2
3	13,4	12,1	14,2
4	13,5	12,4	14,1
5	13,4	12,4	14,1
6	13,8	11,1	10,5
7	13,9	11,0	10,6
8	13,8	11,1	10,6
9	13,7	11,1	10,7
10	13,9	11,1	10,5
11	13,8	14,2	14,5
12	13,2	14,1	14,5
13	13,2	14,2	14,3
14	13,2	14,0	14,2
15	13,1	14,2	14,3

Вариант 4

№ измерения	Дерево №1	Дерево №2	Дерево №3
1	10,7	13,9	13,7
2	10,7	14,0	13,9
3	10,7	13,9	13,8
4	10,7	13,9	13,7
5	10,7	14,2	13,7
6	12,2	12,6	13,3
7	12,1	12,6	13,7
8	12,1	12,5	13,5
9	12,2	12,5	13,6

10	12,2	12,6	13,4
11	11,4	12,4	15,3
12	11,3	12,5	15,4
13	11,3	12,5	15,4
14	11,3	12,3	15,4
15	11,3	12,3	15,4

Вариант 5

№ измерения	Дерево №1	Дерево №2	Дерево №3
1	10,7	13,3	13,5
2	10,7	13,3	13,5
3	10,7	13,6	13,2
4	10,7	13,2	13,3
5	10,7	13,3	13,0
6	13,0	12,3	10,4
7	13,1	12,2	10,2
8	12,7	12,1	10,2
9	13,0	12,2	10,3
10	13,0	12,2	10,4
11	13,3	11,8	14,7
12	13,2	11,7	14,5
13	13,2	11,8	14,7
14	13,3	11,6	14,6
15	13,2	11,6	14,6

2. Типы распределений

Различают основные типы распределений: нормальное, асимметричное, эксцессивное, Пуассона. Каждый тип распределения имеет свои особенности и закономерности, отражает варьирование признака и может быть представлен графически.

Наиболее универсальной и часто встречаемой является уравнение кривой нормального распределения или функция Гаусса-Лапласа. Частота отклонения отдельных вариантов от среднего значения есть функция их величины.

Нормальный закон распределения выражает функциональную зависимость между величиной признака и его частотой в генеральной совокупности. Чем больше отклонение варианты от средней величины, тем меньше ее частота, и наоборот. Вероятность отклонения любой варианты от среднего арифметического есть функция нормального отклонения.

Нормальное распределение является следствием влияния на изучаемый

п
р
и
с

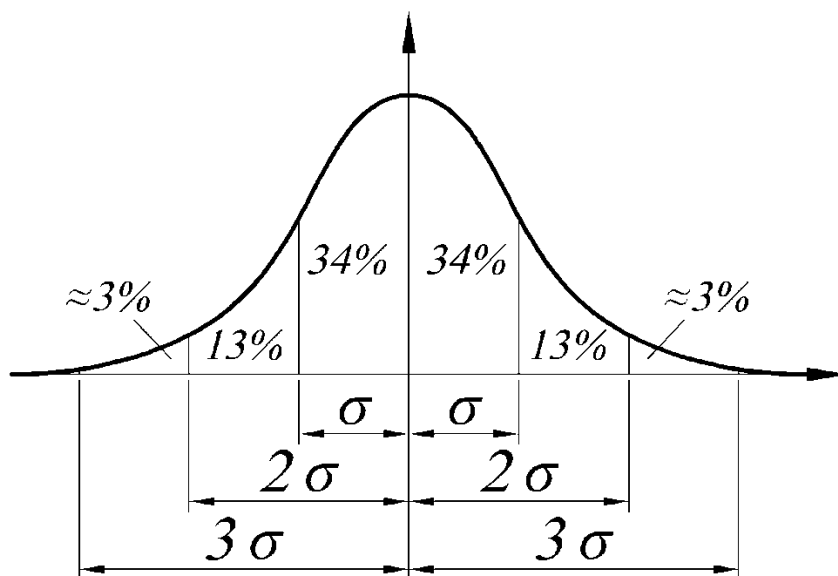


Рисунок 20 – Кривая нормального распределения

т
в
а

Часто встречаются асимметричные распределения, которые не следуют закону Пуассона. Одним из таких распределений является распределение,

о

п

..



Рисунок 21 – Кривая асимметричного распределения

Эксцессивное распределение характеризуется значительным накоплением частот в классах. Показатель эксцесса представляет собой отклонение вершины эмпирического распределения от вершины кривой нормального распределения – чем слабее вариация, тем круче кривая распределения. При определении степени эксцесса необходимо сравнить ряды с одинаковой силой вариации (одинаковая σ) и разными показателями эксцесса. Сравнимые ряды должны быть симметричными (рисунок 22).



Рисунок 22 – Кривая эксцессивного распределения

л

л

а

.

Нормальное распределение широко распространено в природе. Но вариационные ряды распределения различных биологических и лесоводственных объектов весьма разнообразны и не могут быть описаны только нормальным распределением. Большинству вариационных рядов свойственно большое количество вариантов в середине ряда и уменьшение их по мере удаления от центра, кривые, описывающие это явление, могут быть различными. Одним из достаточно распространенных видов подобных распределений является биномиальное.

Биномиальное распределение обычно применяют, когда необходимо провести исследование событий, которые могут наступить или не наступить.

Задание 6. Выполнить расчет основных статистических показателей по выборочной совокупности. Изобразить полученные данные в виде гистограммы. Определить соответствует ли выборка нормальному распределению (правило 3σ). Сделать вывод.

3. Корреляционно-регрессионный анализ

При исследовании лесных насаждений отмечается гармоничное сочетание различных признаков.

Взаимная зависимость двух величин (или явлений), когда изменение одной из них ведет к закономерному изменению другой называется корреляцией. Для определения тесноты связи между количественными переменными используют коэффициент корреляции (correlation coefficient).

Корреляционный анализ – метод обработки статистических данных, заключающийся в изучении коэффициентов корреляции между переменными. При этом сравниваются коэффициенты корреляции между одной парой или множеством пар признаков для установления между ними статистических взаимосвязей.

Формула для вычисления коэффициента корреляции (12):

$$r_{xy} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (12)$$

Функция в Excel = КОРРЕЛ(рисунок 21)

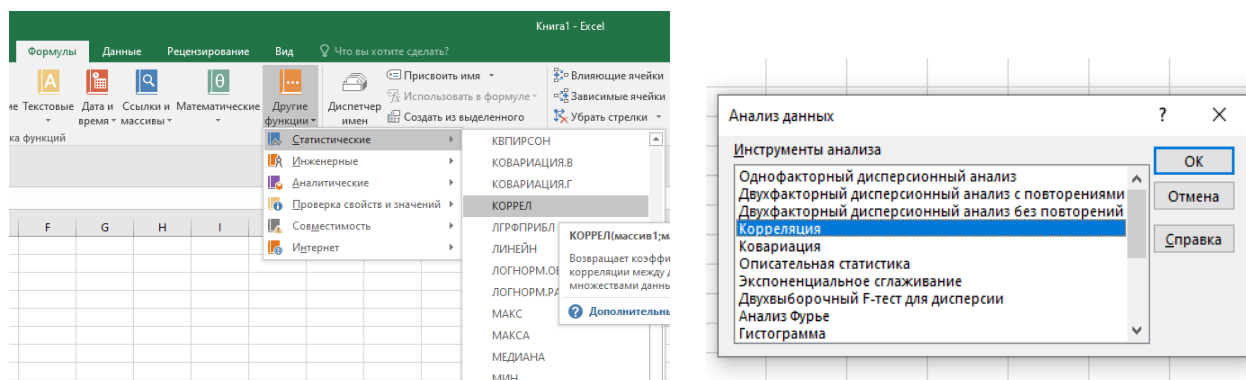


Рисунок 21 – Выбор функции корреляция в Excel

В практической деятельности, когда число корреляционных пар признаков X и Y, при оценке зависимости между показателями используют следующую градацию (Ивантер Э.В., Коросову А.В., 1992):

- сильная, или тесная $r > 0,70$;
- средняя при $0,50 < r < 0,69$;
- умеренная при $0,30 < r < 0,49$;
- слабая при $0,20 < r < 0,29$.

Чем ближе корреляция к ± 1 , тем сильнее связь между переменными. При нулевом значении (или близким к нулю) значимая связь между двумя переменными отсутствует или очень минимальна. При выборе функции расчета коэффициента корреляции в Excel (панель «Анализ данных»), строится матрица корреляции.

	Длина шишки, мм	Диаметр шишки, мм
Длина шишки, мм	1	
Диаметр шишки, мм	0,46	1

Рисунок 22 – Матрица корреляции

Прямая корреляция (положительная) отражает однотипность в изменении признаков: с увеличением значений первого признака увеличиваются значения и другого, или с уменьшением первого уменьшается второй (высота и диаметр).

Обратная корреляция (отрицательная) указывает на увеличение первого признака при уменьшении второго или уменьшение первого признака при увеличении второго (высокая плотность насаждения и диаметр дерева).

Функция, позволяющая по средней величине одного признака определить среднюю величину другого признака, корреляционно-связанного с первым, называется регрессией.

Определение параметров линейной регрессии – это одна из основных задач регрессионного анализа.

При графическом изображении эмпирического уравнения регрессии, представляется следующая последовательность:

1. Определив формулу и направление взаимосвязи между эмпирическими данными на основе данных расчета коэффициента корреляции, производят расчет уравнения регрессии по формуле.
2. Подставляем в конечный вид уравнение, выражающее зависимость между Y и X .
3. На графике на оси X откладывают значение переменной X_i , на оси Y – значение Y_i и отмечают точками рассчитанные координаты линий регрессии для усредненных значений YX и XY .
4. Две линии регрессии на графике пересекаются в точке M с координатами среднего значения показателей X_i и Y_i .

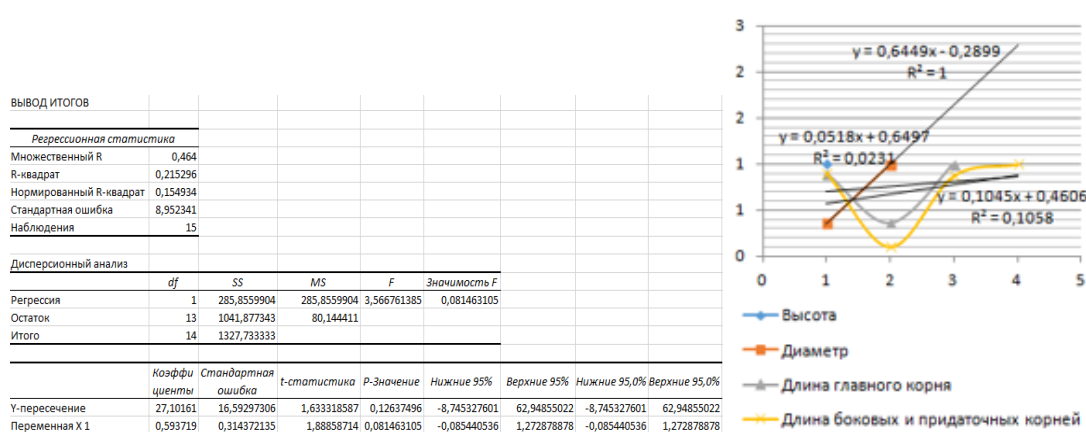


Рисунок 23 – Функция регрессии в Excel

В классическом регрессионном анализе предполагается, что функция регрессии известна (специфицирована) с точностью до параметров, то есть набор регрессоров (независимых переменных) определен. Для оценки качества модели линейной регрессии в классическом регрессионном анализе используется показатель, который называется коэффициентом детерминации R^2 .

Коэффициент детерминации рассматривают, как правило, в качестве основного показателя, отражающего меру качества регрессионной модели, описывающей связь между зависимой и независимыми переменными модели. Коэффициент детерминации показывает, какая доля вариации объясняемой переменной Y учтена в модели и обусловлена влиянием на нее факторов, включенных в модель.

Задание 7. Определить коэффициент корреляции, сделать вывод (расчет выполняется в тетради).

Данные высоты деревьев X и соответствующих диаметров деревьев Y

Высота (X), м																			
20	18	17	22	19	19	20	21	20	22	25	20	27	19	22	16	24	22	27	20
Диаметр (Y), см																			
16	18	22	16	18	17	19	20	18	16	18	18	20	22	14	16	18	20	16	16

Определить коэффициент корреляции r_{xy} , используя формулу (12).

Таблица 6 – Вычисление коэффициента корреляции при прямой линейной зависимости

№ п/п	X	Y	$(X_i - \bar{X})$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})$ * $(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(Y_i - \bar{Y})^2$
1.							
2.							
3.							
...							
$\bar{X}$							
Σ	x	x					

Задание 8. Определить зависимость признаков сосны кедровой сибирской на основе корреляционно-регрессионного анализа. Сделать вывод (расчет выполняется в Excel).

Таблица 7 – Биометрические показатели сосны кедровой сибирской

№ саженца	Высота растения, см	Прирост, см	
		Осевой	Боковой
1	55,4	7,1	15,4
2	124,6	30,5	12,1
3	83,0	7,1	11,6
4	88,5	22,7	14,9
5	68,1	10,8	12,6
6	62,8	2,5	8,9
7	62,6	22,1	14,3
8	72,6	2,4	13,1
9	114,6	3,9	13,1
10	85,2	24,5	14,9
11	107,1	30,4	8,8
12	48,2	10,1	10,0
13	55,4	10,7	13,0
14	89,1	21,5	16,5
15	65,0	20,2	7,1
16	54,8	12,9	15,3
17	86,2	23,4	16,8
18	130,2	2,8	8,8
19	92,4	9,6	14,3
20	122,8	28,3	15,4

4. Статистические гипотезы

Статистическая гипотеза – это предположение о свойствах случайных величин или событий, которое мы хотим проверить по имеющимся данным.

Нулевая гипотеза (H_0) – отсутствие различий между группами, или отсутствие взаимосвязи между признаками, или соответствие распределения определенному закону. Нулевая гипотеза – это основное проверяемое предположение.

Альтернативная гипотеза (H_1) – противоположная нулевой: существование различий между группами, или наличие взаимосвязи между признаками, или несоответствие распределения определенному закону.

Выдвинутая гипотеза может быть верной или неверной, поэтому возникает необходимость проверить её при помощи статистических методов.

При проверке статистических гипотез возможны ошибки (ошибочные суждения) двух видов:

- можно отвергнуть нулевую гипотезу, когда она на самом деле верна (ошибка первого рода);
- можно принять нулевую гипотезу, когда она на самом деле неверна (ошибка второго рода).

Допустимая вероятность ошибки первого рода (α) может быть равна 5% или 1% (0,05 или 0,01). Уровень значимости – это вероятность ошибки первого рода при принятии решения (вероятность ошибочного отклонения нулевой гипотезы).

Альтернативные гипотезы принимаются тогда и только тогда, когда опровергается нулевая гипотеза. Это бывает в случаях, когда различия в средних арифметических экспериментальной и контрольной групп настолько значимы (статистически достоверны), что риск ошибки отвергнуть нулевую гипотезу и принять альтернативную не превышает одного из трёх принятых уровней значимости статистического вывода:

- первый уровень – 5% ($p = 95\%$); где допускается риск ошибки в выводе в пяти случаях из ста теоретически возможных таких же экспериментов при строго случайном отборе испытуемых для каждого эксперимента;
- второй уровень – 1%, то есть соответственно допускается риск ошибиться только в одном случае из ста;
- третий уровень – 0,1%, то есть допускается риск ошибиться только в одном случае из тысячи.

Для проверки выдвинутых гипотез разрабатывается специальная процедура, называемая критерием проверки гипотезы. Исходными данными для проверки являются две и более случайные выборки, полученные в результате измерений. Этапы проверки статистических гипотез:

- формулируется статистическая гипотеза;
- выбирается статистическая характеристика гипотезы;
- анализируются возможные ошибочные решения, и оцениваются их последствия;
- формулируются нулевая (H_0) и альтернативная (H_1) гипотезы;
- задается уровень значимости α , и определяется критическое значение статистической характеристики;
- вычисляется фактическое (экспериментальное) значение статистической характеристики, сравнивается с критическим значением, принимается решение относительно испытуемой гипотезы.

Задание 9. Сформулировать нулевую и альтернативную гипотезу по изучаемым признакам. Принять решение относительно испытуемой гипотезы.

5. Дисперсионный анализ

При сравнении нескольких выборочных совокупностей по ряду признаков, которые объединяются в единый статистический комплекс, применяется дисперсионный анализ.

В дисперсионном анализе исследователь исходит из предположения, что одни переменные могут рассматриваться как причины, а другие – как следствия. Переменные первого рода считаются факторами, а переменные второго рода – результативными признаками. Признаки, изменяющиеся под воздействием тех или иных причин, называют результативными.

Под фактором понимают различные, независимые показатели, влияющие на изучаемые признаки.

Выполнение дисперсионного анализа осуществляется с помощью панели «Анализ данных», «Однофакторный дисперсионный анализ», «Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями», «Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений». Итоги приводятся в таблице (рисунок 24).

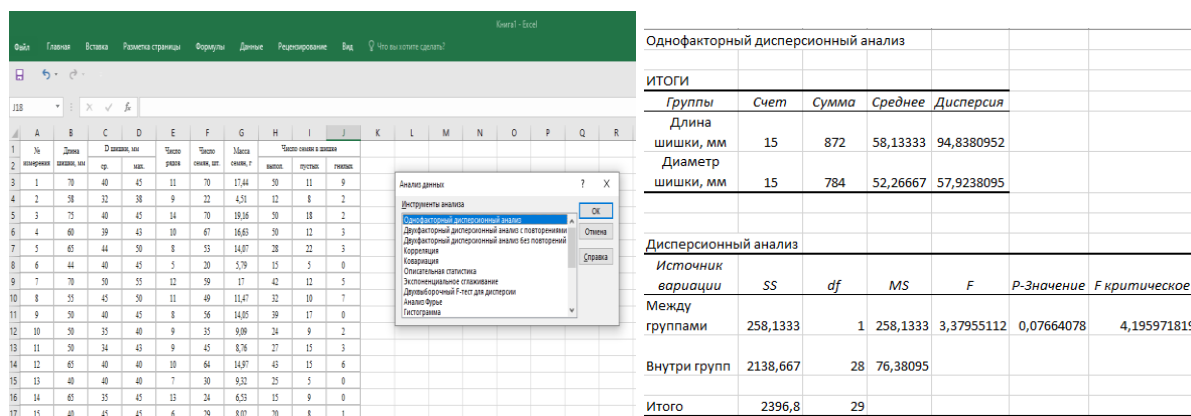


Рисунок 24 – Дисперсионный анализ в Excel

Метод дисперсионного анализа основан на разложении общей дисперсии статистического комплекса на составляющие компоненты, сравнивая которые друг с другом на основе критерия Фишера, можно определить, какую долю общей вариации признака обуславливает действие как регулируемых, так и не регулируемых факторов.

Важным методическим значением для применения дисперсионного

анализа является правильное формирование выборки. В зависимости от поставленной цели и задач выборочные группы могут формироваться случайным образом независимо друг от друга, т.е. образуя независимые выборки, а также формировать зависимые выборки, когда исследуется воздействие факторов у одной и той же выборочной группы до и после воздействия. Различают дисперсионные комплексы:

1. В зависимости от компоновки материала выделяют случайные и фиксированные комплексы.
2. Сколько факторов в дисперсионном анализе – одно-; двух-; трех-; n- факторные комплексы.
3. Количество материала внутри градаций – равномерные и неравномерные комплексы.
4. Свойства признака – количественные или качественные.

Зависимость между источниками варьирования выражается равенством (13)

$$D_y = D_x + D_e, \quad (13)$$

где D_x – межгрупповая девиата, представляющая собой сумму квадратов отклонений групповых средних X_i от общей средней X_{cp} комплекса, взвешенную на численность вариантов в группах n .

D_e – внутригрупповая девиата, представляющая сумму из сумм квадратов отклонений отдельных вариантов x_j от их групповых средних $X_{i\text{ ср.}}$.

D_y – общая девиата или сумма квадратов отклонений вариантов X_i от общей средней комплекса.

$$D_x = \frac{\sum n(x_i - x_{cp})^2}{N} \quad (14)$$

$$D_e = \sum [\sum (x_j - x_{i\text{ ср.}})^2] \quad (15)$$

$$D_y = \sum (x_j - x_{cp})^2$$

(16)

Деление сумм квадратов отклонений (девиат) на числа степеней свободы k дает выборочные дисперсии (17, 18, 19)

$$S_y^2 = \frac{D_y}{k_y} \quad (17)$$

$$S_x^2 = \frac{D_x}{k_x} \quad (18)$$

$$S_e^2 = \frac{D_e}{k_e}, \quad (19)$$

которые служат оценками соответствующих генеральных параметров:

S_y^2 - является оценкой общей дисперсии всего комплекса σ_y^2 ,

S_x^2 - оценкой межгрупповой дисперсии σ_x^2 ,

S_e^2 – оценкой внутригрупповой, или, остаточной дисперсии σ_e^2 .

Отношение межгрупповой дисперсии к внутригрупповой дисперсии служит критерием оценки влияния регулируемых в опыте факторов на результативный признак, т.е. $F = \frac{S_x^2}{S_e^2}$, при $S_x^2 > S_e^2$.

Целью дисперсионного анализа является проверка статистической значимости разницы между средними. Эта проверка проводится с помощью анализа дисперсии, т.е. с помощью разбиения общей дисперсии (вариации) на части, одна из которых обусловлена случайной ошибкой (то есть внутригрупповой изменчивостью), а вторая связана с различием средних значений. Последняя компонента дисперсии затем используется для анализа статистической значимости различия между средними значениями.

Если это различие значимо, нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза о существовании различия между средними. Нулевая гипотеза сводится к предположению, что генеральные межгрупповые средние и дисперсии равны между собой и различия, наблюдаемые между выборочными

показателями, вызваны случайными причинами, а не влиянием на признак регулируемых факторов.

Условия применения дисперсионного анализа:

1. Задачей исследования является определение силы влияния одного или нескольких факторов на результат или определение силы совместного влияния различных факторов.

2. Изучаемые факторы должны быть независимые (несвязанные) между собой.

3. Подбор групп для исследования проводится рандомизированно (случайный отбор). Организация дисперсионного комплекса с выполнением принципа случайности отбора вариантов называется рандомизацией, т.е. выбранные случайным образом.

4. Можно применять как количественные, так и качественные (атрибутивные) признаки.

Дисперсионный анализ, в котором проверяется влияние одного фактора, называется однофакторным.

Задание 9. Однофакторный дисперсионный анализ. Получены данные биометрических измерений длины шишки ели у разных форм. Сравнить формы на основе дисперсионного анализа.

	Повторности
Контроль	46 33 50 39 36
1 образец	46 41 47 39 38
2 образец	45 49 44 53 50
3 образец	58 54 59 49 52
4 образец	51 56 54 55 53

При изучении влияния более чем одного фактора используют многофакторный дисперсионный анализ. При оценивании влияние двух одновременно действующих факторов А и В на формирование значений

нормально распределенной случайной величины X необходимо придерживаться правила – факторы должны быть независимы. Фактор А имеет m уровней действия ($A_1, A_2, \dots, A_m$), фактор В – n уровней ($B_1, B_2, \dots, B_n$).

Задание 10. Двухфакторный дисперсионный анализ.

Получены данные по влиянию трех разных доз азотных удобрений на изменение диаметра у 4 древесных пород: березы, ели, осины и кедра. Повторность трехкратная. Провести дисперсионный анализ опыта.

Дозы удобрений	Порода	Диаметр		
		1	2	3
A ₁	B ₁	34,4	32,8	32,6
	B ₂	30,2	28,4	30,2
	B ₃	36,4	34,0	36,8
	B ₄	32,0	36,8	34,6
A ₂	B ₁	34,8	32,0	32,4
	B ₂	28,2	26,0	30,0
	B ₃	34,0	32,8	34,2
	B ₄	30,8	34,0	32,0
A ₃	B ₁	33,0	34,8	36,0
	B ₂	26,8	28,4	28,0
	B ₃	34,0	32,0	34,2
	B ₄	30,2	30,8	32,0

6. Контрольная работа

6.1. Общие методические рекомендации

Для обеспечения качественного изучения современных методов и направлений деятельности в качестве самостоятельной работы предусмотрено написание контрольной работы.

Цель контрольной работы – выявить степень усвоения теоретического материала и умение применять полученные знания в решении практических задач.

При выполнении самостоятельной работы студенты должны использовать учебно-методические материалы по дисциплине, специальную литературу, периодические издания: Лесоведение и лесоводство, Лесная таксация и лесоустройство, Лесохозяйственная информация, Лесной журнал, Леса России и хозяйство в них, Лесной вестник. Forest Bulletin, Лесотехнический журнал, Лесоведение, Леспроминформ, Сибирский лесной журнал, Forest Ecology and Management, Forest Policy and Economics и др., а также предметный каталог научной библиотеки университета.

6.2. Требования к оформлению

Ответы на вопросы должны быть краткими и конкретными, отражать существенное. Недопустимо механическое копирование текста учебных и методических пособий.

Текст печатается согласно соответствующим требованиям: формат страницы А4, соблюдая следующие размеры полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту 1,25 см. Шрифт – ХО Thames, кегль 14, межстрочный интервал – полуторный.

Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту, включая приложения. Номер страницы проставляется в центре нижней части страницы без точки. Приложения, которые приведены и имеющие собственную нумерацию, допускается не

перенумеровать. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей работы, обозначенные арабскими цифрами и расположенные без абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. Ниже через строчку от заголовка печатается основной текст.

Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Таблицы применяют для наглядности и удобства сравнения показателей. Таблицу следует располагать непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки. При ссылке следует печатать слово «таблица» с указанием ее номера. Наименование таблицы, при ее наличии, должно отражать ее содержание, быть точным, кратким. Наименование следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в следующем формате: Таблица Номер таблицы – Наименование таблицы. Наименование таблицы приводят с прописной буквы без точки в конце. Если наименование таблицы занимает две строки и более, то его следует записывать через один межстрочный интервал. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу. При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номерами граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в работе непосредственно после текста, где они упоминаются впервые, или на следующей странице (по возможности ближе к соответствующим частям текста). На все иллюстрации в

работе должны быть даны ссылки. При ссылке необходимо писать слово «рисунок» и его номер, например, «в соответствии с рисунком 2» и т. д.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок», его номер и через тире наименование помещают после пояснительных данных и располагают в центре под рисунком без точки в конце.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не уместится в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (x), деления (:) или других математических знаков. На новой строке знак повторяется. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «X». Ссылки в отчете на порядковые номера формул приводятся в скобках: в формуле (1).

Выравнивание текста – по ширине. Работа скрепляется по левому краю. Ссылки на литературные источники в квадратных скобках – цифрами: [1]. На титульном листе (приложение 1) и в конце работы ставится подпись студента.

Объем контрольной работы не менее 15-20 страниц печатного текста, включая титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение и библиографический список (список литературных источников). Ссылки на библиографические источники обязательны в тексте в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018.

Вне зависимости от способа выполнения работы качество напечатанного текста и оформления иллюстраций, таблиц должно удовлетворять требованию их четкого воспроизведения.

Вопросы для контрольной работы студенты выбирают по варианту (приложение 2).

6.3. Вопросы контрольной работы

1. История развития биометрии как науки.

2. Значение статистической обработки данных.
3. Цель и задачи статистического анализа в лесном деле.
4. Применение статистических методов в лесной отрасли.
5. Типы переменных величин. Зависимые и независимые переменные.
6. Классификация признаков биологических объектов.
7. Выборочная и генеральная совокупности. Объем совокупности.
8. Способы и требования к выборочной совокупности.
9. Основные статистические показатели.
10. Количественные признаки, примеры в лесной науке.
11. Качественные признаки, примеры в лесной науке.
12. Показатели изменчивости.
13. Статистический анализ количественных признаков.
14. Стандартное отклонение как показатель изменчивости. Правило трех сигм.
15. Стандартные ошибки статистических параметров.
16. Виды группировки экспериментальных данных.
17. Ранжирование данных. Вариационный ряд.
18. Графическое изображение распределений: кумулята.
19. Графическое изображение распределений: полигон.
20. Графическое изображение распределений: гистограмма.
21. Типы распределений.
22. Закономерности типов распределения.
23. Нормальное распределение (Гаусса). Вероятность встречаемости вариантов в нормальном распределении.
24. Асимметрическое распределение (Максвелла). Причины возникновения.
25. Асимметрия вариационных кривых. Правосторонняя и левосторонняя асимметрия.
26. Эксцессивное распределение.
27. Положительный эксцесс. Примеры в лесной отрасли.
28. Плосковершинный эксцесс. Примеры в лесной отрасли.
29. Двухвершинный эксцесс. Примеры в лесной отрасли.

30. Биномиальное распределение.
31. Оценка параметров генеральной совокупности.
32. Статистические гипотезы. Проверка гипотез.
33. Ошибки первого и второго рода. Мощность критерия.
34. Уровни значимости критерия.
35. Статистические критерии параметрической статистики. Достоверность различий средних двух выборочных совокупностей.
36. Критерий Стьюдента для зависимых выборок.
37. Критерий Стьюдента для независимых выборок.
38. Критерий Фишера. Применение в регрессионном и дисперсионном анализе.
39. Критерий согласия Пирсона χ^2 .
40. Оценка связи между признаками.
41. Корреляционный анализ. Характеристика связи между признаками.
42. Коэффициент корреляции – мера сопряженной изменчивости признаков.
43. Регрессионный анализ. Применение в лесной отрасли.
44. Коэффициент регрессии. Способы вычисления коэффициентов уравнения регрессии.
45. Общие признаки дисперсионного анализа.
46. Однофакторный дисперсионный комплекс (фиксированная модель).
47. Однофакторный дисперсионный анализ (случайная модель).
48. Двухфакторный дисперсионный комплекс (фиксированная модель).
49. Многофакторный дисперсионный анализ.
50. Статистические параметры качественных признаков.

Практическая часть.

Дана генеральная совокупность из 210 деревьев сосны кедровой сибирской (приложение 3). По двум последним цифрам зачетной книжки определить вариант выборочной совокупности.

Найти среднее, медиану, моду, стандартное отклонение, дисперсию, коэффициент вариации, ошибку среднего, лимит. Построить график распределения частот. Сделать вывод.

Практическую часть представляем в виде вырезки из программы Excel (приложение 4).

Вариант	Номера деревьев
01	2, 10, 13, 16, 17, 19, 28, 31, 33, 34, 50, 52, 62, 87, 89, 95, 108, 109, 119, 133, 136, 141, 150, 152, 160, 163, 165, 169, 173, 176, 180, 185, 187, 190, 195, 200, 210
02	8, 13, 16, 24, 32, 38, 45, 58, 72, 78, 79, 82, 95, 99, 100, 102, 105, 106, 110, 112, 114, 122, 126, 128, 129, 131, 132, 143, 163, 169, 174, 177, 184, 190, 193, 195, 201
03	9, 18, 19, 26, 33, 36, 39, 41, 45, 50, 54, 61, 70, 74, 87, 92, 100, 101, 105, 106, 111, 116, 131, 133, 138, 141, 146, 149, 158, 160, 163, 171, 185, 186, 190, 192, 202
04	1, 3, 8, 24, 25, 35, 39, 42, 45, 58, 68, 69, 74, 75, 78, 88, 89, 96, 100, 111, 118, 121, 123, 131, 135, 136, 140, 144, 147, 150, 155, 157, 167, 182, 188, 191, 203
05	21, 27, 35, 36, 38, 49, 50, 51, 56, 64, 66, 69, 71, 75, 89, 99, 104, 106, 109, 110, 116, 117, 120, 121, 128, 137, 139, 160, 171, 177, 183, 188, 190, 194, 199, 200, 209
06	2, 7, 9, 12, 13, 30, 43, 45, 73, 77, 81, 88, 90, 95, 100, 105, 113, 117, 119, 120, 124, 128, 129, 143, 147, 154, 157, 169, 180, 181, 187, 194, 195, 197, 198, 200, 208
07	5, 13, 23, 24, 39, 45, 51, 53, 67, 72, 79, 88, 95, 100, 101, 102, 116, 121, 127, 130, 136, 138, 140, 146, 150, 154, 159, 163, 166, 176, 178, 179, 180, 183, 188, 191, 204
08	9, 12, 14, 24, 32, 36, 40, 44, 50, 59, 61, 64, 67, 71, 81, 83, 85, 100, 103, 108, 112, 118, 130, 133, 136, 137, 141, 145, 146, 153, 156, 163, 170, 175, 188, 191, 205
09	1, 6, 15, 18, 19, 23, 32, 44, 54, 62, 64, 67, 79, 84, 89, 91, 93, 95, 115, 120, 121, 123, 125, 130, 134, 141, 147, 150, 165, 166, 167, 189, 194, 195, 196, 199, 206
10	7, 10, 20, 26, 35, 39, 42, 53, 58, 60, 62, 64, 65, 77, 78, 84, 89, 109, 110, 116, 128, 129, 132, 136, 140, 142, 148, 150, 152, 158, 159, 163, 167, 185, 190, 196, 207
11	1, 3, 4, 7, 9, 20, 23, 36, 37, 40, 49, 54, 59, 61, 68, 71, 77, 81, 88, 90, 99, 100, 107, 123, 141, 145, 147, 148, 160, 170, 171, 177, 180, 183, 184, 194, 208
12	4, 10, 16, 17, 20, 22, 28, 31, 53, 59, 61, 63, 73, 77, 80, 85, 87, 99, 101, 112, 117, 131, 134, 136, 143, 148, 150, 158, 166, 167, 169, 170, 177, 188, 198, 199, 209
13	1, 2, 8, 11, 16, 17, 18, 33, 41, 47, 50, 54, 70, 71, 73, 75, 80, 90, 96, 101, 109, 126, 127, 130, 137, 150, 151, 160, 166, 167, 174, 179, 180, 183, 184, 186, 201
14	5, 6, 8, 14, 19, 30, 54, 57, 74, 75, 77, 79, 82, 88, 91, 96, 102, 103, 105, 111, 115, 120, 127, 137, 144, 154, 161, 162, 164, 165, 169, 172, 175, 176, 180, 189, 202
15	8, 9, 10, 12, 18, 20, 26, 27, 28, 29, 30, 39, 59, 66, 67, 75, 80, 82, 89, 91, 111, 137, 147, 150, 158, 163, 166, 169, 171, 172, 173, 180, 186, 195, 197, 198, 203
16	4, 15, 21, 24, 25, 36, 39, 48, 58, 64, 66, 71, 74, 87, 92, 93, 94, 99, 100, 104, 105, 114, 133, 134, 135, 137, 141, 148, 151, 153, 170, 183, 184, 195, 198, 199, 204
17	2, 6, 8, 11, 14, 20, 21, 23, 32, 34, 41, 43, 51, 58, 76, 79, 80, 81, 99, 101, 105, 107, 121, 126, 127, 131, 133, 134, 151, 157, 163, 169, 175, 185, 189, 195, 204
18	3, 9, 16, 21, 24, 30, 33, 32, 34, 41, 43, 51, 68, 76, 79, 80, 90, 99, 101, 105, 117, 121, 126, 131, 133, 134, 144, 151, 157, 163, 169, 175, 185, 189, 195, 201
19	1, 7, 22, 31, 34, 38, 45, 49, 57, 64, 65, 83, 89, 90, 92, 93, 96, 98, 100, 111, 118, 120, 122, 124, 139, 141, 143, 146, 153, 154, 168, 170, 174, 180, 183, 186, 199
20	13, 17, 24, 30, 41, 42, 43, 45, 51, 61, 70, 77, 78, 83, 84, 89, 94, 95, 99, 102, 108, 122, 123, 136, 142, 145, 150, 159, 165, 176, 178, 184, 187, 189, 197, 198, 206

21	9, 11, 21, 28, 37, 39, 44, 47, 48, 49, 53, 55, 60, 61, 63, 68, 74, 76, 77, 92, 94, 102, 113, 115, 117, 123, 137, 138, 144, 153, 154, 166, 178, 182, 185, 186, 198
22	7, 11, 14, 18, 28, 32, 35, 36, 38, 48, 59, 75, 76, 77, 82, 85, 91, 92, 94, 102, 109, 111, 114, 137, 146, 153, 160, 165, 166, 168, 172, 176, 186, 190, 193, 200, 209
23	1, 14, 18, 21, 27, 31, 43, 49, 50, 51, 53, 55, 64, 75, 77, 82, 86, 89, 93, 99, 106, 118, 121, 125, 130, 137, 147, 157, 159, 169, 172, 174, 179, 191, 193, 194, 201
24	5, 6, 13, 15, 16, 19, 28, 36, 41, 43, 45, 52, 53, 54, 64, 74, 86, 110, 115, 116, 121, 125, 126, 128, 132, 138, 140, 146, 152, 163, 169, 172, 186, 192, 198, 200, 210
25	9, 11, 22, 30, 31, 42, 48, 53, 56, 60, 65, 66, 67, 72, 73, 75, 81, 82, 86, 89, 102, 104, 109, 111, 123, 125, 134, 137, 138, 139, 149, 162, 163, 170, 190, 192, 206
26	6, 10, 12, 17, 25, 28, 33, 40, 47, 52, 53, 62, 69, 77, 81, 87, 95, 98, 112, 117, 120, 122, 127, 132, 134, 140, 148, 149, 155, 162, 172, 173, 185, 186, 187, 198, 207
27	8, 11, 23, 25, 27, 32, 40, 45, 55, 58, 59, 65, 87, 91, 94, 96, 98, 104, 114, 117, 118, 125, 127, 128, 130, 131, 137, 163, 167, 175, 177, 189, 190, 191, 196, 199, 209
28	1, 6, 12, 19, 25, 35, 38, 39, 40, 41, 42, 49, 53, 55, 64, 73, 81, 92, 95, 101, 128, 129, 141, 147, 153, 154, 155, 156, 161, 175, 176, 183, 186, 188, 190, 192, 210
29	4, 23, 25, 30, 37, 44, 47, 51, 56, 59, 61, 67, 69, 70, 71, 73, 78, 93, 96, 97, 99, 105, 121, 134, 139, 144, 148, 157, 162, 164, 181, 182, 184, 190, 194, 196, 206
30	8, 13, 19, 21, 22, 23, 25, 29, 47, 49, 52, 66, 67, 69, 71, 76, 81, 89, 97, 100, 125, 127, 130, 131, 138, 147, 159, 164, 168, 173, 177, 189, 195, 198, 199, 200, 209

Определение интервала группировки

Интервал группировки или границы классов (i) вычисляется по формуле (20)

$$i = \frac{\lim}{k} \quad (20)$$

где, $\lim$ – разница между максимальным и минимальным значением признака

k – число классов.

Число наблюдений (n)	Число классов (K)
25-40	5-6
40-60	6-8
60-100	7-10
100-200	8-12
>200	10-15

7. Список литературы

1. Алексеев, А. С. Системный анализ и моделирование в лесном деле : учебное пособие / А. С. Алексеев, Д. М. Черниховский, М. О. Гурьянов. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2017. – 104 с.
2. Багинский В.Ф. Биометрия в лесном хозяйстве: учеб. пособие / В.Ф. Багинский, О.В. Лапицкая. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 374 с.
3. Бондаренко А.С. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований : Учебное пособие / А.С. Бондаренко, А.В. Жигунов. – СПб: Изво Политехнического университета, 2016. – 125 с.
4. Коростелев, И. Ф. Основы научных исследований в лесном хозяйстве: учеб. пособие / И.Ф. Коростелев // Урал. гос. лесотехн. ун-т. – Екатеринбург, 2011. – 96 с.
5. Лакин Г.Ф. Бометрия: учебник / Г.Ф. Лакин.– М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
6. Мастицкий, С. Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков (2014) – Электронная книга, адрес доступа: <http://r-analytics.blogspot.com>.
7. Острошенко, В. В. Математическое моделирование лесных экосистем: методические указания для изучения дисциплины, выполнения лабораторных занятий и самостоятельной работы по направлению подготовки 250100.68 – Лесное дело : методические указания / составитель В. В. Острошенко. – Уссурийск : Приморская ГСХА, 2013. – 42 с.
8. Свалов Н.Н. Вариационная статистика: учеб. пособие / Н.Н. Свалов. – М.: Лесная промышленность, 1977. - 177 с.
9. Хамитов, Р. С. Моделирование экосистем : учебно-методическое пособие / составители Р. С. Хамитов, Ю. М. Авдеев. – Вологда : ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2015. – 54 с.
10. Шевелина, И. В. Моделирование экосистем / И. В. Шевелина // Екатеринбург, 2017. – 37 с.
11. Якимович, С. Б. Информационное обеспечение в лесном комплексе : учебное пособие / С. Б. Якимович, М. А. Быковский, С. С. Якимович. – 2-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. – 206 с.

Образец оформления титульного листа

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ

Институт фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий

Кафедра лесного хозяйства

Контрольная работа

Статистический анализ в лесном деле

Выполнил (а): студент (ка) _____ группы

(Ф.И.О., подпись)

Проверил: _____

(Ф.И.О., подпись)

Новосибирск 20__

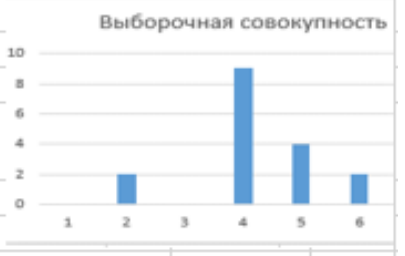
Последняя цифра зачетной книжки	Первая буква фамилии																						
		А	Б	В	Г	Д	Е (Ё)	Ж	З	И (Й)	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У Ф Х	Ц Ч Ш	Щ Э	Ю Я
	0	1, 29	14, 34	18, 45	5, 32	10, 35	28, 41	4, 31	16, 50	24, 47	10, 39	16, 38	9, 30	27, 49	1, 38	6, 30	22, 42	8, 49	21, 30	12, 38	4, 40	5, 37	9, 35
	1	21, 35	2, 46	15, 48	17, 34	27, 47	14, 37	26, 42	3, 33	11, 36	17, 29	8, 46	15, 45	10, 43	21, 40	2, 37	13, 30	21, 38	18, 47	7, 30	4, 33	8, 37	1, 44
	2	10, 44	22, 35	3, 31	26, 47	16, 40	24, 41	2, 39	7, 34	18, 36	1, 44	28, 48	12, 39	14, 34	22, 36	3, 39	17, 40	14, 33	5, 46	6, 36	7, 40	15, 36	25, 38
	3	16, 47	20, 41	25, 37	4, 39	17, 42	15, 45	9, 41	19, 30	26, 48	14, 43	13, 32	20, 31	7, 32	13, 33	12, 40	16, 38	4, 33	8, 35	9, 48	6, 45	3, 39	12, 36
	4	9, 43	24, 41	28, 44	12, 40	5, 50	8, 29	20, 34	6, 42	23, 30	1, 36	19, 49	9, 37	17, 35	20, 36	15, 48	13, 50	19, 39	5, 45	8, 42	5, 33	23, 32	14, 40
	5	23, 35	8, 32	15, 33	1, 46	28, 44	6, 38	5, 34	14, 38	27, 50	18, 30	2, 48	6, 35	24, 46	14, 48	27, 47	12, 49	14, 35	25, 37	6, 29	11, 40	10, 49	28, 46
	6	11, 48	28, 41	7, 45	19, 48	21, 32	4, 30	7, 50	23, 42	13, 37	26, 35	12, 45	3, 41	13, 37	25, 48	18, 29	20, 41	4, 36	15, 40	7, 33	5, 48	10, 43	19, 29
	7	6, 30	13, 38	4, 34	22, 47	10, 48	18, 29	28, 32	8, 44	15, 48	12, 37	25, 39	5, 48	4, 49	9, 45	21, 39	14, 43	7, 36	10, 46	8, 37	6, 40	11, 43	24, 46
	8	25, 50	5, 41	23, 46	2, 48	19, 43	23, 46	17, 50	28, 41	9, 50	1, 41	11, 44	24, 45	10, 49	22, 29	3, 34	6, 31	26, 42	3, 38	7, 46	9, 34	17, 46	1, 43
	9	14, 35	24, 48	1, 39	22, 35	26, 49	10, 33	20, 34	19, 29	14, 48	16, 38	2, 47	20, 31	23, 30	15, 44	5, 48	25, 39	2, 34	20, 48	8, 42	10, 50	22, 40	28, 42

Генеральная совокупность сосны кедровой сибирской по признакам высота (Н), диаметр ствола (d) и прирост бокового побега (l)

№ дерева	Н, м	d, см	l, см	№ дерева	Н, м	d, см	l, см	№ дерева	Н, м	d, см	l, см	№ дерева	Н, м	d, см	l, см	№ дерева	Н, м	d, см	l, см	№ дерева	Н, м	d, см	l, см
1	4,5	13,8	11,0	36	5,6	10,1	6,8	71	8,2	11,5	4,8	106	6,6	10,6	7,3	141	6,1	11,6	7,3	176	6,1	12,2	4,6
2	5,6	13,5	10,5	37	7,1	14,0	13,0	72	9,0	15,8	5,4	107	6,5	10,0	10,0	142	6,3	12,5	4,2	177	5,8	14,7	4,8
3	5,0	10,3	13,1	38	6,7	11,8	10,9	73	8,0	12,1	10,7	108	8,0	12,1	11,2	143	6,7	11,8	3,9	178	5,0	10,3	12,0
4	5,8	14,7	15,2	39	6,3	12,5	19,4	74	6,5	10,0	3,5	109	9,0	15,8	8,9	144	7,1	14,0	13,3	179	5,6	13,5	9,4
5	6,1	12,2	15,7	40	6,1	11,6	12,5	75	6,6	10,6	4,7	110	8,2	11,5	7,6	145	5,6	10,1	10,0	180	4,5	13,8	10,5
6	4,9	11,7	6,5	41	6,7	17,5	11,8	76	7,1	11,7	3,0	111	7,1	11,7	12,0	146	6,2	13,7	9,8	181	5,2	11,7	4,8
7	5,1	10,5	12,6	42	5,6	6,9	14,4	77	6,7	12,7	4,3	112	6,7	13,0	17,2	147	6,5	17,5	7,5	182	6,4	12,1	6,2
8	5,8	10,9	11,4	43	8,3	9,8	10,7	78	7,7	10,3	11,6	113	7,7	13,0	10,7	148	6,3	12,5	12,5	183	6,1	12,4	2,1
9	6,4	15,5	13,9	44	7,0	14,4	11,5	79	7,0	8,4	2,8	114	6,5	13,5	9,2	149	5,6	12,5	14,7	184	5,9	13,5	5,2
10	5,3	10,5	9,0	45	7,7	13,3	13,6	80	7,3	12,6	3,7	115	6,7	13,2	14,0	150	5,3	12,7	14,0	185	5,4	11,2	5,4
11	5,3	17,0	12,2	46	6,9	11,0	9,8	81	5,2	12,1	4,4	116	7,5	17,0	10,7	151	4,8	13,7	12,6	186	5,8	13,6	14,0
12	6,1	13,7	16,8	47	9	13,5	14,5	82	6,0	14,5	2,3	117	7,7	18,2	6,7	152	5,6	14,3	11,3	187	6,6	12,8	8,8
13	4,8	10,5	11,2	48	5,2	8,6	11,5	83	4,9	10,5	4,5	118	6,7	14,9	12,4	153	6,3	20,4	20,7	188	5,7	12,5	11,8
14	7,5	12,8	7,2	49	5,6	13,4	6,1	84	5,5	11,0	9,2	119	8,0	7,6	14,0	154	5,6	14,4	11,0	189	6,3	13,1	10,7
15	7,6	18,0	15,0	50	5,2	10,1	13,4	85	5,0	11,5	10,3	120	6,7	13,8	18,0	155	5,2	17,0	17,7	190	6,0	13,4	12,9
16	7,4	13,7	13,0	51	5,6	13,3	16,7	86	5,9	12,6	9,3	121	6,3	14,3	4,5	156	5,8	14,5	20,1	191	5,9	12,6	9,6
17	6,4	13,3	14,5	52	6,0	9,8	15,1	87	5,9	13,4	14,3	122	6,0	11,0	12,5	157	5,8	12,0	9,8	192	5,0	11,5	9,4
18	5,6	12,4	11,3	53	5,6	17,2	15,6	88	6,3	13,1	11,8	123	6,0	13,1	12,1	158	7,5	13,0	8,3	193	5,5	11,0	10,1
19	7,6	15,7	17,5	54	6,0	12,6	16,7	89	5,7	12,5	14,7	124	5,6	12,0	10,8	159	5,6	13,0	3,2	194	4,9	10,5	8,7
20	7,5	12,4	14,0	55	6,3	12,5	23,6	90	6,6	12,8	12,1	125	7,5	11,0	8,5	160	6,7	12,4	7,1	195	6,0	14,5	10,8
21	6,7	12,4	12,0	56	7,5	11,8	13,7	91	5,8	13,6	10,8	126	6,3	12,5	6,6	161	7,5	8,5	12,1	196	5,2	12,2	12,1
22	5,6	13,0	13,0	57	5,6	12,0	10,2	92	5,4	11,1	8,7	127	6,0	12,6	14,3	162	7,6	7,0	10,3	197	4,5	14,5	14,7
23	7,5	13,0	7,4	58	6,0	13,1	7,6	93	5,9	13,5	10,1	128	5,6	17,2	12,4	163	5,6	12,4	11,2	198	5,3	13,3	11,8
24	5,8	12,0	8,4	59	6,0	11,2	9,5	94	6,1	12,4	9,4	129	6,0	7,8	15,5	164	6,4	11,2	7,3	199	4,9	12,7	14,3
25	5,8	14,5	7,4	60	6,3	14,3	12,0	95	6,4	12,1	9,6	130	5,6	13,3	15,0	165	7,4	10,8	9,5	200	5,8	14,4	9,3
26	5,2	17,0	8,7	61	6,7	13,8	7,7	96	5,2	11,7	12,9	131	5,2	10,1	17,7	166	7,6	13,5	10,4	201	6,0	13,2	11,5
27	5,6	14,4	20,1	62	8,0	13,7	10,4	97	5,7	12,4	10,7	132	5,6	10,8	18,3	167	7,5	11,0	10,2	202	6,5	12,5	13,9
28	6,3	20,4	11,5	63	6,7	14,9	8,2	98	6,0	12,5	11,8	133	5,2	7,0	13,1	168	4,6	10,5	13,3	203	5,8	13,1	11,6
29	5,6	14,3	19,5	64	7,7	18,2	7,8	99	5,5	14,7	8,8	134	9,0	10,5	13,6	169	6,1	13,7	18,7	204	6,8	14,3	13,7
30	4,8	13,7	22,5	65	7,5	17,0	12,0	100	5,7	13,3	13,9	135	6,9	8,0	10,5	170	5,3	17,0	10,7	205	6,0	13,8	13,9
31	5,3	12,7	28,9	66	6,7	13,2	11,0	101	7,3	12,6	19,0	136	7,7	13	12,7	171	5,3	10,5	6,0	206	6,5	12,4	15,5
32	5,6	12,5	16,5	67	6,5	13,5	4,4	102	7,0	6,2	11,6	137	7,0	7,1	6,2	172	6,4	15,5	4,0	207	6,5	11,0	8,5
33	6,3	12,5	14,6	68	7,7	13,0	9,5	103	7,7	10,3	9,0	138	8,3	9,3	13,9	173	5,8	9,5	14,5	208	7,2	10,9	12,3
34	6,5	17,5	18,4	69	6,7	13,0	19,5	104	6,7	9,0	11,5	139	5,6	4,8	14,8	174	5,0	10,5	8,8	209	6,1	11,0	14,6
35	6,2	13,7	16,4	70	7,1	8,8	12,0	105	7,1	11,7	7,2	140	6,7	17,5	8,7	175	4,9	11,7	9,9	210	6,4	12,7	10,8

Пример оформления практического задания в формате Excel

	A	B	C	D	E	F
1	Вариант 3		Вариант 3		Вариант 3	
2	Высота растения, м		Диаметр, см		Прирост бокового побега, см	
3	Статистический показатель	Значения выборки	Статистический показатель	Значения выборки	Статистический показатель	Значения выборки
4	Среднее ($\bar{x}$)	СРЗНАЧ	Среднее ($\bar{x}$)		Среднее ($\bar{x}$)	
5	Медиана	МЕДИАНА	Медиана		Медиана	
6	Мода	МОДА.ОДН	Мода		Мода	
7	Уровень значимости (α)	0,05	Уровень значимости (α)	0,05	Уровень значимости (α)	0,05
8	Объём выборки (n)		Объём выборки (n)		Объём выборки (n)	
9	Стандартное отклонение (s)	СТАНДОТКЛОН.В	Стандартное отклонение (s)		Стандартное отклонение (s)	
10	Дисперсия (s^2)	ДИСП.В	Дисперсия (s^2)		Дисперсия (s^2)	
11	Доверит. интервал	ДОВЕРИТ.СТЬЮДЕНТ ($\alpha;n;s$)	Доверит. интервал		Доверит. интервал	
12	Коэффициент вариации (V), %	$s/\bar{x}$	Коэффициент вариации (V), %		Коэффициент вариации (V), %	
13	Ошибка среднего ($s_{\bar{x}}$)		Ошибка среднего ($s_{\bar{x}}$)		Ошибка среднего ($s_{\bar{x}}$)	
14	Точность опыта (p), %	$s\bar{x}/\bar{x}$	Точность опыта (p), %		Точность опыта (p), %	
15	Минимум	МИН	Минимум		Минимум	
16	Максимум	МАКС	Максимум		Максимум	
17	Асимметрия	СКОС	Асимметрия		Асимметрия	
18	Экссесс	ЭКССЕСС	Экссесс		Экссесс	
19	Число классов		Число классов		Число классов	
20						
21	Размер класса		Размер класса		Размер класса	
22						
23	t	1,96	t	1,96	t	1,96
24	T	0,05	T	0,05	T	0,05

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	№	Случайный номер дерева	Высота дерева, м	Диаметр ствола, см	Прирост бокового побега, см		Выборочная совокупность (H)	интервал группировки	частота	Выборочная совокупность (d)	интервал группировки	частота	Выборочная совокупность (l)	интервал группировки	частота
2								4,5-5,0			10,1-11,8			6,5-10,2	
3	1	1	4,5	13,8	11			5,1-5,6			11,9-13,6			10,3-14,0	
4	2	2	5,6	13,5	10,5			5,7-6,1			13,7-15,4			14,1-17,8	
5	3	3	5,0	10,3	13,1			6,2-6,7			15,5-17,2			17,9-21,6	
6	4	4	5,8	14,7	15,2			6,7-7,2			17,3-19,0			21,7-25,4	
7	5	5	6,1	12,2	15,7			7,3-7,8			19,1-20,8				
8	6	6	4,9	11,7	6,5										
9	7	7	5,1	10,5	12,6										
10	8	8	5,8	10,9	11,4										
11	9	9	6,4	15,5	13,9										
12	10	10	5,3	10,5	9	частота									
13	11	11	5,3	17	12,2										
14	12	12	6,1	13,7	16,8										
15	13	13	4,8	10,5	11,2										
16	14	14	7,5	12,8	7,2										
17	15	15	7,6	18	15										
18	16	16	7,4	13,7	13										
19	17	17	6,4	13,3	14,5										
20	18	18	5,6	12,4	11,3										
21	19	19	7,6	15,7	17,5										
22	20	20	7,5	12,4	14										
23	21	21	6,7	12,4	12										
24	22	22	5,6	13	13										
25	23	23	7,5	13	7,4										
26	24	24	5,8	12	8,4										
27	25	25	5,8	14,5	7,4										
28	26	26	5,2	17	8,7										
29	27	27	5,6	14,4	20,1										
30	28	28	6,3	20,4	11,5										
31	29	29	5,6	14,3	19,5										
32	30	30	4,8	13,7	22,5										