

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кафедра таксації лісу та лісового менеджменту

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІ лісового і садово-паркового господарства

проф. _____ П.І. Лакида

«_____» _____ 2020 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

Протокол № 13 від 10.06.2020 р.

Завідувач кафедри

проф. _____ А.М. Білоус

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Біометрія

(назва навчальної дисципліни)

Спеціальність 205 «Лісове господарство»,
206 «Садово-паркове господарство»

Освітня програма «Лісове господарство»
Освітня програма «Садово-паркове господарство»

ННІ лісового і садово-паркового господарства

Розробник: доц., к.с.-г.н., доц. Свинчук В.А.

Київ – 2020

**1. Опис навчальної дисципліни
Біометрія**

| Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь | | |
|--|--|-----------------------|
| Галузь знань | 20 «Аграрні науки та продовольство» | |
| Спеціальність | 205 «Лісове господарство» 206 «Садово-паркове господарство» | |
| Освітня програма | Лісове господарство, Садово-паркове господарство | |
| Освітній ступінь | Бакалавр | |
| Характеристика навчальної дисципліни | | |
| Вид | Обов'язкова | |
| Загальна кількість годин | 120 | |
| Кількість кредитів ECTS | 4 | |
| Кількість змістових модулів | 3 | |
| Форма контролю | Екзамен | |
| Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання | | |
| | денна форма навчання | заочна форма навчання |
| Рік підготовки | 2 | 2 |
| Семестр | 4 | 4 |
| Лекційні заняття | 30 год. | 8 год. |
| Практичні, семінарські заняття | 30 год. | 8 год. |
| Самостійна робота | 60 год. | 104 год. |
| Індивідуальні завдання | | |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента – | 4 год. 4 год. | |

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – оволодіння методами і технікою дослідження, чисельного опису та математичного моделювання об'єктів і явищ як предметів фахової діяльності бакалаврів лісового та садово-паркового господарства.

Завдання:

- ознайомлення з основними теоретичними і методичними напрямками застосування біометрії в лісовому і садово-парковому господарстві;
- освоєння основних засобів організації, планування і здійснення експерименту та спостереження в лісовій і садово-парковій справі;
- оволодіння основними принципами математичного моделювання об'єктів господарювання виходячи із позицій системного підходу;
- вивчення теорії та практики побудови моделей методами математичної статистики як основного класу моделей, що застосовуються в лісовій і садово-парковій справі;
- вивчення основ теорії вимірювання і помилок;
- набуття навичок верифікації, інтерпретації та практичного застосування математичних моделей.

За результатами вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- способи збору лісівничої інформації та її ступення;
- принципи математичного моделювання об'єктів дослідження;
- засоби організації, планування і здійснення експерименту на лісгосподарському виробництві;
- теорію та практику побудови основних класів математичних моделей, що застосовуються у лісовій справі;
- питання верифікації, інтерпретації та практичного застосування математичних моделей.

вміти:

- застосовувати методи математичної статистики для розв'язування конкретних прикладних задач спеціальних дисциплін;
- розробляти прості математичні моделі, оцінювати їхню адекватність і точність;
- оцінювати та інтерпретувати багатомірні моделі системного плану, одержувані сучасними засобами обчислювальної техніки.

Набуття компетентностей:

Загальні компетентності (ЗК)

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу лісівничої інформації (ЗК6).

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК8).

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК9).

Фахові (спеціальні) компетентності (СК)

Здатність проводити лісівничі вимірювання та дослідження (СК2).

Здатність використовувати знання й практичні навички для аналізу біологічних явищ і процесів, біометричної обробки дослідних даних та їх математичного моделювання (СК3).

Здатність аналізувати стан дерев, лісостанів, особливості їх росту і розвитку на основі вивчення дослідних даних, літературних джерел та нормативно-довідкових матеріалів (СК4).

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи теорії ймовірностей

Тема лекційного заняття 1.

Вступ

Історія розвитку біометрії. А.Кетле, Ф.Гальтон, К.Пірсон, В.Госсет і Р.Фішер як найвизначніші вчені в області біометрії.

Основи біометричних методів та їхнього застосування. Роль біометричних методів у науковому тлумаченні явищ і процесів, що відбуваються в природі та зустрічаються в професійній діяльності працівників лісового і садово-паркового господарства.

Взаємозв'язок біометрії з базовими і спеціальними дисциплінами.

Тема лекційного заняття 2.

Основи теорії ймовірностей

Дослідження, дослід і випробування. Поняття події. Події вірогідні, неможливі і випадкові. Події рівноможливі, сумісні й несумісні. Повна група подій. Протилежні події. Випадки або шанси.

Сприятливі і несприятливі випадки. Класичне визначення ймовірності події. Властивості ймовірності.

Частота і частість події. Закон великих чисел. Статистичне визначення ймовірності події.

Сума і добуток подій, їхня геометрична інтерпретація.

Залежні й незалежні події. Теореми множення і додавання ймовірностей.

Тема лекційного заняття 3.

Розподіл випадкової величини

Випадкова величина як основний тип біометричних показників лісових і садово-паркових об'єктів. Поняття, види і приклади випадкових величин.

Поняття закону розподілу випадкової величини. Обмеженість застосування табличного і графічного способів подання закону розподілу. Функція і щільність розподілу, їхні властивості.

Змістовий модуль 2. Групування та статистична обробка науково-дослідних даних

Тема лекційного заняття 1.

Техніка вивчення випадкових величин

Генеральна сукупність. Вибіркові методи як основа одержання біометричної інформації. Поняття про простий випадковий відбір та репрезентативність вибірки.

Поняття про одномірну і багатомірну, «малу» й «велику» вибірки. Техніка зведення результатів «великої» кількості спостережень. Схематичне зображення рядів і таблиць розподілу випадкових величин. Гістограма. Кумулята.

Тема лекційного заняття 2.

Числові характеристики розподілу випадкової величини

Поняття про параметри і статистики. Середнє арифметичне значення як найголовніша числова характеристика. Властивості середнього арифметичного або пересічного значення.

Статистики положення або розміщення: середні значення (арифметичне, квадратичне, геометричне, гармонічне), квантилі, медіана, мода. Сфери їхнього застосування.

Статистики мінливості: розмах, дисперсія, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт мінливості. Поняття абсолютної та відносної мінливості випадкової величини.

Статистики форми розподілу: показник асиметрії (косості) і показник ексцесу (крутості чи стрімкості).

Поняття про статистичні моменти: початкові, центральні, основні. Взаємозв'язок між моментами і статистиками.

Тема лекційного заняття 3.

Основні закони розподілу випадкової величини

Поняття про теоретичний і емпіричний розподіли. Мета і суть моделювання емпіричних розподілів.

Закон нормального розподілу випадкової величини як найголовніший і найпоширеніший теоретичний розподіл. Функція і щільність нормального розподілу. Властивості щільності нормального розподілу. Правило «трьох сигм» і його графічна та практична інтерпретація.

Логарифмічно нормальний і узагальнений нормальний розподіли. Поняття про розподіл Вейбула і бета-розподіл. Техніка побудови їхніх моделей за результатами експериментальних спостережень.

Біноміальний розподіл та розподіл Пуассона як основні закони розподілу дискретних випадкових величин.

Приклади практичного використання щільності і функції закону розподілу випадкової величини.

Змістовий модуль 3. Аналіз даних та моделювання зв'язку між випадковими величинами

Тема лекційного заняття 1.

Оцінювання параметрів розподілу випадкової величини

Оцінювання як одне з основних завдань біометричних методів. Статистики як оцінки параметрів. Вимоги до оцінок: незміщеність, ефективність, спроможність. Точкове та інтервальне оцінювання. Довірчі інтервали й довірчі ймовірності.

Статистичні гіпотези. Перевірка гіпотез.

Помилки статистик. Поняття про χ^2 - і t -розподіли. Техніка їхнього використання при інтервальному оцінюванні параметрів.

Показник точності досліджу. Планування обсягу вибірки.

Поняття про F -розподіл. Техніка використання t - і F -розподілів при перевірці статистичних гіпотез.

Критерії згоди. Оцінювання відповідності закону розподілу емпіричним даним за допомогою критерію згоди Пірсона χ^2 .

Тема лекційного заняття 2.

Кореляційний аналіз

Характер і форма зв'язку (залежності) між величинами. Приклади функціональних і статистичних (кореляційних), прямих і обернених зв'язків. Точки, лінія і рівняння регресії. Тіснота залежності, лінійні й нелінійні зв'язки.

Коефіцієнт кореляції і кореляційне відношення, їхні властивості, техніка обчислення та способи оцінювання.

Міра лінійності. Схема оцінювання характеру і форми залежності між величинами за допомогою статистик зв'язку.

Поняття про множинний кореляційний аналіз. Множинний коефіцієнт кореляції. Явище елімінації. Частковий коефіцієнт кореляції. Коефіцієнт детермінації.

Оцінка зв'язку між якісними ознаками. Рангування. Рангова кореляція. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена.

Тема лекційного заняття 3.

Моделі зв'язку

Поняття моделі зв'язку. Приклади моделей зв'язку із лісової та садово-паркової справи.

Знаходження параметрів лінійного кореляційного рівняння за допомогою статистик розподілу і зв'язку.

Суть методу найменших квадратів. Знаходження параметрів регресійних рівнянь методом найменших квадратів.

Вигляд типових регресійних рівнянь для моделювання зв'язку в лісовій чи садово-парковій справі. Застереження щодо моделювання зв'язку. Перевірка адекватності моделі.

Оцінювання параметрів регресійних рівнянь. Стандартна помилка рівняння регресії.

Поняття множинної регресії та її основна мета. Оптимальність множинних регресійних рівнянь. Сучасні прикладні аспекти багатомірного регресійного аналізу.

Тема лекційного заняття 4. Основи дисперсійного аналізу

Ідея і суть дисперсійного аналізу. Передумови застосування.

Рівень фактора. Модель, котра описує структуру результату експерименту за умови вивчення впливу одного фактора.

Схема однофакторного дисперсійного аналізу. Загальна, міжгрупова і внутрігрупова девіації дисперсії.

Моделі дисперсійного аналізу в біологічних дослідженнях.

4. Структура навчальної дисципліни

– для повного і скороченого терміну навчання

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------|--------------|---|-----|-----|------|--------------|--------------|-----|-----|-----|------|----|
| | денна форма | | | | | | | Заочна форма | | | | | | |
| | тиж-ні | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | | |
| | | | л | п | лаб | інд | с.р. | | л | п | лаб | інд | с.р. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| Змістовий модуль 1. Основи теорії ймовірностей | | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Біометрія як наукова дисципліна. | 1 | 3 | 2 | | | | 1 | 3 | 0,5 | 0,5 | | | | 2 |
| Тема 2. Основи теорії ймовірностей | 2 | 6 | 2 | 2 | | | 2 | 6 | 0,5 | 0,5 | | | | 5 |
| Тема 3. Розподіл випадкової величини | 3 | 6 | 2 | 2 | | | 2 | 6 | 1 | 1 | | | | 4 |
| Разом за змістовим модулем 1 | | 15 | 6 | 4 | | | 5 | 15 | 2 | 2 | | | | 11 |
| Змістовий модуль 2. Групування та статистична обробка науково-дослідних даних | | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Техніка вивчення випадкових величин | 4 | 14 | 2 | 4 | | | 8 | 13,5 | 0,5 | 1 | | | | 12 |
| Тема 2. Числові характеристики розподілу випадкової величини | 5-6 | 16 | 4 | 4 | | | 8 | 18 | 1 | 2 | | | | 13 |
| Тема 3. Основні закони розподілу | 7-8 | 15 | 4 | 4 | | | 7 | 13,5 | 0,5 | 1 | | | | 12 |

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------|--------------|----|-----|-----|------|--------------|--------------|-----|-----|-----|------|-----|
| | денна форма | | | | | | | Заочна форма | | | | | | |
| | тиж-ні | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | | |
| | | | л | п | лаб | інд | с.р. | | л | п | лаб | інд | с.р. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| випадкової величини | | | | | | | | | | | | | | |
| Разом за змістовим модулем 2 | | 45 | 10 | 12 | | | 23 | 45 | 2 | 4 | | | | 39 |
| Змістовий модуль 3. Аналіз даних та моделювання зв'язку між випадковими величинами | | | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Оцінювання параметрів розподілу випадкової величини | 9-10 | 14 | 4 | 2 | | | 8 | 12,5 | 1 | 0,5 | | | | 11 |
| Тема 2. Кореляційний аналіз | 11-12 | 20 | 4 | 6 | | | 10 | 18 | 1 | 1 | | | | 16 |
| Тема 3. Моделі зв'язку | 13-14 | 18 | 4 | 4 | | | 10 | 18,5 | 1 | 0,5 | | | | 16 |
| Тема 4. Основи дисперсійного аналізу | 15 | 8 | 2 | 2 | | | 4 | 12 | 1 | | | | | 11 |
| Разом за змістовим модулем 3 | | 60 | 14 | 14 | | | 32 | 60 | 4 | 2 | | | | 54 |
| Усього годин | | 120 | 30 | 30 | | | 60 | 120 | 8 | 8 | | | | 104 |

5. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1. | Обчислення статистик розподілу при малій кількості спостережень | 2 |
| 2. | Обчислення ймовірностей | 1 |
| 3. | Контрольна робота | 1 |
| 4. | Стулення інформації | 4 |
| 5. | Обчислення статистик розподілу при великій кількості спостережень | 4 |
| 6. | Обчислення частот кривої нормального розподілу | 2 |
| 7. | Контрольна робота | 2 |
| 8. | Оцінювання відповідності емпіричного розподілу теоретичному закону | 2 |
| 9. | Оцінювання значущості зв'язку між випадковими величинами при малій кількості спостережень | 2 |
| 10. | Кореляційний аналіз | 4 |
| 11. | Обчислення параметрів регресійних рівнянь методом найменших квадратів | 4 |
| 12. | Контрольна робота | 2 |
| Разом | | 30 |

6. Самостійна робота під керівництвом НПП

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1. | Історія розвитку біометрії. Оформлення практичної роботи 1. | 1 |
| 2. | Основи теорії ймовірностей. Розв'язування задач. | 2 |
| 3. | Розподіл випадкової величини. Робота з конспектом та літературою. | 2 |
| 4. | Техніка вивчення випадкових величин. Оформлення практичної роботи 2. | 8 |
| 5. | Числові характеристики розподілу випадкової величини. Розв'язування задач. Оформлення практичної роботи 3. | 8 |
| 6. | Основні закони розподілу випадкової величини. Розв'язування задач. Оформлення практичної роботи 4. | 7 |
| 7. | Оцінювання параметрів розподілу випадкової величини. Розв'язування задач. Оформлення практичної роботи 5. | 8 |
| 8. | Кореляційний аналіз. Розв'язування задач. Оформлення практичних робіт 6-7. | 10 |
| 9. | Моделі зв'язку. Розв'язування задач. Оформлення практичної роботи 8. | 10 |
| 10. | Основи дисперсійного аналізу. Розв'язування задач. Остаточне оформлення практичних робіт | 4 |
| | Разом | 60 |

7. Індивідуальні завдання

Для виконання практичних робіт кожен студент отримує індивідуальне завдання. Його головною складовою є сформовані випадковим чином результати вибірових спостережень над трьома біометричними ознаками дерев у сосновому лісостані: діаметром на висоті грудей, см; висотою, м; об'ємом, м³. Окрім того, наводяться додаткові дані, які допомагають контролювати правильність розрахунків у ключових розділах:

- середні значення висоти і об'єму, обчислені в межах розрядів ряду розподілу діаметра (таблиця розподілу, робота 2);
- статистики розподілу дослідних випадкових величин та їхні основні помилки (робота 3);
- значення коефіцієнтів кореляції між дослідними випадковими величинами, знаходження одного з яких передбачено в розрахунках (робота 7).

Приклад індивідуального завдання Результати вимірювання стовбурів сосни

| № пп | Діаметр, см | Висота, м | Об'єм, м ³ | № пп | Діаметр, см | Висота, м | Об'єм, м ³ |
|------|-------------|-----------|-----------------------|------|-------------|-----------|-----------------------|
| 1 | 25,6 | 25,2 | 0,628 | 55 | 27,1 | 23,8 | 0,624 |
| 2 | 21,9 | 24,0 | 0,418 | 56 | 32,2 | 26,8 | 0,962 |
| 3 | 35,5 | 26,8 | 1,145 | 57 | 19,7 | 23,2 | 0,347 |
| 4 | 18,9 | 21,0 | 0,287 | 58 | 32,9 | 26,2 | 1,011 |
| 5 | 34,5 | 25,9 | 1,071 | 59 | 21,1 | 23,0 | 0,365 |
| 6 | 21,9 | 22,6 | 0,421 | 60 | 22,0 | 22,0 | 0,410 |
| 7 | 21,5 | 22,6 | 0,395 | 61 | 26,5 | 24,8 | 0,612 |
| 8 | 25,1 | 23,0 | 0,502 | 62 | 21,3 | 22,5 | 0,361 |
| 9 | 30,7 | 26,8 | 0,903 | 63 | 22,7 | 22,5 | 0,416 |
| 10 | 31,6 | 24,4 | 0,852 | 64 | 23,0 | 23,6 | 0,470 |
| 11 | 21,6 | 24,2 | 0,408 | 65 | 33,8 | 25,3 | 1,065 |
| 12 | 21,3 | 21,6 | 0,350 | 66 | 26,0 | 24,9 | 0,623 |

| № пп | Діаметр, см | Висота, м | Об'єм, м ³ | № пп | Діаметр, см | Висота, м | Об'єм, м ³ |
|---------|----------------|--------------|--------------------------|---------|----------------|--------------|--------------------------|
| 13 | 34,6 | 26,6 | 1,089 | 67 | 23,2 | 24,5 | 0,475 |
| 14 | 15,2 | 17,6 | 0,156 | 68 | 32,2 | 24,3 | 0,871 |
| 15 | 27,9 | 26,4 | 0,728 | 69 | 29,9 | 25,6 | 0,783 |
| 16 | 30,2 | 24,5 | 0,847 | 70 | 18,6 | 19,9 | 0,271 |
| 17 | 23,2 | 23,3 | 0,453 | 71 | 22,4 | 24,1 | 0,416 |
| 18 | 26,7 | 25,9 | 0,687 | 72 | 28,0 | 25,1 | 0,698 |
| 19 | 23,5 | 24,4 | 0,463 | 73 | 39,1 | 27,7 | 1,567 |
| 20 | 23,2 | 24,4 | 0,470 | 74 | 33,5 | 26,5 | 1,096 |
| 21 | 27,1 | 24,8 | 0,651 | 75 | 24,8 | 25,0 | 0,574 |
| 22 | 19,7 | 22,2 | 0,319 | 76 | 16,2 | 20,6 | 0,198 |
| 23 | 15,5 | 19,8 | 0,170 | 77 | 27,2 | 23,2 | 0,627 |
| 24 | 33,4 | 26,6 | 1,045 | 78 | 29,7 | 26,3 | 0,834 |
| 25 | 28,9 | 24,1 | 0,714 | 79 | 37,8 | 26,2 | 1,394 |
| 26 | 22,0 | 23,5 | 0,427 | 80 | 27,4 | 24,7 | 0,665 |
| 27 | 17,6 | 19,4 | 0,223 | 81 | 37,2 | 26,3 | 1,298 |
| 28 | 30,0 | 25,5 | 0,813 | 82 | 17,4 | 20,1 | 0,239 |
| 29 | 28,6 | 26,4 | 0,775 | 83 | 28,5 | 26,3 | 0,793 |
| 30 | 22,8 | 24,8 | 0,447 | 84 | 25,5 | 25,5 | 0,569 |
| 31 | 33,5 | 26,2 | 1,003 | 85 | 25,5 | 23,4 | 0,586 |
| 32 | 19,5 | 20,9 | 0,284 | 86 | 41,5 | 28,9 | 1,877 |
| 33 | 20,8 | 22,1 | 0,337 | 87 | 23,1 | 23,0 | 0,452 |
| 34 | 26,0 | 25,1 | 0,610 | 88 | 21,3 | 21,3 | 0,353 |
| 35 | 22,7 | 24,2 | 0,437 | 89 | 43,7 | 27,2 | 1,951 |
| 36 | 31,1 | 25,2 | 0,895 | 90 | 16,5 | 20,8 | 0,199 |
| 37 | 36,4 | 25,6 | 1,199 | 91 | 32,4 | 24,4 | 0,951 |
| 38 | 27,4 | 25,4 | 0,678 | 92 | 30,2 | 26,7 | 0,887 |
| 39 | 32,6 | 26,4 | 1,001 | 93 | 28,8 | 25,0 | 0,781 |
| 40 | 34,7 | 26,8 | 1,142 | 94 | 18,0 | 21,4 | 0,246 |
| 41 | 40,8 | 25,1 | 1,581 | 95 | 20,3 | 23,0 | 0,337 |
| 42 | 30,2 | 26,4 | 0,819 | 96 | 28,8 | 26,2 | 0,768 |
| 43 | 29,3 | 26,2 | 0,819 | 97 | 22,4 | 23,0 | 0,433 |
| 44 | 29,4 | 24,9 | 0,753 | 98 | 23,0 | 24,3 | 0,494 |
| 45 | 22,1 | 22,9 | 0,408 | 99 | 24,0 | 24,5 | 0,526 |
| 46 | 21,8 | 23,7 | 0,419 | 100 | 25,1 | 23,9 | 0,563 |
| 47 | 29,5 | 27,1 | 0,876 | 101 | 24,1 | 22,3 | 0,503 |
| 48 | 19,8 | 23,2 | 0,330 | 102 | 21,7 | 24,3 | 0,406 |
| 49 | 28,8 | 26,6 | 0,763 | 103 | 15,2 | 18,8 | 0,162 |
| 50 | 25,5 | 22,9 | 0,521 | 104 | 38,5 | 25,5 | 1,324 |
| 51 | 33,0 | 26,8 | 1,033 | 105 | 19,9 | 23,4 | 0,342 |
| 52 | 33,2 | 25,3 | 0,971 | 106 | 22,3 | 22,7 | 0,398 |
| 53 | 20,4 | 23,4 | 0,338 | 107 | 17,4 | 20,9 | 0,240 |
| 54 | 31,8 | 26,7 | 0,989 | – | – | – | – |

| Діаметр | Середні значення | |
|---------|------------------|--------|
| | висоти | об'єму |
| 16 | 19,88 | 0,2000 |
| 20 | 22,52 | 0,3619 |
| 24 | 23,76 | 0,4720 |
| 28 | 25,36 | 0,7091 |
| 32 | 25,84 | 0,9263 |
| 36 | 26,43 | 1,1714 |
| 40 | 27,00 | 1,6000 |
| 44 | 27,00 | 2,0000 |

Статистики (перший рядок) та їхні помилки (другий рядок)

| Випадкова величина | \bar{X} | σ | v | A | E | P |
|--------------------|------------------|------------------|-------------|---------------|---------------|-----|
| Діаметр | 26,43 0,607 | 6,28 0,429 | 23,8 1,7 | 0,37 0,24 | -0,35 0,47 | 2,3 |
| Висота | 24,25 0,205 | 2,12 0,145 | 8,8 0,60 | -0,55 0,24 | 0,05 0,47 | 0,8 |
| Об'єм | 0,6617 0,0349 | 0,3611 0,0247 | 54,6 4,7 | 1,14 0,24 | 1,54 0,47 | 5,3 |

Кореляційна матриця

| | Діаметр | Висота | Об'єм |
|---------|---------|--------|-------|
| Діаметр | 1 | 0,826 | 0,943 |
| Висота | 0,826 | 1 | 0,787 |
| Об'єм | 0,943 | 0,787 | 1 |

8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентів

Теоретичні питання до екзамену з біометрії

1. Що таке біометрія? Який взаємозв'язок між біометрією, математичною статистикою і теорією ймовірностей?
2. Які основні періоди розвитку біометрії?
3. Що таке подія? Наведіть класифікацію подій.
4. Сформулюйте класичне визначення ймовірності події.
5. Що таке частота події? Частість? Сформулюйте статистичне визначення ймовірності події.
6. Поняття і види випадкових величин? Наведіть приклади випадкових величин з лісової або садово-паркової справи.
7. Закон розподілу випадкової величини і які є способи його подання?
8. Функція розподілу випадкової величини і які її властивості?
9. Щільність розподілу випадкової величини і які її властивості?
10. Що таке генеральна сукупність? Унаслідок чого виникає необхідність вибірових спостережень?
11. Охарактеризуйте простий випадковий відбір.
12. Що таке одномірна і багатомірна, «мала» й «велика» вибірки?
13. Техніка побудови рядів розподілу?
14. Наведіть схематичне і графічне зображення ряду розподілу.
15. Наведіть схематичне зображення таблиці розподілу.
16. Охарактеризуйте основні властивості середнього арифметичного значення.
17. Якими показниками характеризується мінливість випадкової величини і як вони обчислюються?
18. Що таке асиметрія і ексцес ряду розподілу? Як вони обчислюються?
19. У чому полягає мета і суть моделювання емпіричних розподілів?
20. Наведіть формулу і покажіть графічне зображення функції нормального розподілу.
21. Наведіть формулу, покажіть графічне зображення і охарактеризуйте щільність нормального розподілу.
22. Сформулюйте і проілюструйте «правило трьох сигм».
23. Охарактеризуйте логнормальний розподіл.
24. Охарактеризуйте узагальнений нормальний розподіл.
25. Охарактеризуйте трипараметричний розподіл Вейбула.
26. Що таке бета-розподіл? У чому його принципова перевага над іншими моделями розподілу?
27. Охарактеризуйте біноміальний розподіл.
28. Охарактеризуйте розподіл Пуассона.
29. Чому статистики називають оцінками параметрів?
30. Сформулюйте основні вимоги, яким повинні відповідати оцінки параметрів.
31. У чому суть інтервального оцінювання параметрів? Що таке довірчий інтервал, довірна ймовірність і рівень значущості?
32. Поясніть зміст і особливості застосування основної помилки середнього значення.
33. Поясніть зміст показника точності.
34. Планування обсягу вибірки.
35. Що таке статистична гіпотеза? Як з'являються помилки першого і другого роду?
36. Як перевіряється гіпотеза про однаковість середніх значень двох сукупностей?
37. Що таке критерій згоди? Яка схема застосування критерію згоди Пірсона χ^2 ?
38. Які зв'язки називаються функціональними? Наведіть приклади.
39. Які зв'язки називаються статистичними? Наведіть приклади.
40. Що таке коефіцієнт кореляції? Як він обчислюється та які його властивості?

41. Як оцінюється значущість коефіцієнта кореляції?
42. Що таке кореляційне відношення? Як воно обчислюється і які його властивості?
43. Як оцінюється характер і форма залежностей між величинами за допомогою статистик зв'язку?
44. Як і з якою метою обчислюється множинний коефіцієнт кореляції?
45. За якою формулою обчислюється коефіцієнт рангової кореляції Спірмена і як оцінюється його значущість?
46. Як обчислюються параметри лінійного кореляційного рівняння за допомогою статистик розподілу і зв'язку? Наведіть приклад.
47. Що таке лінія і рівняння регресії?
48. У чому суть методу найменших квадратів?
49. Які Ви знаєте математичні рівняння, котрі використовуються в лісовій чи садово-парковій справі для моделювання зв'язку?
50. Як перевіряється адекватність регресійного рівняння?
51. Що таке множинна регресія і яка її основна мета?
52. У чому суть дисперсійного аналізу?
53. У чому полягають основні передумови можливостей застосування дисперсійного аналізу?
54. За якою схемою здійснюється дисперсійний аналіз однофакторних рівномірних комплексів?

Орієнтовний перелік тестових завдань з біометрії

1. У коробці 10 жолудів дуба звичайного і 30 – скельного. Яка ймовірність того, що взятий навмання жолудь належатиме дубу звичайному?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

2. Яке із наведених співвідношень правильно відображає класичне визначення ймовірності події?

- 1) $P(A) = \lim(m/n)$;
- 2) $P(A) = m \cdot n$;
- 3) $P(A) = m/n$;
- 4) $P(A) = P_A(B)$.

3. Яке з наведених співвідношень правильно відображає одну із властивостей ймовірності події?

- 1) $P(A) > 0$;
- 2) $P(A) < 0$;
- 3) $0 \leq P(A) \leq 1$;
- 4) $-1 \leq P(A) \leq 1$.

4. Величина, значення якої змінюються від спостереження до спостереження в межах однорідної сукупності, причому заздалегідь неможливо передбачити кожне з цих значень, називається...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

5. Який із наведених прикладів є неперервною випадковою величиною?

- 1) кількість насінин у шишках ялини колючої;
- 2) об'єм дерев у ялиновому деревостані;
- 3) кількість дерев на 1 га лісових насаджень;
- 4) кількість пелюстків у суцвіттях ромашки лікарської.

6. Будь-яке співвідношення, що встановлює зв'язок між значеннями випадкової величини та відповідними цим значенням імовірностями, називається...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

7. Усі можливі значення певної випадкової величини утворюють...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь)

8. До аналітичних способів подання закону розподілу випадкової величини належать...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

9. Вибірка називається малою, якщо її обсяг не перевищує ... спостережень.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

10. Підсумковим результатом групування даних для одномірної вибірки є:

- 1) ряд розподілу;
- 2) таблиця розподілу;
- 3) дисперсія;
- 4) розмах.

11. Обчислити середнє значення і границі першого ступеня товщини під час групування даних у ряд розподілу, якщо найтонше дерево має діаметр 12.5 см, а величина ступеня – 4 см.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

12. Укажіть формулу, за якою можна обчислити середнє арифметичне значення для згрупованих у ряд розподілу даних.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь)

13. Обчислити середнє арифметичне значення висоти дерев за даними такого ряду розподілу:

| | | | | | |
|------------|---|----|----|----|----|
| x_i , см | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| n_i | 5 | 10 | 35 | 20 | 10 |

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

14. Найбільш розповсюджене значення випадкової величини називається...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

15. Яке з наведених співвідношень правильно відображає одну із властивостей середнього арифметичного значення?

- 1) $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}) = n$;
- 2) $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}) = 0$;
- 3) $\sum_{i=1}^{\infty} (x_i - \bar{X}) = \infty$;
- 4) $\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X}) = 1$.

16. За яким з наведених співвідношень можна обчислити показник абсолютної мінливості випадкової величини?

$$1) \sigma = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n};$$

$$2) \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}};$$

$$3) \sigma = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i}{n-1};$$

$$4) \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i}{n-1}}.$$

17. Обчислити середнє квадратичне вiдхилення висоти дерев за такими даними:

x_i, m 5, 6, 8, 10, 6

(у бланк вiдповiдей впишить вiрну вiдповiдь числом)

18. Обчисленi середнє арифметичне значення i середнє квадратичне вiдхилення дiаметра дерев вiдповiдно дорiвнюють 40 см i 8 см. Яким у такому разi буде коефiцiєнт мiнливостi вказаної випадкової величини?

(у бланк вiдповiдей впишить вiрну вiдповiдь числом)

19. Укажiть формулу, за якою можна обчислити показник вiдносної мiнливостi випадкової величини.

(у бланк вiдповiдей впишить вiрну вiдповiдь)

20. Укажiть властивостi нормального розподiлу випадкової величини:

- 1) рiвнiсть медiани, моди i пересiчного значення;
- 2) стандартне вiдхилення приблизно вшестеро менше вiд розмаху значень випадкової величини;
- 3) $A=E=0$;
- 4) $A=E=1$;
- 5) $A=0$; $E=0,5$;
- 6) графiком кривої щiльностi є симетрична дзвоноподiбна крива.

21. Середнє арифметичне значення i середнє квадратичне вiдхилення нормально розподiленої висоти дерев у лiсовому насадженнi дорiвнюють вiдповiдно 30 м i 3 м. Якою найiмовiрнiше буде висота найнижчого дерева цього насадження?

(у бланк вiдповiдей впишить вiрну вiдповiдь числом)

22. Середнє арифметичне значення i середнє квадратичне вiдхилення нормально розподiленої висоти 1000 дерев соснового деревостану вiдповiдно дорiвнюють 20 м i 2 м. Скiльки приблизно у цьому насадженнi дерев з висотою вiд 18 до 22 м?

- 1) 680;
- 2) 500;
- 3) 950;
- 4) 980.

23. Яка група параметрiв однозначно характеризує нормальний розподiл?

(у бланк вiдповiдей впишить вiрну вiдповiдь)

24. Середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення діаметра дерев дубового деревостану відповідно дорівнюють 45 см і 10 см. Яка ймовірність того, що довільно вибране дерево цього насадження буде завтовшки від 35 до 55 см?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

25. Укажіть необхідну і достатню умову нормальності розподілу випадкової величини.

- 1) $x_{\min} = \bar{X} - 3\sigma$;
- 2) $\bar{X} = Mo = Me$;
- 3) $A = 0$; $E = -1,2$;
- 4) $A = E = 0$.

26. Оцінювання невідомого параметра одним числом називається...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

27. Кількісні показники, які при великій кількості спостережень разом із довірчою ймовірністю визначають величину довірчого інтервалу, називаються...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

28. За якою із наведених формул обчислюється основна або стандартна помилка середнього арифметичного значення?

- 1) $m = v/\sqrt{2 \cdot n}$;
- 2) $m = \sigma/\sqrt{2 \cdot n}$;
- 3) $m = \sigma/\sqrt{n}$;
- 4) $m = \bar{X}/\sqrt{n}$.

29. Обчислені на підставі 100 спостережень середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення діаметра дерев відповідно дорівнюють 30 см і 3 см. Яка при ймовірності 0,95 точність визначення його середнього значення?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

30. Укажіть границі довірчого інтервалу, в яких при ймовірності 0,68 знаходиться середній діаметр дерев у лісостані, якщо обчислені на підставі вибірки обсягом 64 спостереження середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення відповідно дорівнюють 60 см і 8 см.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь)

31. У дубовому деревостані було обміряно висоту 25 дерев? Встановлено, що коефіцієнт мінливості висоти дерев у цьому насадженні становить 10%. Яка при ймовірності 0,997 точність визначення середнього значення?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

32. За якою з наведених формул можна обчислити обсяг вибірки для забезпечення необхідної точності обчислення середнього значення?

- 1) $n = \frac{V \cdot z}{P}$;
- 2) $n = \left(\frac{V \cdot z}{P}\right)^2$;
- 3) $n = \frac{(V \cdot z)^2}{P}$;
- 4) $n = \left(\frac{P}{V \cdot z}\right)^2$.

33. Скільки необхідно виміряти дерев для обчислення середнього значення діаметра з точністю 5% при ймовірності 0,997, якщо відносна мінливість цього показника становить 20%?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

34. Припущення про невідомі в генеральній сукупності параметри та властивості істинного розподілу випадкової величини, які можуть бути перевірені за даними вибірки, називаються...

- 1) числовими характеристиками;
- 2) основними моделями розподілу випадкової величини;
- 3) статистичними гіпотезами;
- 4) стандартними помилками статистик.

35. Указати статистичний критерій, який дозволяє перевірити гіпотезу про незначущість різниці між середніми значеннями.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь)

36. Обчислити кількість ступенів свободи, яка необхідна для встановлення критичного значення критерію Пірсона χ^2 , у разі застосування нормального розподілу і порівняння 8 груп частот.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

37. Статистичні критерії, які дозволяють зробити об'єктивну оцінку відповідності емпіричного ряду розподілу певному теоретичному закону, називаються...

- 1) статистики;
- 2) параметри;
- 3) критерії згоди;
- 4) статистики зв'язку.

38. Статистичний показник, який дозволяє оцінювати наявність і ступінь тісноти будь-якого за формою зв'язку між величинами, називається...

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

39. Який із наведених зв'язків за характером статистичний?

- 1) між діаметром крони і товщиною дерев;
- 2) між діаметром і довжиною кола;
- 3) між радіусом і довжиною кола;
- 4) між об'ємом і радіусом кулі.

40. Обчислені кореляційне відношення та коефіцієнт кореляції відповідно дорівнюють 0,90 і -0,86. Охарактеризуйте зв'язок між величинами.

- 1) статистичний, обернений;
- 2) статистичний, прямий;
- 3) функціональний, обернений;
- 4) функціональний, прямий.

41. Статистичний показник, який при малій кількості спостережень є, по суті, єдиною оцінкою значущості зв'язку між величинами, а при великій – дозволяє характеризувати лінійний зв'язок, називається...

- 1) коефіцієнт рангової кореляції;
- 2) множинний коефіцієнт кореляції;
- 3) кореляційне відношення;
- 4) коефіцієнт кореляції.

42. Який показник варто обчислювати для оцінювання взаємозв'язку між трьома і більше ознаками?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

43.

Обчислити коефіцієнт кореляції між випадковими величинами за такими даними:

| | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---|
| x_i | 2 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| y_i | 6 | 2 | 3 | 4 | 5 |

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь числом)

44. У яких межах змінюються значення коефіцієнта кореляції між випадковими величинами?

- 1) $r = -1 \div 0$;
- 2) $r = -1 \div 1$;
- 3) $r = 0 \div 10$;
- 4) $r = 0 \div 1$.

45. Якщо коефіцієнт кореляції в генеральній сукупності дорівнює нулю, то це вказує на відсутність лише лінійного зв'язку між випадковими величинами.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь «так» або «ні»)

46. Гіпотезу про відсутність зв'язку між нормально розподіленими випадковими величинами можна прийняти, якщо...

- 1) $|r_{обч}| > r_{кр}$;
- 2) $F_{обч} > F_{кр}$;
- 3) $|r_{обч}| < r_{кр}$;
- 4) $\eta^2 > r^2$.

47. Який з наведених висновків щодо значущості, характеру і напрямку зв'язку між висотою і діаметром дерев перестиглого соснового деревостану є вірним, якщо обчислене і критичне значення коефіцієнта кореляції становлять відповідно 0,40 і 0,15?

- 1) значущий, статистичний, прямий;

- 2) значущий, статистичний, обернений;
- 3) незначущий, кореляційний, прямий;
- 4) значущий, функціональний, прямий;
- 5) значущий, функціональний, зворотній.

48. Який показник варто обчислювати для оцінювання зв'язку між носіями якісних ознак?

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

49. Чи є вірним твердження: «метод найменших квадратів забезпечує такий вибір коефіцієнтів рівнянь регресії, при яких сума квадратів залишків виявляється найменшою у порівнянні з такою ж при будь-яких інших значеннях цих коефіцієнтів»?

(у бланк відповідей впишіть відповідь «так» чи «ні»)

50. Яке з наведених рівнянь найкраще відображає залежність висоти дерев від їхнього діаметра?

- 1) $y = a_0 + a_1 / x$;
- 2) $y = a_0 + a_1 x$;
- 3) $y = a_0 + a_1 \ln x$;
- 4) $y = a_0 \cdot x^{a_1}$.

51. Адекватною є математична модель, наявність у якої додатних і від'ємних залишків рівноймовірна, вони однакові за абсолютною величиною і рівномірно заповнюють увесь діапазон варіювання залежної змінної.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь «так» або «ні»)

52. Указати найсучаснішу форму подання математичних моделей зв'язку між випадковими величинами.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

53. Гіпотезу про наявність впливу фактора на мінливість дослідної ознаки можна відхилити, якщо обчислене значення *F*-критерію більше відповідного табличного значення.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь «так» або «ні»)

54. Розкладання загальної дисперсії результативної ознак на компоненти, обумовлені впливом конкретних факторів, і перевірки гіпотези про значущість цього впливу є суттю ... аналізу.

(у бланк відповідей впишіть вірну відповідь словами)

9. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Усі практичні роботи виконуються на персональних комп'ютерах в комп'ютерних класах кафедри таксації лісу та лісового менеджменту.

10. Форми контролю

Поточний контроль – модульні контрольні роботи в тестовому вигляді на електронному навчальному курсі на базі системи Elearn.

Хід виконання індивідуального завдання систематично контролюється викладачем під час занять та електронному навчальному курсі.

Підсумковий контроль – екзамен (на базі системи Elearn).

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студентів відбувається відповідно до положення «Про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 27.12.2019 р. № 1371)

| Оцінка національна | Рейтинг студента, бали |
|--------------------|------------------------|
| Відмінно | 90 – 100 |
| Добре | 74 – 89 |
| Задовільно | 60 – 73 |
| Незадовільно | 0 – 59 |

Рейтинг студента з дисципліни ($R_{дис}$) обчислюється за формулою:

$$R_{дис} = R_{НР} + 0,3 \cdot R_{АТ}.$$

де $R_{АТ}$ – рейтинг студента з атестації за 100-бальною шкалою;

$R_{НР}$ – рейтинг студента з навчальної роботи.

Рейтинг студента з навчальної роботи визначається за формулою:

$$R_{НР} = 0,7 \cdot \frac{R_{M1} \cdot 0,5 + R_{M2} \cdot 1,5 + R_{M3} \cdot 2,0}{4} + R_{ДР} - R_{ШТР},$$

де R_{M1} , R_{M2} , R_{M3} – рейтингові оцінки із змістовних модулів за 100-бальною шкалою;

$R_{ДР}$ – рейтинг з додаткової роботи, додається рішенням кафедри;

$R_{ШТР}$ – штрафний рейтинг, нараховується за систематичні пропуски занять.

Рейтинг з додаткової роботи $R_{ДР}$ додається до $R_{НР}$ і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається студентам рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань студентів з дисципліни.

Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$ не перевищує 5 балів і віднімається від $R_{НР}$. Він визначається лектором і вводиться рішенням кафедри для студентів, які матеріал змістового модуля засвоїли невчасно, не дотримувалися графіка роботи, пропускали заняття тощо.

9. Методичне забезпечення

1. Свинчук В.А. Біометрія: робоча навчальна програма, методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи студентів /Укладачі: В.А. Свинчук., С.М. Кашпор, В.В. Миронюк – К., 2018. – 78 с.

2. Свинчук В.А. Біометрія: Робоча навчальна програма, контрольні запитання, методичні рекомендації до практичних занять і самостійної роботи студентів заочної форми навчання. Напрямок підготовки „Лісове і садово-паркове господарство” /Укладачі: В.А. Свинчук., С.М. Кашпор, В.В. Миронюк, М.М. Куця – К., 2015. – 77 с.

3. Свинчук В.А. Біометрія: Робочий зошит для лабораторно-практичних занять / В.А. Свинчук, В.В. Миронюк, М.М. Куця. К., 2014: НУБіП України – 24 с.

10. Рекомендована література

– основна

1. Лакин Г. Ф. Биометрия : учеб. пособ. [для биолог. спец. вузов] / Г. Ф. Лакин. – [4-е изд.]. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.

2. Никитин К. Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К. Е. Никитин, А. З. Швиденко. – М. : Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.

3. Свинчук В.А., Кашпор С.М., Миронюк В.В. Біометрія: конспект лекцій. К.: НУБіП України, 2017. – 96 с.

4. Миклуш С.І. Біометрія: програма (орієнтовна) навчальної дисципліни підготовки здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» спеціальності 205 «Лісове господарство» в аграрних вищих навчальних закладах / С.І. Миклуш, В.А. Свинчук, П.Г. Хомюк, К.: Агроосвіта, 2017 – 12 с.

– допоміжна

5. Айвазян С. А. Прикладная статистика: основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983. – 471 с.

6. Алексеев А. С. Математические модели и методы в лесном хозяйстве: учеб. пособ. Ленинград: ЛТА, 1988. – 88 с.

7. Атраментова Л. О., Утевська О. М. Біометрія: підручник. Ч. 2. Порівняння груп і аналіз зв'язку. Харків: Ранок, 2007. – 176 с.

8. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд-е. СПб: Питер, 2003. – 688 с.

9. Глазов Н. М. Статистический метод в таксации и лесоустройстве. М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 143 с.

10. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1977. – 477 с.

11. Горкавий В. К. Статистика: підручник. К.: Аграрна освіта, 2009. – 511 с.

12. Горошко М. П. Біометрія : навч. посіб. / М. П. Горошко, С. І. Миклуш, П. Г. Хомюк. – Львів : Камула, 2004. – 285 с.

13. Горошко М.П. Ряди розподілу: методичні вказівки для студ. спец. 1512-лісове та садово-паркове господарство. Львів: ЛЛПІ, 1989. – 52 с.

14. Горошко М.П., Миклуш С.І. Аналіз зв'язку при лісівничих та лісотаксацийних дослідженнях: навч. вид. Львів: УкрДЛТУ, 1994. – 26 с.

15. Горошко М.П., Миклуш С.І., Хомюк П.Г. Практикум з лісової біометрії. Львів, 1999. – 112 с.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Колос, 1979. – 416 с.

17. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: Пер. с англ. 2-е изд. М.: Финансы и статистика, 1986. Т. 2. – 353 с.

18. Кендалл М., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973. – 900 с.

19. Лісотаксацийний довідник: затв. Державним агентством лісових ресурсів України/за ред. С. М. Кашпора, А. А. Строчинського. К.: Видавничий дім «Вініченко», 2013. – 496 с.

20. Милс Ф. Статистические методы. М.: Госстатиздат, 1958. – 796 с.

21. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. – 576 с.

22. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: изд. Моск. ун-та, 1970. – 367 с.

23. Свалов Н. Н. Вариационная статистика. М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 177 с.

24. Khanna L.S. Forest mensuration and biometry. New Delhi: Paperback, 2015. – 364 p.
25. Robert R. Sokal, F. James Rohlf. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. New York: W.H. Freeman, 2012. – 937 S.

11. Інформаційні ресурси

1. Свинчук В.А. Біометрія: електронний навчальний курс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=2203>. – Заголовок з екрану.
2. Калінін М. І. Біометрія [Електронний ресурс] : підруч. [для студ. вузів біол. і еколог. напрямів] / М. І. Калінін, В. В. Єлісєєв. – Режим доступу: <http://lib.chdu.edu.ua/index.php?m=1&b=3>.
3. <https://academic.oup.com/biomet>.
4. <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15214036>.
5. <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15410420>.
6. <https://link.springer.com/journal/13253>.