

ТАРАН С.С.

**ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛЕСОКУЛЬТУРНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

Практикум



Новочеркасск
2015

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
ФГБОУ ВО ДОНСКОЙ ГАУ

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛЕСОКУЛЬТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Практикум
для аспирантов направления «Лесное хозяйство»
направленности «Лесные культуры, селекция, семеноводство»

Новочеркасск
2015

УДК 630.232 (075.8)

Т 19

Рассмотрено на заседании кафедры лесных культур и лесопаркового хозяйства (протокол № 1 от 31.08.2015г.) и рекомендованы к изданию методической комиссией лесохозяйственного факультета (протокол № 1 от 9.09.2015 г.).

Рецензент:

С.Н. Кружилин - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и лесопаркового хозяйства НИМИ ДГАУ;

Таран С.С.

Т 19 Теория и методика научных исследований в лесокультурном производстве [Текст]: практикум для аспирантов направ. «Лесное хозяйство» направленности «Лесные культуры, селекция, семеноводство» / С.С. Таран ; Новочерк. инж.-мелиор. ин-т ДГАУ, каф. лесных культур и лесопаркового хозяйства. – Новочеркасск, 2015. – 34 с.

В практикуме рассматриваются вопросы методики изучения сезонного роста и развития древесных растений, природы физиологических процессов растений.

Ключевые слова: фенология растений, прирост побегов, ствола, корневой системы, топография, статистическая оценка опытов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	с.
Введение	4
1 Определение интенсивности транспирации и содержание влаги в листьях.....	5
2 Определение фотосинтеза по изменению массы листьев в сухом виде.	8
3 Лесоводственно-таксационные методы исследований.....	11
4 Специальные методы изучения роста и дифференциации деревьев, строения и формирования древостоев.....	15
5 Лесопатологический мониторинг – оценка состояния лесов с использованием научно-обоснованных шкал, апробированных в практике исследований и в производственных условиях; оценка жизненного состояния древостоев.....	21
6 Принципы построения оценочных шкал.....	24
7 Применение методов статистического анализа.....	25
8 Корреляционный анализ.....	28
Литература	32

ВВЕДЕНИЕ

Изучение условий формирования биологически устойчивых и продуктивных насаждений является одной из важнейших проблем современного лесохозяйственного производства. В этой связи большое значение приобретает знание особенностей строения, морфологии и экологии различных частей деревьев и древостоев в целом.

Цель освоения дисциплины сводится к формированию у обучающихся знаний современных методик научных исследований в лесохозяйственном производстве.

Задачи дисциплины:

- ознакомить обучающихся с актуальными направлениями исследований в области лесохозяйственного производства;
- изучить существующие методы исследования лесных культур;
- научить обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом данных современной научной литературы.
- освоить некоторые общие положения прикладной статистики и наиболее часто используемые методы статистического анализа применительно к результатам лесохозяйственных исследований.

Дисциплина «Теория и методика научных исследований в лесохозяйственном производстве» опирается на изученные ранее дисциплины, такие как: ботаника, физиология растений, почвоведение, экология, лесные культуры, селекция растений математика и дополнительные знания, полученные в процессе самообразования.

Теоретические и практические знания в ходе изучения дисциплины необходимы для проведения научных исследований, подготовки научно-квалификационной работы (диссертации) и в дальнейшей профессиональной деятельности.

В процессе выполнения практических работ студент должен научиться самостоятельно проводить научные исследования в области лесохозяйственного производства, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской деятельности, проводить статистическую оценку достоверности данных опыта, обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом данных современной научной литературы.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПИРАЦИИ И СОДЕРЖАНИЕ ВЛАГИ В ЛИСТЬЯХ

Цель работы: усвоение методик определения интенсивности транспирации и содержания воды в листьях

Материалы и оборудование: секаторы, торзионные весы, психрометр, сушильный шкаф, миллиметровая бумага, бумажные пакеты

Теоретические положения

Процесс транспирации характеризуется следующими параметрами: интенсивность транспирации, продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент и относительная транспирация.

Интенсивность транспирации – это, то количество воды, которое испаряется растением в единицу времени с единицы площади листа. Выражается в граммах воды, испаряемой растением за 1 час на 1 г сырой массы или на 1 дм.

Обычно скорость транспирации колеблется днем в пределах 15-250 г/м²/час, а ночью может снижаться до 7-20 г/м²/час. Интенсивность транспирации находится в зависимости от многих внутренних и внешних факторов (запаса воды в почве, насыщенности атмосферы водяными парами, от скорости ветра, температуры воздуха и др.).

При изучении интенсивности транспирации используют метод быстрого взвешивания. В полевых условиях интенсивность транспирации определяют по изменению массы срезанных у растений веток или листьев за первые 2-3 минуты. За этот промежуток времени у срезанных побегов и листьев интенсивность транспирации такая же, как и у оставленных на растении. Этот метод был разработан Л.А. Ивановым с сотрудниками. Одновременно с изучением интенсивности транспирации определяют температуру и влажность воздуха.

Расход воды древесными растениями чаще всего определяют по интенсивности транспирации листьев. С этой целью выбирают три дерева I, II или III класса и детально их описывают с установлением высоты, диаметра ствола на высоте 1,3 м кроны и т.д. Листья для исследования берут в одном (северном, южном, западном, восточном) секторе кроны и на одной высоте. Не позднее, чем через 0,5 минуты средние листья взвешивают на торзионных или других весах с точностью до одного миллиграмма. После этого опытные листья помещают как можно ближе к тому месту, откуда их срезали, на продолжительность экспозиции. Повторно взвешивают опытные листья через 2 минуты после первого взвешивания. Затем делают отсчёт по психрометру для определения температуры и влажности воздуха. Для получения достоверных результатов с каждого дерева берут листья в 10-ти повторностях. Данные опытов фиксируют в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Интенсивность транспирации листьев

Время опытов, час	№ опыта-ного дерева	№ повторности	Масс листьев, мг		Потеря влаги за 2 мин., мг	Площадь листьев, см ²	Интенсивность транспирации, г/м2/час	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %
			первое	второе					
9 ⁰⁰	1	1							
9 ¹⁰	1	2							
9 ²⁰	1	3							
9 ³⁰	1	4							
9 ⁴⁰	1	5							
9 ⁵⁰	1	6							
10 ⁰⁰	1	7							
10 ¹⁰	1	8							
10 ²⁰	1	9							
10 ³⁰	1	10							
Среднее значение:									

Интенсивность транспирации может быть вычислена на единицу площади (грамм за час на м²) листьев или на единицу их массы в сухом (сыром) состоянии (грамм за час на 100 г листьев или хвои). Для первого случая после второго взвешивания необходимо определить площадь листьев. Для определения поверхности листьев взвесить на весах квадрат миллиметровой бумаги известной площади (например, 100 см²), наложить на этот квадрат исследуемый лист, и тщательно обвесить квадратом листовую площадку, вырезать и взвесить полученную бумажную фигуру. Площадь листа вычислить по пропорции: $a : b = c : s$ (a – масса квадрата, b – масса бумажной фигуры, c – площадь квадрата, s – площадь листа).

Интенсивность транспирации J_t (г/м² × ч) вычисляют по формуле 1:

$$J_t = n \times 10000 \times 60 / (S \times t), \quad (1)$$

где n – количество испарившейся воды, г

s – площадь, см²

t – экспозиция, мин.

60 – коэффициент перевода минут в часы

10000 – коэффициент перевода см² в м²

При определении влажности листьев в насаждениях выбирают по три опытных дерева, проводят их описание и определяют таксационные показатели. На каждом из опытных деревьев в определённом секторе и на одной высоте срезают листьев в количестве 150-200 г и разделяют их на два образца. Каждый из них сразу взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем помещают с этикеткой каждый отдельно в бумажный пакетик. На этикетке указывают лесничество, квартал, номер пробной площади и модельного дерева, сектор и высоту отбора листьев и дату.

Листья доставляют в лабораторию, высушивают при 100-105°C до постоянного веса и взвешивают. Результаты опытов записывают в виде таблицы 2. Содержание воды в листьях определяют на абсолютно сухой вес.

Таблица 2 – Влажность листьев в насаждения

Порода	Время отбора образцов	Место отбора образцов	Повторность	Масса листьев, г		Содержание воды в листьях	
				сырых	сухих	г	%
		Верхняя часть кроны	1				
			2				
		Нижняя часть кроны	1				
			2				

Задание

Определить интенсивность транспирации методом быстрого взвешивания и установить содержание влаги в листьях.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОТОСИНТЕЗА ПО ИЗМЕНЕНИЮ МАССЫ ЛИСТЬЕВ В СУХОМ СОСТОЯНИИ

Цель работы: усвоение методик определения интенсивности транспирации и содержания воды в листьях

Материалы и оборудование: секаторы, торзионные весы, психрометр, сушильный шкаф, миллиметровая бумага, бумажные пакеты

Теоретические положения

Интенсивность истинного фотосинтеза характеризуется как синтез органического вещества в единицу времени на единицу площади листа. Величина ее складывается из видимой интенсивности фотосинтеза (можно определить по увеличению массы единицы площади листа) и интенсивности расхода органического вещества в основном на дыхание и отток в другие органы растения. В основе данного метода лежит метод половинок, предложенный Саксом. Данное исследование отличается от метода Сакса методом определения органического вещества. В основу его положен весовой анализ. Прибыль массы сухого вещества за единицу площади листа является показателем интенсивности фотосинтеза. Так как колебание воды в листе маскирует изменение массы сухого вещества, то взвешивать необходимо высечки из листа, высушенные до постоянной массы.

В результате фотосинтеза, как известно, листья увеличивают свою массу, так как в них происходит накопление продуктов ассимиляции. Это увеличение может быть учтено, если процесс ассимиляции продолжается несколько часов и площадь листьев приведена к единице.

Как и при определении транспирации, для изучения фотосинтеза отбирают три опытных одинаковых по развитию и размеру дерева. На каждом из них в одинаковых секторах кроны выбирают по 2-3 веточки с 3-5 листками. Веточки и листья не должны иметь механических и других повреждений. Для того, чтобы в процессе фотосинтеза не происходил отток ассимилянтов из опытных листьев, на веточках снимают кору до древесины (веточки окольцовывают). Кору снимают на расстоянии 1-2 см ниже последнего опытного листа. Затем у опытных листьев срезают их половинки лезвием бритвы или острым ножом. Линия среза должна проходить параллельно главной жилке, но не повреждая её. Другие половинки листьев оставляют на дереве.

У оставшихся на дереве половинок листьев, кроме накопления продуктов ассимиляции, происходит трата на дыхания. По этой причине срезанные половинки листьев, после определения их площади, помещают во влажную ткань (вату) и оставляют их в таком состоянии на весь период опыта. Нахо-

дятся во влажной ткани, срезанные (контрольные) половинки листьев продолжают дышать и, таким образом, как и опытные половинки листьев, тратят питательные вещества.

Для определения площади срезанных половинок обводят их контуры на миллиметровой бумаге, но в течение всего периода опыта эти контрольные половинки листьев должны находиться во влажной среде.

После окончания опыта (через 2-5 часов после кольцевания веток и отделения контрольных половинок) срезают опытные половинки листьев и также для определения площади обводят их контуры. Затем контрольные и опытные половинки листьев помещают в бюксы и высушивают до постоянного веса.

Количество абсолютно сухого вещества (K_v) на единицу площади (100 см^2) контрольных и опытных листовых половинок вычисляют по формуле 2:

$$K_v = B \times 100 / A \quad (2)$$

где: B – масса сухих листьев на данную площадь, г

A – фактическая площадь листьев, см^2

Прирост сухого вещества (P_v) вычисляют по формуле 3:

$$P_v = K_{v1} - K_{v2} \quad (3)$$

где: K_{v1} – количество абсолютно сухого вещества на единицу площади (100) после опыта, г/ 100 см^2 ;

K_{v2} – количество абсолютно сухого вещества на единицу площади (100) до опыта, г/ 100 см^2

Продуктивность ассимиляции (P_a) за единицу времени вычисляют по формуле 4:

$$P_a = P_v / 4 \quad (4)$$

где 4 – фактическое время в часах

Полученные данные записывают в таблицу 3.

Задание

Определить интенсивность фотосинтеза по изменению массы листьев в сухом состоянии.

Таблица 3 – Определение интенсивности ассимиляции листьев

Время начала и окончания опыта, ч	Вариант опыта		Площадь листьев, см ²	Масса листьев на данную площадь, г		Масса сухих листьев при пересчёте на 100 см ² их площади, г	Прирост сухого вещества за время опыта, г
				свежих	сухих		
9 ⁰⁰ 13 ⁰⁰	Листья опытные	до опыта					
		после опыта					
	Листья контрольные	до опыта					
		после опыта					

3 ЛЕСОВОДСТВЕННО-ТАКСАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: усвоение методики отвода и таксации пробных площадей и методику обработки материалов пробных площадей

Материалы и оборудование: мерные вилки, высотомеры, общесонтировочной таблицы

Теоретические положения

Для выявления особенностей хода роста; товарной и сортиментной структуры насаждений; определения санитарного и лесопатологического состояния насаждений; оценки степени нарушенности лесных природно-территориальных комплексов; обоснования возрастов спелости и рубок главного пользования; изучения эффективности лесохозяйственных мероприятий (рубок главного и промежуточного пользования лесом) и др. закладываются пробные площади.

Пробная площадь представляет собой отграниченную часть участка лесных земель, на которой проводится пересчет деревьев, лесных культур, естественного возобновления леса, либо проводятся иные измерительные и учебные работы.

Пробную площадь закладывают в характерных местах или равномерно по обследуемой территории. Пробные площади различаются по форме:

- ✓ круговые постоянного или переменного радиуса с закреплением их центров кольями размещают в таксационном выделе обычно по сетке квадратов;
- ✓ ленточные закладывают вдоль специально прорубаемых визиров полосами шириной 5-10 м без закрепления их границ в натуре;
- ✓ прямоугольные пробные площади (прямоугольной или квадратной формы) отграничиваются в натуре визирами.

В зависимости от назначения пробные площади разделяют на:

- ✓ временные – с однократным измерением на них таксационных параметров;
- ✓ постоянные – при необходимости систематических повторных измерений с целью долгосрочных наблюдений за возрастными изменениями отдельных деревьев или насаждения в целом.

Размеры закладываемых пробных площадей, их секций и минимально необходимое число обмеряемых на них деревьев основного элемента леса зависят от возраста насаждений. При установлении размера пробных площадей обязательным условием должно быть наличие минимального числа деревьев. Это объясняется изменчивостью диаметров деревьев в древостоях, которая в среднем может быть принята в возрасте спелости леса около 30%, а допустимая точность определения среднего диаметра – 2%. В лесохозяйственной практике число стволов основного элемента леса принимают равным: в мо-

лодняках – не менее 400-500 шт, в средневозрастных насаждениях – 300-350, в спелых – 200-250, в перестойных - 150-200 шт. В этом случае при нормальной полноте леса размер пробной площади устанавливается: в молодняках – 0,1 га; в средневозрастных древостоях - 0,25; в спелом лесу – 0,5; в перестойном – 1 га. В молодняках постоянные пробные площади закладывают размером не менее 0,25 га.

Величину пробной площади можно рассчитать по формуле 5:

$$S=N \times L \times 2 \quad (5)$$

где: S – размер пробной площади, м²;

N – минимальное допустимое число деревьев на пробной площади, шт.;

L – среднее расстояние между деревьями, определяемое путем непосредственного измерения расстояний между 30-40 ближайшими деревьями.

Техника подбора участков насаждений для размещения в них пробных площадей и их закладки регламентируется отраслевым стандартом ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки».

Место закладки любой пробной площади выбирается в части выдела, наиболее однородной по всем таксационным показателям насаждения и по условиям местопроизрастания. Временные пробные площади закладывают, отступая вглубь леса от квартальных просек, границ выдела и открытых стен леса не менее чем на 30 м. Пробные площади инструментально отграничиваются визирами шириной 0,3 м, на углах устанавливаются столбы определенной формы, на которых черной масляной краской указываются номер пробы, ее площадь, год закладки. Стороны пробной площади измеряют стальной мерной лентой с точностью до 0,1 м, при этом невязка по периметру не должна превышать 1:500. При отводе пробной площади деревья с диаметром 20 см и более, попадающие на линии визира, не срубают, а затесывают или отмечают масляной краской и учитывают при пересчете в половинном размере.

Постоянные пробные площади отграничивают визирами без рубки деревьев по пограничным линиям. Для них выделяют защитные охранные полосы со всех сторон шириной 30-50 м. Каждое дерево на пробе нумеруют с указанием северной стороны, и места обмеров диаметров на высоте 1,3 м от шейки корня. Проводят картирование деревьев. Для каждого дерева измеряют высоту и протяжение кроны с точностью 0,1 м и два взаимно перпендикулярных диаметра (в мм). У шероховатых стволов на месте замера толщины проводят легкое подрумянивание коры. Модельные и учетные деревья для этих объектов выбирают за пределами пробы и ее охранный полосы.

Последнее время повсеместно проявляется тенденция постепенного перехода от больших ленточных или прямоугольных пробных площадей к малым учетным площадкам с оптимальным числом деревьев 20-30 шт. Большое распространение получили круговые реласкопические площадки с пересчетом или без пересчета на них деревьев. В лесоустройстве часто закла-

дывают учетные площадки постоянного радиуса. После отграничения пробы проводится привязка ее к ближайшей просеке: на карточке пробной площади в соответствующем месте вычерчивается схематический план пробы с указанием румбов и мер длины сторон пробы, а также мер и румбов линии привязки к просеке или другому близлежащему ориентиру.

Каждое дерево на пробной площади должно быть измерено: дереву присваивается номер, определяется его порода, диаметр ствола на уровне груди (1,3 м), высота, сортимент (пиловочник, баланс, дрова). Каждое промеренное дерево отмечается мелом, баллончиком с краской, нитью, лентой и т.п. для избегания путаницы.

Данные измерений фиксируются в форме таблицы 4.

Таблица 4 – Ведомость измерений пробной площади

№ дерева	Порода	Диаметр, см	Высота, м	Возраст, лет	Сортимент
1	Е	20	8,6		пиловочник
2	Е	22	7,3		пиловочник
3	С	24	10,1		дрова
4	Б	18	7,1		баланс

Примечание:

- № дерева: номер промеренного дерева на пробной площади (для контроля внесения измерений в таблицу). По итогам заполнения таблицы на пробной площади не должно быть номеров деревьев без таксационных данных. Если допущена ошибка, то вся строка зачеркивается и пишется ниже. Допускается нумерация деревьев не по порядку, при этом число деревьев, занесенных в таблицу должно быть равно максимальному номеру дерева.
- Порода: С – сосна, Е – ель, Б – береза, Ос – осина, Ол – ольха, Р – рябина, К – кедр, Л – лиственница (для указания дополнительной породы в таблице, название определяется на местности с указанием первой или первых двух букв породы дерева; дополнения помечаются в таблице в любом месте).
- Диаметр, см: для обычной измерительной вилки диаметр округляется до 1 см (для повышения точности необходимых параметров); для электронной вилки диаметр записывается фактический, с точностью до мм.
- Высота, м: высота должна быть определена с максимальной возможной точностью (по возможности до десятых).
- Сортимент: для каждого ствола определяется возможность его применения в местных условиях, обычно выделяют баланс, пиловочник, дрова. В случае необходимости возможно более дробное деление. Фактический выход сортиментов будет уточнен после анализа данных.

Данные перечетов деревьев по ступеням толщины и высоте обрабатываются статистическим методом с вычислением средних значений, коэффициентов варьирования и показателей точности исследования.

Определение среднего диаметра. Средний диаметр древостоя определяется двумя способами:

- 1 – через площадь сечения среднего дерева как среднеквадратическую величину;
- 2 – обычным статистическим способом как среднеарифметическую величину.

Для того чтобы установить средний диаметр по первому способу, необходимо последовательно выполнять следующие работы:

1. Определить сумму площадей сечений на высоте груди всех деревьев элемента леса с помощью лесотаксационного справочника.
2. Определить площадь сечения среднего дерева путем деления суммы площадей сечения на общее число стволов.
3. По средней площади сечения определить средний диаметр с помощью таблиц или по формулам.

Определение средней высоты. Среднюю высоту насаждения легко найти графически, используя в таксации закономерность: среднему диаметру насаждения соответствует средняя высота.

Для этой цели строится график, по абсциссе которого откладываются ступени толщины, а по ординате – соответствующие диаметрам высоты. Такое соответствие диаметров и высот можно получить по данным обмеров модельных и учетных деревьев, взятых на пробных площадях. Средняя высота затем устанавливается по вычисленному среднему диаметру насаждения.

Кроме графического способа, среднюю высоту древостоя можно вычислить более точным способом, используя для этого средние высоты отдельных ступеней толщины и суммы площадей сечения деревьев этих же ступеней.

Определение запаса насаждения. Запас, как и другие таксационные признаки, определяется для каждого элемента леса. Определение запаса проводится по объемным таблицам с двумя входами по диаметру и высоте. Для этой цели по диаметру (ступени толщины) и графически сглаженной высоте находят сначала объем одного ствола, а затем запас ступени. Для контроля запас вычисляется по модельным деревьям, способ вычисления устанавливается в зависимости от количества взятых деревьев и характера распределения их по ступеням толщины. При этом объемы модельных деревьев, используемых для вычисления запаса, определяются по сложной формуле срединных сечений.

Полнота устанавливается по соотношению суммы площадей сечения древостоев яруса с соответствующей площадью сечения, показанной в таблицах хода роста или в стандартной таблице сумм площадей сечений и запасов нормальных насаждений при полноте 1,0.

Состав древостоя выражается в долях участия каждой породы в общем запасе.

Класс бонитета определяется при помощи общебонитировочной таблицы по среднему возрасту и средней высоте древостоя.

Класс товарности устанавливается по выходу деловой древесины в процентах от запаса.

Задание

Провести обработку материалов пробной площади, определить средний диаметр и среднюю высоту древостоя, запас, полноту, состав, класс бонитета, класс товарности.

4 СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ РОСТА И ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ДЕРЕВЬЕВ, СТРОЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ

Цель работы: усвоить методы выражения и оценки элементарных древостоев: ряды распределения и редукционных чисел.

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы хода роста основных лесобразующих пород, персональные компьютеры.

Теоретические положения

Для изучения закономерностей роста и дифференциации деревьев, строения и формирования древостоя используют два основных метода выражения и оценки строения элементарных древостоев: метод рядов распределения и метод редукционных чисел.

Ряд распределения является одним из видов группировок и представляет собой упорядоченное распределение единиц изучаемой совокупности на группы по определенному варьирующему признаку.

В зависимости от признака, положенного в основу образования ряда распределения различают атрибутивные и вариационные ряды распределения:

Атрибутивными – называют ряды распределения, построенные по качественным признакам. Ряды распределения, построенные в порядке возрастания или убывания значений количественного признака называются **вариационными**.

Вариационный ряд распределения состоит из двух столбцов. В первом столбце приводятся количественные значения варьирующегося признака, которые называются вариантами и обозначаются X_i . Дискретная варианта – выражается целым числом. Интервальная варианта находится в пределах от и до. В зависимости от типа варианты можно построить дискретный или интервальный вариационный ряд.

Во втором столбце содержится количество конкретных вариантов, выраженное через частоты или частости.

Частоты – это абсолютные числа, показывающие столько раз в совокупности встречается данное значение признака, которые обозначают f_i . Сумма всех частот должна быть равна численности единиц всей совокупности.

Частости (W_i) – это частоты, выраженные в процентах к итогу. Сумма всех частостей выраженных в процентах должна быть равна 100% в долях единицы.

Графическое изображение рядов распределения

Наглядно ряды распределения представляются при помощи графических изображений в виде: полигона, гистограммы, кумуляты и огивы.

Полигон

При построении полигона на горизонтальной оси (ось абсцисс) откладывают значения варьирующего признака, а на вертикальной оси (ось ординат) – частоты или частости.

Пример: Приводятся данные о распределении 25 деревьев на одной пробной площади по ступеням толщины:

4; 2; 4; 6; 5; 6; 4; 1; 3; 1; 2; 5; 2; 6; 3; 1; 2; 3; 4; 5; 4; 6; 2; 3; 4

Необходимо построить дискретный вариационный ряд и изобразить его графически в виде полигона распределения.

Решение:

В данном примере вариантами является ступени толщины. Для определения частот необходимо рассчитать число деревьев, относящихся к соответствующей ступени толщины (таблица 5).

Таблица 5 – Распределение деревьев по ступеням толщины

Ступени толщины (X_i)	Число деревьев (f_i), шт.
1	3
2	5
3	4
4	6
5	3
6	4
Итого:	25

Полигон используется для дискретных вариационных рядов.

Для построения полигона распределения (рисунок 1) по оси абсцисс откладываем количественные значения варьирующего признака – варианты (X_i), а по оси ординат – частоты или частости (f_i).



Рисунок 1 – Полигон распределения

Если значения признака выражены в виде интервалов, то такой ряд называется интервальным.

Интервальные ряды распределения изображают графически в виде гистограммы, кумуляты или огивы.

Статистическая таблица

Пример: Приведены данные о размере среднего диаметра 20 деревьев (см) 60; 25; 12; 10; 68; 35; 2; 17; 51; 9; 3; 130; 24; 85; 100; 152; 6; 18; 7; 42.

Необходимо построить интервальный вариационный ряд с равными интервалами.

Решение:

Исходная совокупность состоит из 20 единиц ($N = 20$).

По формуле Стерджесса определим необходимое количество используемых групп: $n = 1 + 3,322 \times \lg 20 = 5$

Вычислим величину равного интервала: $i = (152 - 2) / 5 = 30$ см

Расчленим исходную совокупность на 5 групп с величиной интервала в 30 см.

Результаты группировки представим в таблице 6:

Таблица 6 – Результаты группировки

Средний диаметр (X_i), см	Число деревьев (f_i), шт.	Число деревьев к итогу (W_i), %
2-32	11	55
32-62	4	20
62-92	2	10
92-122	1	5
122-152	2	10
Итого:	20	100

При такой записи непрерывного признака, когда одна и та же величина встречается дважды (как верхняя граница одного интервала и нижняя граница другого интервала), то эта величина относится к той группе, где эта величина выступает в роли верхней границы.

Гистограмма

Для построения гистограммы (рисунок 2) по оси абсцисс указывают значения границ интервалов и на их основании строят прямоугольники, высота которых пропорциональна частотам (или частостям).

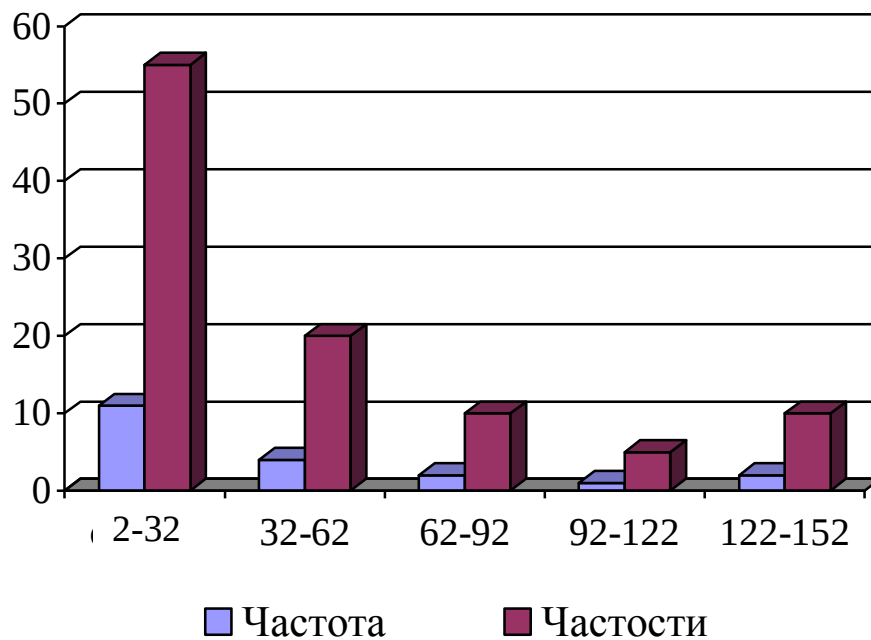


Рисунок 2 – Интервальный ряд распределения в виде гистограммы

Кумулята

Распределение признака в вариационном ряду по накопленным частотам (частостям) изображается с помощью кумуляты.

Для построения кумуляты необходимо рассчитать накопленные частоты (частости). Они определяются путем последовательного суммирования частот (частостей) предшествующих интервалов и обозначаются S . Накопленные частоты показывают, сколько единиц совокупности имеют значение признака не больше, чем рассматриваемое. При этом на оси абсцисс помещают значения признака, а на оси ординат – накопленные частоты или частости.

Пример: Рассчитаем накопленные частоты, используя таблицу 7.

Накопленная частота первого интервала рассчитывается следующим образом: $0 + 11 = 11$, для второго: $11 + 4 = 15$; для третьего: $11 + 4 + 2 = 17$ и т.д.

Таблица 7 – Расчет накопленной частоты

Средний диаметр (X_i), см	Число деревьев (f_i), шт.	Накопление частоты (S)
2-32	11	11
32-62	4	15
62-92	2	17
92-122	1	18
122-152	2	20
Итого:	20	

При построении кумуляты накопленная частота (частость) соответствующего интервала присваивается его верхней границе (рисунок 3):

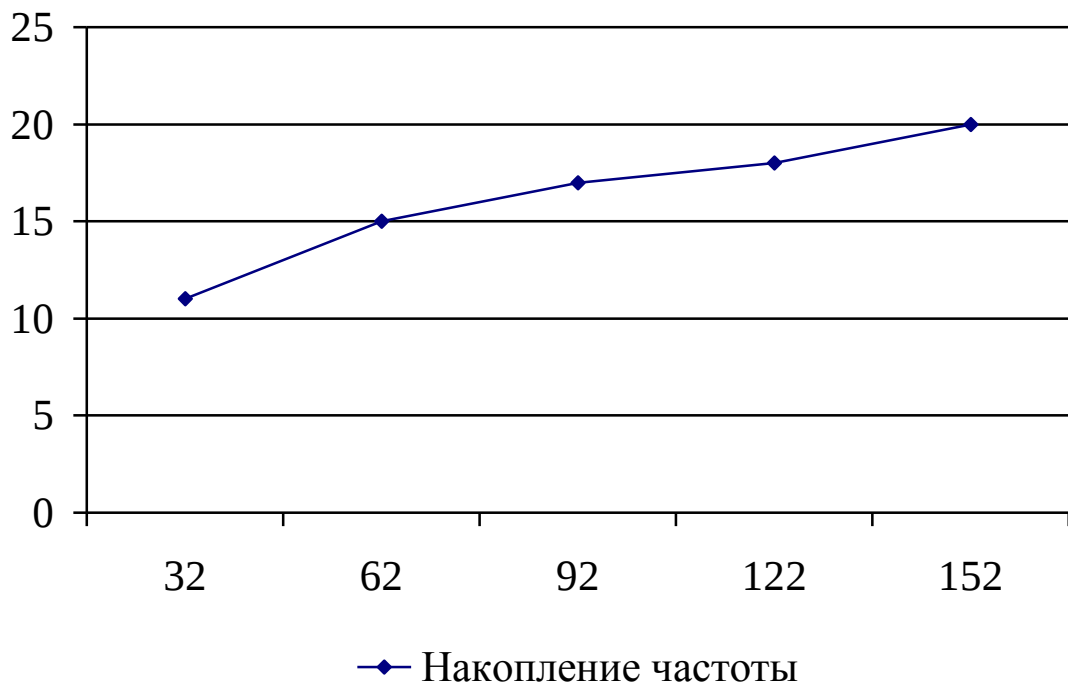


Рисунок 3 – Распределения признака в вариационном ряду по накопленным частотам в виде кумуляты

О г и в а

Огива строится аналогично кумуляте с той лишь разницей, что накопленные частоты помещают на оси абсцисс, а значения признака – на оси ординат (рисунок 4).



Рисунок 4 – Распределения признака в вариационном ряду по накопленным частотам в виде огивы

Огива, построенная по материалам сплошного перечёта деревьев, выражает строение древостоя по диаметру. Предоставляет ряд распределения деревьев по естественным и условным ступеням толщины и рядов относительных значений диаметров деревьев по рангам. Метод условных ступеней обеспечивает сравнимость между собой любых рядов распределения деревьев по ступеням признака, а метод редукционных чисел с ранжированием деревьев по диаметру – возможность выражения строения одновременно по всем таксационным признакам.

Редукционное число (от лат. *reductio* – возвращение, восстановление) в таксации, относительная величина, получаемая делением абсолютного значения того или иного таксационного показателя дерева на среднее значение этого показателя для древостоя. Применяется при изучении и выявлении общих закономерностей в строении древостоев и их особенностей в зависимости от влияния различных факторов.

Чтобы привести ряды распределения деревьев и древостоев к сопоставимому виду, советский учёный А.В. Тюрин (1945) ввёл в лесную таксацию адекватное понятие «естественные ступени», которые представляют собой ряды относительных значений таксационных показателей, выраженных в десятых долях от их средних величин, принимаемых за 1,0. Процентное распределение деревьев по естественным ступеням толщины не зависит от породы, класса бонитета и полноты, незначительная зависимость имеется от возраста и в большей мере – от характера рубок ухода. Редукционное число самого тонкого дерева в древостое равно половине среднего диаметра (0,5 dcp), самого толстого – 1,7 dcp. Суммарное число стволов в ступенях толщи-

ны меньше среднего по диаметру дерева равно 58%, т.е. среднее по диаметру дерево находится на 58-м ранге по проценту числа стволов, начиная с самой тонкой ступени толщины. Редукционное число по площади сечения и по объёму стволов, так же как их ряды распределения, близки между собой. Например, редукционное число самых тонких деревьев древостоя по площади сечения составляют 0,25, по объёму 0,22, самых толстых – 2,9. Таким образом, объём самого тонкого дерева – 22%, а самого толстого – 290% от объёма среднего дерева. По высоте редукционные числа меняются от 0,8 (самое низкое) до 1,15 (самое высокое) высоты среднего дерева.

Полученные закономерности позволяют судить о границах изменения и средних значениях отдельных таксационных показателей древостоев. Они облегчают изучение леса и служат основой для разработки лесотаксационных нормативов, в частности товарных таблиц и рациональных методов учёта лесной продукции.

Задание

По данным перечёта деревьев составить ряды распределения, по ним построить графики и выявить закономерности роста и дифференциации деревьев, строения и формирования древостоя в целом. Те же закономерности выявить с помощью редукционных чисел.

5 ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ – ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ ШКАЛ, АПРОБИРОВАННЫХ В ПРАКТИКЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ; ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЕВ

Цель работы: усвоение методик лесопатологического мониторинга лесов.

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы, калькуляторы.

Теоретические положения

Лесопатологический мониторинг – система оперативного и постоянного контроля над проявлением, распространением и развитием очагов энтомо- и фитопатологий, за состоянием леса, поражением лесов воздействием природных и антропогенных факторов, с целью своевременного планирования и проведения лесозащитных мероприятий.

Включает в себя: анализ состояния насаждений, популяций лесных насекомых и патогенов конкретной экологической обстановки, а также прогнозирование динамики численности насекомых, развития болезней леса и степени их воздействия на лесные биогеоценозы. Включает и принятие решений по сохранению лесной обстановки.

Систему лесопатологического мониторинга организуют сочетания дистанционного и наземного средства наблюдений за лесным фондом, а также с

помощью автоматизированных средств и методов анализа, обработки, документирования и хранения информации, что многократно повышает качество и скорость мониторинга.

Дистанционный способ сейчас главным образом базируется на применении БПЛА (беспилотный летательный аппарат), и системы спутниковой навигации.

В настоящее время для оценки степени поврежденности насаждений, деревьям разной категории состояния придают следующие коэффициенты: здоровому неповрежденному дереву – 0, поврежденному (ослабленному) – 30%, сильно поврежденному – 60%, усыхающему – 95%, сухостойю – 100%.

Поврежденность древостоя (D_v , %) рассчитывается по формуле 6:

$$D_v = 30 \times U_2 + 60 \times U_3 + 95 \times U_4 + 100 \times U_5 / V$$

где U_2 - U_5 – объем древесины стволов поврежденных, сильно поврежденных, усыхающих деревьев и сухостоя на пробной площади или 1 га, m^3 ;

V – общий запас древесины деревьев древостоя на пробной площади или 1 га (включая объем здоровых деревьев), m^3 .

При показателе D_v менее 20% древостой считается здоровым, при 20-49% – поврежденным, при 50-79% – сильно поврежденным и при 80% и более – разрушенным (Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. - Лесоведение, 1989, N 4, с. 51-57).

Способ дистанционной оценки состояния древостоев (Мухамедшин К.Д., Солдатченков В.И.).

Оценка состояния древостоев определяется по интегральному индексу отражения (ИИО), представляющему отношение отраженных электромагнитных излучений в инфракрасной (ик = 900 нм) и красной (кр = 670 нм) зонах спектра. ИИО чувствителен к изменению окраски, содержанию хлорофилла, влажности и массы листьев и хвои. Основным преимуществом ИИО является его постоянство при изменении погодных условий.

ИИО регистрируется переносным фотометром с цифровой индексацией, изготовленным Ленинградским агрофизическим институтом в 1990 году (Договор 15-89 от 27. X. 1989 г.). Прибор предназначен для измерения ИИО природных объектов, как в наземных условиях, так и с борта вертолета, различных вышек и передвижных платформ. Он может использоваться для контроля динамики роста надземной фитомассы, идентификации почв и растений, оценки фитосанитарного состояния насаждений.

Проведенные полевые исследования показали, что насаждения различного видового состава характеризуются определенными ИИО. Так, в сосновых древостоях он колеблется от 8,04 до 11,50, в березовых – от 16,74 до 19,52; в осиновых – до 20,80; в еловых – до 12,20, а в смешанных осиново-березовых насаждениях он достигает 21,14. С усыханием древостоя в результате антропогенного воздействия, повреждения его насекомыми и болезнями

ИИО резко падает и достигает значений от 4,20 в еловых до 5,12 в осиновых древостоях.

В результате проведения полевых исследований выявлена зависимость степени поврежденности древостоев от интегрального индекса отражения в лиственных и хвойных насаждениях. Для определения степени поврежденности древостоя определяется ИИО аналогичного по лесоводственно-таксационным параметрам неповрежденного (здорового) насаждения. Каждой степени поврежденности соответствует определенный процент от ИИО здорового насаждения (таблица 8).

Таблица 8 – Определение степени поврежденности лиственных и хвойных древостоев по интегральному индексу отражения

Степень состояния (поврежденности) древостоев, %	Насаждения	
	лиственные	хвойные
	% от ИИО здорового насаждения	
< 20 (здоровый)	> 58	> 44
20-49 (поврежденный)	57-29	43-22
50-79 (сильно поврежденный)	28-18	21-14
> 80 (разрушенный)	< 18	< 14

Данный способ дистанционной оценки степени состояния и поврежденности древостоев позволяет более объективно, точно и оперативно определять степень повреждений биотическими и абиотическими факторами.

Оценка относительного жизненного состояния (ОЖС) насаждений проводится по методике В.А. Алексеева и др. (1990). При этом учитываются такие таксационные показатели древостоя, как густота кроны (в % от нормальной густоты), наличие на стволе мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе), степень повреждения листьев токсикантами, патогенами и насекомыми (средняя площадь некрозов, хлорозов и объединенной в % от площади листа).

При показателе от 100 до 80% жизненное состояние древостоя считается здоровым, при 79-50% – ослабленным, при 49-20% – сильно ослабленным, при 19% и ниже – полностью разрушенным. Оценивается ОЖС каждого отдельного дерева (Алексеев и др., 1990; Методы изучения..., 2002) с последующим расчетом жизненного состояния всего насаждения.

Задание

Определить оценку относительного жизненного состояния (ОЖС) насаждений по методике В.А. Алексеева.

6 ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ ОЦЕНОЧНЫХ ШКАЛ

Цель работы: усвоить принцип построения оценочных шкал.

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы, калькуляторы.

Теоретические положения

В лесокультурных исследованиях для оценки состояния лесных культур используют шкалы, с помощью которых устанавливают степень их повреждения болезнями и вредителями, зимостойкость культивируемых растений, другие количественные или качественные признаки. Существует 2 типа шкал – параметрические и непараметрические.

Параметрические шкалы применяют в случае, когда в распределении случайных величин определено стандартное отклонение σ . Сигмальная структура шкал является теоретически более обоснованной, так как исходит из свойств закона нормального распределения Лапласа-Гаусса и других кривых, имеющих точки перегиба, которые у кривых второго порядка и выше ограничивают качественные изменения признака. В симметричной кривой Лапласа-Гаусса точки перегиба ограничивают на оси X стандартное отклонение $-\sigma$ и $+\sigma$, являющееся нормой типичности изучаемого признака. При этом центром типичности кривой нормального распределения является среднее значение признака. В нормальном распределении может быть построено несколько шкал с различными границами типичности:

- ✓ 2-балльная (альтернативная), в которой варианты классифицируют по признаку: больше или меньше средней;
- ✓ 3-балльная шкала: $< -\sigma$; $-\sigma + \sigma$; $> +\sigma$;
- ✓ 4-балльная шкала: $< -\sigma$; $M - \sigma$; $M + \sigma$; $> +\sigma$;
- ✓ 6-балльная шкала: $-3\sigma - 2\sigma$; $-2\sigma - \sigma$; $M - \sigma$; $M + \sigma$; $+\sigma + 2\sigma$; $+2\sigma + 3\sigma$;
- ✓ 8-балльная шкала. В норм. Распред. в амплитуде колебаний признака $-3\sigma + 3\sigma$ заключено 99,7% числа вариантов, остальные варианты в количестве 0,3% выходят за границы $-3\sigma + 3\sigma$. Указанные 0,3% числа вариантов являются нетипичными, хотя и отн. к изучаемой совокупности.
- ✓ увеличивая число баллов оценки в два раза (путем уменьшения интервала шкалы до $0,5\sigma$), получают 12-балльную шкалу, а с учетом вариантов, выходящих за пределы $-3\sigma + 3\sigma$ – 14-балльную.

В параметрических шкалах размер интервала баллов устанавливают по формуле: $k = 0,6\sigma$.

Рассмотренные выше методические подходы к составлению монотипичной шкалы используют при изучении одного отдельного признака. Но все биологические объекты имеют много признаков; при их изучении методически более целесообразно составлять не монотипичные, а политипичные шкалы.

Для построения **непараметрических** шкал не требуется вычисления параметров совокупности, таких как среднее значение и стандартное отклонение. При составлении непараметрических балльных шкал необходимо соблюдать следующие методические положения:

- ✓ направление изменения – возрастание или убывание баллов шкалы должно логически соответствовать ее сути и названию. Например, зимостойкость растений можно оценивать по шкале в порядке возрастания величины баллов или ее снижения;
- ✓ баллы шкалы лучше отсчитывать от 0 для удобства математической обработки и графического представления;
- ✓ число баллов в шкале должно приблизительно соответствовать числу классов в вариационной статистике (обычно от 8 до 14). Минимально допустимое – 5, максимально – 21. Использование менее 5 ведет к чрезмерному упрощению анализа и снижению точности; более 21 – к привнесению в анализ излишних мешающих подробностей. Оптимальное число баллов в шкале равно 10-12;
- ✓ применяют равные размеры интервалов при этом использование равных и неравных интервалов должно быть логически обоснованным. Например, в таксации успешно применяют равномерную шкалу оценки древостоев по классам возраста и неравномерную – по группам возраста.

В лесокультурном производстве в нормативном порядке по комплексу признаков (средняя ширина междурядий, средняя высота и число жизнеспособных культивируемых растений на 1 га) установлена 4-балльная шкала оценки качества культур (неудовл., удовл., хор., отл.). Такая шкала оценки качества культур в целом соответствует потребностям лесокультурного производства, несмотря на очевидные упрощения.

Задание

С целью избежать, по возможности, недостатков при построении шкалы оценки качества лесных культур:

- дифференцировать оценку качества по каждому оценочному показателю, разработав для каждого из них монотипичные шкалы балльной оценки;
- построить интегральную шкалу оценки качества лесных культур с использованием полученных монотипичных шкал (с учетом веса оценочных показателей);
- трансформировать построенную политипичную шкалу в вид, пригодный для использования в практическом лесоводстве при оценке качества лесных культур.

7 ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Цель работы: усвоение методов статистического анализа

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы, калькуляторы.

Теоретические положения

Первичный материал любого научного исследования фиксируется в соответствующих документах учета данных (полевой журнал, перекладная ведомость и т.п.). Эти данные группируются по определенным признакам для дальнейшего их анализа (вариационные ряды).

Основной характеристикой любого статистического ряда является средняя арифметическая ($\bar{X}$), которая определяется по формуле 7:

$$\bar{X} = \sum X / N \quad (7)$$

где $\sum X$ – сумма всех членов ряда;

N – число членов ряда.

Ошибку средней арифметической (m_x) определяют по соотношению 8:

$$m_x = \sigma \sqrt{N} \quad (8)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение значений членов ряда от их средней арифметической.

Среднее квадратическое отклонение вычисляют по соотношению 9:

$$\sigma = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 / N} \quad (9)$$

где X_i – член статистического ряда.

Достоверность средней арифметической оценивают по критерию Стьюдента (t), который определяется по формуле 10:

$$t = \bar{X} / m_x \quad (10)$$

Среднюю арифметическую считают достоверной, если $t > t_{\text{табл}}$. Табличное значение критерия Стьюдента ($t_{\text{табл}}$) определяют по таблице 9, учитывая число степеней свободы (ν), которое определяется по соотношению 11:

$$\nu = N - 1 \quad (11)$$

Данные таблицы характеризуются достоверностью средней арифметической на доверительном уровне 95% или 99%.

Если $t > t_{\text{табл}}$, то или недостаточен объем выборки статистического ряда, или размах колебаний числовых значений членов ряда (вокруг средней арифметической) слишком велик (следует увеличить точность измерений).

Таблица 9 – Значения критерия Стьюдента ($t_{\text{табл}}$)

v	Достоверный уровень, %		v	Достоверный уровень, %	
	95	99		95	99
1	12,7	63,7	13	2,2	3,0
2	4,3	9,9	14-15	2,1	3,0
3	3,2	5,8	16-17	2,1	2,9
4	2,8	4,6	18-20	2,1	2,9
5	2,6	4,0	21-24	2,1	2,8
6	2,4	3,7	25-28	2,1	2,8
7	2,4	3,5	29-30	2,0	2,8
8	2,3	3,4	31-34	2,0	2,7
9	2,3	3,3	35-42	2,0	2,7
10	2,2	3,2	43-62	2,0	2,7
11	2,2	3,1	63-175	2,0	2,6
12	2,2	3,1	>175	2,0	2,6

Ошибка среднего квадратического отклонения (m_σ) определяется по формуле 12:

$$m_\sigma = \sigma / \sqrt{2N} \quad (12)$$

Коэффициент вариации ряда (V , %) – по зависимости 13:

$$V = 100 \sigma / \bar{X} \quad (13)$$

Чем выше коэффициент вариации, тем меньше выравненность измеренных величин членов ряда. Принято считать, что при $V < 10\%$ варьирование членов ряда низкое, при $10\% < V < 20\%$ – среднее; при $V > 20\%$ – высокое.

Показатель обратный коэффициенту вариации называют коэффициентом выравненности (B , %), определяется по формуле 14:

$$B = 100 - V \quad (14)$$

Ошибка коэффициента вариации (m_v) вычисляется по соотношению 15:

$$m_v = V \sqrt{(0,5 + 0,0001V^2) / N} \quad (15)$$

Точность (P , %) статистического ряда выражают через равенство (16):

$$P = 100m_x / \bar{X} \quad (16)$$

Ошибка точности (m_p) определяют по формуле 17:

$$m_p = P\sqrt{1/2N + (P/100)^2} \quad (17)$$

Пример: В результате измерений диаметров стволов получили следующий статистический ряд:

Диаметр, см	11	13	14	15	16	17	18	20	21
Частота, шт.	1	1	2	7	1	3	3	2	1

При обработке этого статистического ряда по выше описанным формулам получили следующие характеристики (таблица 10).

Таблица 10 – Параметры статистического ряда диаметров стволов

Параметр	$\bar{X} \pm m_x$	$\sigma \pm m_\sigma$	t	$t_{\text{табл}}$	$V \pm m_v$	$P \pm m_p$
Значение	16,2±0,55	2,44±0,39	29,67	2,1	15,07±2,44	3,37±0,54

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы: средний диаметр ствола находится в пределах от 15,65 до 16,75 см при 95% доверительном уровне, среднем варьировании измеренных значений и ошибкой измерения, равной около 3,37%.

Задание

Повести обработку статистического ряда по выше описанным формулам, определить все параметры ряда.

8 КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Цель работы: усвоение методики корреляционного анализа данных научных исследований

Материалы и оборудование: плакаты, таблицы, калькуляторы.

Теоретические положения

В количественных соотношениях математики, физики, астрономии и других наук определенному значению одной величины соответствует конкретное значение другой. Например, связь между радиусом окружности (r) и её длиной (C) определяется формулой $C = 2\pi r$; площадь квадрата вычисляют по длине одной из его сторон; силу тока (I) выражают через напряжение (E) и сопротивление (R) в виде $I = E / R$ и т.п. Такие связи между переменными величинами называют функциональными и выражают в виде $y = f(x)$, где y – функция, x – аргумент или независимая переменная.

В лесокультурном производстве связи между изучаемыми величинами, как правило, не функциональны, т.е. функция (y) изменяется не только под влиянием аргумента (x), но и других факторов, учесть которые эксперимен-

татор не в состоянии. Поэтому каждому значению аргумента (x) соответствует несколько значений функции (y), группирующихся около её некоторой средней величины ($\bar{y}$). Такую статистическую связь называют корреляционной (от лат. correlatio – связь, соотношение).

Например, при поиске связи между атмосферными осадками и приростом, независимой переменной или аргументом будут осадки (x), а зависимой переменной или функцией является прирост (y).

Однако встречаются случаи, когда между двумя связанными друг с другом явлениями трудно выделить аргумент и функцию. Тогда условно одно явление принимают за аргумент (x), а другое – за функцию (y). Например, при поиске связи между диаметром (d , см) и высотой деревьев (H , м) в лесном насаждении можно рассматривать два вида связи: $d = f(H)$ и $H = f(d)$.

Корреляционная связь между признаками бывает линейной и нелинейной, положительной и отрицательной, парной и множественной. Поэтому задачей корреляционного анализа является установление направления (положительное или отрицательное) и формы (линейная или нелинейная) связи между варьирующими признаками.

Для измерения связи между варьирующими признаками между парными переменными служит коэффициент корреляции (r), который вычисляется по формуле 18:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (18)$$

где $\bar{x}$ – среднее арифметическое значений x ;

$\bar{y}$ – среднее арифметическое значений y .

Коэффициент корреляции изменяется от +1 до -1, характеризуя положительную или отрицательную связь. Если коэффициент корреляции равен единице (со знаком минус или плюс), то связь между признаками функциональная.

Среднюю квадратическую ошибку коэффициента корреляции (σ_r) можно определить по зависимости 19:

$$\sigma_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}, \quad (19)$$

где n – численность выборки или число пар наблюдений.

Для малых и средних значений коэффициентов корреляции по формуле 20:

$$\sigma_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}, \quad (20)$$

Вероятная ошибка коэффициента корреляции составляет (формула 21):

$$E_r = \pm 0,67 \cdot \sigma_r \quad (21)$$

Считают (Уланова Е.С., 1964), что если $r > 4E_r$, то связь доказана.

Для измерения степени нелинейной связи между парой (y) и (x) переменных служит корреляционное отношение (η), вычисляемое по формулам 22-23:

$$\eta_{yx} = \sqrt{\sum f_x(\bar{y}_x - \bar{y})^2 / \sum f_y(y_i - \bar{y})^2} \quad (22)$$

$$\eta_{xy} = \sqrt{\sum f_y(\bar{x}_y - \bar{x})^2 / \sum f_x(x_i - \bar{x})^2} \quad (23)$$

где $\bar{y}$ и $\bar{x}$ – общие средние арифметические;

$\bar{y}_x$ и $\bar{x}_y$ – групповые средние арифметические;

f_y – частоты ряда y;

f_x – частоты ряда x.

Чтобы вычислить корреляционное отношение по формулам 22-23 необходимо (Лакин Г.Ф., 1990):

1. сгруппировать первичные данные в форме корреляционной таблицы;
2. определить общие ($\bar{y}$ и $\bar{x}$) и групповые ($\bar{y}_x$ и $\bar{x}_y$) средние арифметические;
3. возвести в квадрат отклонения групповых средних от общей средней данного ряда распределения, умножить на соответствующие частоты (f_i) и результаты сложить;
4. умножить сумму квадратов отклонений классовых вариантов от их средних на частоты этих отклонений и результаты сложить;
5. подставить полученные данные в формулу 22 или 23.

Корреляционное отношение изменяется от 0 до 1, являясь величиной положительной.

Для того чтобы показать, какая доля вариации (%) одного признака находится под влиянием другого признака, используют **коэффициенты детерминации**. При линейной связи коэффициент детерминации – это квадрат коэффициента корреляции (r^2), а при нелинейной связи – квадрат корреляционного отношения (η^2).

О сильной связи между признаками судят лишь тогда, когда коэффициент детерминации равен около 50%, т.е. при $\eta \geq 0,7$. Средней считают связь, при которой $\eta = 0,5-0,6$. Значения коэффициентов корреляции или корреляционных отношений менее 0,5 (только 25% вариации одного признака зависит от другого) характеризуют слабую связь.

Форму связи (линейная или нелинейная) оценивают по соотношению 24:

$$\Psi = \eta^2 - r^2 \quad (24)$$

Если $\psi \leq 0$, то связь между признаками линейная, а если $\psi > 0$ – нелинейная.

Для проверки гипотезы о форме связи между переменными величинами применяют также *критерий Блекмана* (формула 25):

$$B = N \cdot (\eta^2 - r^2) \% 11,37 \quad (25)$$

где N – объем выборки.

Если связь линейная, то $B \leq 11,37$; если $B > 11,37$, то связь нелинейная.

В лескультурном производстве применяют также анализ множественных корреляционных отношений. Тесноту связи при этом оценивают коэффициентом множественной корреляции. Например, при влиянии на результативный признак (y) факториальных признаков (x) и (z) коэффициент множественной корреляции (R) вычисляют по соотношению 26:

$$R_{y(xz)} = \sqrt{\frac{(r_{yx}^2 + r_{yz}^2 - 2r_{yx} \cdot r_{yz} \cdot r_{xz})}{(1 - r_{xz}^2)}} \quad (26)$$

где r_{yx} , r_{yz} и r_{xz} – коэффициенты линейной корреляции между соответствующими парами признаков.

Если на результативный признак влияют три факториальных признака, то коэффициент множественной линейной корреляции определяют по уравнению 27:

$$R_{y(xzw)} = \sqrt{1 - \left(\frac{D}{D_o}\right)} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \text{где } D &= 1 - r_{yx}^2 - r_{yz}^2 - r_{yw}^2 - r_{xz}^2 - r_{xw}^2 - r_{zw}^2 + r_{yx}^2 \cdot r_{zw}^2 + r_{yz}^2 \cdot r_{xw}^2 \\ &\quad + 2(r_{xz} \cdot r_{xw} \cdot r_{zw} + r_{zw} \cdot r_{yw} \cdot r_{yz} + r_{yx} \\ &\quad - 2(r_{yx} \cdot r_{yw} \cdot r_{xz} \cdot r_{zw} + r_{yw} \cdot r_{yz} \cdot r_{xz} \cdot r_{xw} + r_{yx} \\ D_0 &= 1 - r_{xz}^2 - r_{zw}^2 - r_{xw}^2 + 2r_{xz} \cdot r_{xw} \cdot r_{zw} \end{aligned}$$

Задание

Рассчитать коэффициенты корреляции и корреляционные отношения.

Литература

1. Ивнонин В.М., Пеньковский Н.Д. Лесомелиорация ландшафтов. Научные исследования. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003.- 150 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработкой результатов исследований): Учебник. 2-е изд., переработанное и дополненное. М., 1968. 336 с.
3. Ивонин В. М. Лесные мелиорации ландшафтов: Учебное пособие для вузов. Ростов н/Д, 2001. 188 с.
4. Маркова, И.А. Современные проблемы лесовыращивания (Лесокультурное производство) [Текст]: учеб. пособие для студ., магист. и асп. спец. 250201 – «Лесное хозяйство» /И.А. Маркова. – СПб.: СПбГЛТА, 2008. – 156с.
5. Волынцев А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений [Электронный ресурс] монография / А.П. Волынцев; под ред. Т.С. Климович. - Электрон. дан. – Минск: Белорусская наука, 2013. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru> (10.04.2015)

Учебное издание

Таран Сергей Сергеевич

ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛЕСОКУЛЬТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Практикум

для аспирантов направления «Лесное хозяйство»
направленности «Лесные культуры, селекция, семеноводство»

Компьютерный набор авторский

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16

Объем уч. изд.

Тираж

экз.

Заказ

Отдел оперативной полиграфии НИМИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ
346428, г. Новочеркасск, ул.Пушкинская, 111