



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для практичних робіт з навчальної дисципліни
«СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ»
для студентів денної та заочної форм навчання
РВО «бакалавр»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»
(частина I)

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 10_ від « 10_ » __ 05__ 2023 р.
Голова групи _  _ Шекк П.В.

Затверджено
на засіданні кафедри Водних біоресурсів
та аквакультури
Протокол № 9__ від « 08__ » __ 05__ 2023 р.
В.о.завідувач кафедри _  _ Бургаз М.І.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для практичних робіт з навчальної дисципліни
«СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ»
для студентів денної та заочної форм навчання
РВО «бакалавр»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів»
(частина I)

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 10 від « 10 » 05 2023 р.

Методичні вказівки для практичних робіт з навчальної дисципліни «Статистичні методи в біологічних дослідженнях» для студентів IV-V років навчання денної та заочної форм навчання, РВО «Бакалавр», за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура», рівень вищої освіти бакалавр./ Бургаз М.І., Бургаз О.А. – Одеса, ОДЕКУ, 2023, 32 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
Практична робота № 1	
ТЕМА: ПЕРВИННА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ..	5
<i>Питання для самоперевірки</i>	6
Практична робота № 2	
ТЕМА: ВИБІРКИ ТА ЇХ РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ	7
<i>Питання для самоперевірки</i>	10
Практична робота № 3	
ТЕМА: СУКУПНІСТЬ ТА ВАРІАЦІЙНИЙ РЯД	11
<i>Питання для самоперевірки</i>	13
Практична робота № 4	
ТЕМА: ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛІВ	14
<i>Питання для самоперевірки</i>	16
Практична робота № 5	
ТЕМА: СЕРЕДНІ ВЕЛИЧИНИ	17
<i>Питання для самоперевірки</i>	21
Практична робота № 6	
ТЕМА: СТАТИСТИЧНІ ПОМИЛКИ ВИБІРКОВИХ ПОКАЗНИКІВ ..	22
<i>Питання для самоперевірки</i>	26
Практична робота № 7	
ТЕМА: СТАТИСТИЧНІ ГІПОТЕЗИ ТА ЇХ АНАЛІЗ	27
<i>Питання для самоперевірки</i>	30
ЛІТЕРАТУРА	31

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки для практичних занять з навчальної дисципліни «Статистичні методи досліджень в біології» за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура» призначені для студентів IV-V років навчання денної та заочної форм навчання рівня вищої освіти «Бакалавр», а також для самостійної роботи студентів, включаючи збір польового матеріалу, його обробку і підготовку курсових та магістерських робіт.

Метою вивчення дисципліни «Статистичні методи досліджень в біології» є забезпечення студентів теоретичними та практичними знаннями щодо обробки та аналізу рядів вимірювань і спостережень, які використовуються у рибному господарстві

Правильний вибір статистичних методів необхідний для ефективного аналізу результатів біологічних досліджень. Статистичний аналіз стає більш складним в контексті змінного процесу у зв'язку з великою різноманітністю статистичних методів за різних умов і обмеженнях використання. Засвоєння теоретичних і практичних знань, набуття вмінь та навичок в області статистичного аналізу даних, пізнання законів теорії ймовірностей і математичної статистики, ознайомлення з методами комп'ютерного аналізу даних і є основною метою вивчення дисципліни.

Методичні вказівки для практичних робіт «Статистичні методи досліджень в біології» складені відповідно з силлабусом навчальної дисципліни. Метою методичних вказівок є навчити студента на належному науково-методичному рівні організовувати статистичне спостереження за процесами і явищами при організації наукового дослідження; використовуючи закони розподілу випадкової величини, обчислювати її числові характеристики; проводити первинну статистичну обробку результатів спостереження в тому числі їх зведення та групування; проводити аналіз варіації, будувати ряди розподілу та давати характеристику форми розподілу; використовувати основні елементи теорії ймовірностей на практиці при вирішенні конкретних задач; проводити статистичну обробку результатів вимірювань з використанням пакетів програм Excel, Statistica, GraphPad, SPSS тощо; обчислювати математичне сподівання, дисперсію та середньоквадратичне відхилення випадкової величини, розуміючи їх математичний зміст.

В методичних вказівках наведено перелік тем практичних робіт, теоретичні питання, які необхідні для виконання кожної практичної роботи, завдання та питання для самоперевірки до кожної роботи для закріплення вивченого матеріалу.

У силлабусі дисципліни «Статистичні методи досліджень в біології» наведені змістовні лекційні та практичні модулі, контрольні питання для захисту практичних робіт та критерії оцінювання. Ознайомитись з силлабусом можна за посиланням - <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/11599/>

Практична робота № 1 ПЕРВИННА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Мета роботи: ознайомитись з порядком утворення вибірових, згрупованих статистичних сукупностей та їх графічне відображення.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література [1, ст. 1-18], дані вимірів статистичних величин, міліметровка, калькулятори.

Теоретичні питання

Біологічна статистика як наука. Значення біологічної статистики у дослідницькій роботі та професійній підготовці фахівців-біологів. Поняття про найменшу вибірову одиницю (одиницю спостереження) та дані в біології. Змінні (ознаки). Генеральна сукупність та вибірка. Кількісні змінні: дискретні та безперервні. Якісні змінні. Рангова шкала вимірів. Похідні змінні: пропорції, індекси, інтенсивність перебігу процесів.

Біологічна статистика – наука про статистичний аналіз масових явищ в біології, тобто таких явищ, в масі яких виявляються закономірності, які не виявляються на одиничних випадках спостережень. Наприклад, рибак ловив рибу та записав кількість виловленої риби в журнал – це окремих випадок, одиничне явище. Якщо ж риболовлю проводили одночасно декілька рибаків – це явище масове незалежно від того, яким був об'єкт спостереження – одиничним або груповим.

Предметом біологічної статистики служить будь-який біологічний об'єкт, якщо спостереження, які над ним проводяться отримують кількісну оцінку. Зазвичай спостереження проводяться не на одиничних, а на групових об'єктах, наприклад на особинах одного і того ж виду, статі і віку, які розглядаються в якості складових елементів або членів групового об'єкта і називаються **одиницями спостереження**. Сукупність таких відносно однорідних, але індивідуально помітних одиниць, що об'єднуються у відношенні деяких загальних умов для спільного (групового) вивчення, називається **статистичною сукупністю**.

Поняття статистичної сукупності – одне з фундаментальних понять біологічної статистики, воно базується на принципі якісної однорідності її складу. Не можна вивчати закономірність модифікацій (неспадкових змін фенотипу) на генетично неоднорідному матеріалі і т. д.

Статистична сукупність може складатися не тільки з аморфної маси однорідних одиниць, але й з різних за складом, але внутрішньо однорідних

груп (особин, клітин і т. п.), що об'єднуються щодо прийнятих в досвіді умов для спільної обробки. У таких випадках сукупність вихідних даних називається **статистичним комплексом**.

Пояснення до завдань

Статистична сукупність зазнає впорядкування, яке полягають у наступному:

1. знаходиться мінімальна та максимальна варіанти (ліміти);
2. визначають варіаційний розмах: $\rho = x_{\max} - x_{\min}$;
3. при $\rho \leq 11$ проводять первинне групування, тобто $i=1$;
4. ранжування даних та заповнення робочої таблиці.

Хід роботи

Завдання 1. Провести групування даних за якісними ознаками за такою схемою: об'єкт, предмет, варіація, обсяг сукупності, кількість класів.

Задача. Рибне господарство займається вирощуванням риби в полікультурі, розводять: білого амура – 120 особин, коропа – 180 особин, товстолоба – 160 особин, судака – 40 особин. Визначити частку особин кожного виду, зобразити діаграму розподілу риб за видами. Зробити обґрунтований висновок.

Завдання 2. Провести первинне групування за експериментальними даними про довжину тіла (см) у 70 риб:

12 11 13 14 10 13 13 13 14 12 12 12 14 13 13 14 13 14 12 15 12 11
 13 10 12 13 12 11 12 14 11 10 15 12 11 11 13 13 12 15 11 12 13 11
 12 12 14 16 12 14 12 11 14 12 14 11 13 12 14 11 14 12 14 11 10 16
 11 12 12 12.

Дані подати у вигляді робочої таблиці

Класи, X_i	Розноска	Частота, f_{xi}

Завдання 3. Скласти безінтервальний варіаційний ряд, знайти моду та медіану. Варіаційний ряд відобразити графічно (на осі ОХ відзначити значення класів, осі ОУ – значення частот) і зробити обґрунтований висновок.

Питання для самоперевірки

- 1 Що таке вибіркова та згрупована статистична сукупність?
- 2 Як утворюється класовий інтервал?
- 3 Як побудувати полігон розподілу статистичних частот, гістограму, діаграму?

Практична робота № 2 ВИБІРКИ ТА ЇХ РЕПРЕЗЕНТАТИВНІСТЬ

Мета роботи: освоєння методики експериментальних даних, збору показників вибіркової та згрупованої сукупності.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література [1, ст. 1-18], дані вимірів статистичних величин, калькулятори.

Теоретичні питання

Суцільне та вибіркоче обстеження сукупностей. Важливість випадкового (рандомізованого) відбору одиниць спостереження для формування вибірок. Поняття про репрезентативну та зміщену вибірки. Цілком випадковий відбір та його реалізація за допомогою таблиць випадкових чисел. Стратифікований відбір. Систематичний вибір.

Спостереження, що проводяться над біологічними об'єктами, можуть охоплювати всіх членів досліджуваної сукупності без винятку і можуть обмежуватися обстеженням лише деякої частини членів даної сукупності. У першому випадку спостереження буде називатися **суцільним** або **повним**, а в другому – **частковим** чи **вибіркочим**. Суцільне спостереження дозволяє отримувати вичерпну інформацію про груповий об'єкт, у чому й полягає перевага цього способу перед способом вибіркового спостереження. Однак до суцільного спостереження вдаються не завжди. *По-перше*, тому що ця робота пов'язана з великими витратами часу та праці, а *по-друге*, в силу практичної неможливості або недоцільності проведення такої роботи. Неможливо, наприклад, врахувати всіх мешканців зоо- чи фітопланктону навіть невеликої водойми, так як їх чисельність практично незора. Тому в переважній більшості випадків замість суцільного спостереження вивченню піддають якусь частину обстежуваної сукупності, за якою і судять про її стан в цілому.

Сукупність, з якої відбирається деяка частина її членів для спільного вивчення, називається **генеральною**, а відібрана тим чи іншим способом частина генеральної сукупності отримала назву **вибіркової сукупності** або **вибірки**. Обсяг генеральної сукупності, що позначається літерою N , теоретично нічим не обмежений ($N \rightarrow \infty$), тобто генеральна сукупність мислиться як нескінченно велика безліч відносно однорідних одиниць чи членів, що складають її зміст. Практично ж обсяг генеральної сукупності завжди обмежений і може бути різним, що залежить як від об'єкта спостереження, так і від завдання, поставленого перед дослідником.

Обсяг вибірки, що позначається літерою n , може бути і порівняно великим і малим, але він не може містити менше двох одиниць.

Вибірковий метод є основним при вивченні статистичних сукупностей. Його перевага перед суцільним урахуванням всіх членів генеральної сукупності полягає в тому, що він скорочує час і витрати праці (за рахунок зменшення числа спостережень), а головне – дозволяє отримувати інформацію про такі сукупності, суцільне обстеження яких практично неможливо або недоцільно.

Найбільше значення в курсі біологічної статистики мають варіаційні ряди. **Варіаційним рядом** називається ряд чисел, що показує закономірність розподілу одиниць досліджуваної сукупності за ранжируваною значенням варіюючої ознаки (від франц. *Ranger* – вибудовувати в ряд по ранжиру, тобто по росту). Цей подвійний ряд чисел, що показує, яким чином числові значення ознаки (x_i) пов'язані з їх повторюваністю (m_i) в даній сукупності, називається **варіаційним** або **рядом розподілу**. Числа, що показують, скільки разів окремі варіанти зустрічаються в даній сукупності, називаються **частотами** або **вагами** **варіант** і позначаються m . Загальна сума частот завжди дорівнює обсягу даної сукупності, тобто $\sum m = n$, де \sum – підсумовування частот варіаційного ряду, n – обсяг вибіркової сукупності.

Пояснення до завдань

Статистичною сукупністю називають деяку множину щодо однорідних предметів або об'єктів, що об'єднуються за обраною ознакою. Теоретично нескінченна велика, або сукупність всіх одиниць або членів варіаційного ряду, що наближається до нескінченності, називають **генеральною**. Генеральна сукупність може складатися з такої великої кількості одиниць, що вивчити їх всі неможливо. Тому доводиться мати справу із порівняно невеликими, вибірковими сукупностями. Вибіркова сукупність, яка найбільш повно відображає властивості генеральної сукупності називається **репрезентативною**. При утворенні вибірки використовується метод випадкового відбору, тобто дотримується принципу об'єктивності.

Хід роботи

Завдання 1. Провести підрахунок ікринок у 5 г ікри риби, згрупувати дані у безінтервальний варіаційний ряд, визначити моду та медіану. Побудувати полігон розподілу.

Дані подати у вигляді робочої таблиці

Класи, X_i	Рознесення	Частота, f_{xi}

Завдання 2. Зібрати дані групи, збільшивши багаторазово обсяг сукупності та зробити обґрунтований висновок.

Завдання 3. Вирішити задачі

Задача 1. Було підраховано число променів хвостового плавця камбали:

53	51	52	55	56	49	51	52	54	56
54	53	52	53	51	55	53	55	53	54
51	51	56	54	54	53	54	54	55	53
52	55	53	53	56	53	52	56	52	52
56	55	50	54	49	54	54	55	54	55
52	51	55	52	55	54	51	54	53	54
54	56	54	55	53	53	56	55	54	53
55	52	53	52	51	55	53	54	51	50
53	54	55	52	55	52	53	50	53	52
58	57	57	58	56	57	56	58	57	57

Складіть варіаційний ряд та накресліть полігон розподілу.

Задача 2. Обхват тіла (мм) густери виражений наступними числами ($n=80$)

80	75	75	85	78	85	80	77	83	85
88	94	95	86	80	73	78	90	95	90
80	75	83	70	78	83	75	78	86	81
62	77	75	73	80	80	74	73	82	72
80	90	80	78	60	65	75	72	64	67
74	80	68	75	76	65	70	78	75	83
85	70	88	73	56	75	70	73	68	66
65	68	75	78	63	68	68	70	60	56

Складіть варіаційний ряд та накресліть гістограму.

Задача 3.

Довжина тіла (мм) у 77 екземплярів плітки наступна

143	157	148	153	150	142	134	139	139	140
143	120	144	130	138	124	127	137	139	129
128	119	120	138	130	114	126	138	117	132
130	145	140	153	137	142	145	137	141	125
148	138	140	135	135	139	125	137	131	120

127	118	120	124	134	111	132	133	100	132
143	134	138	130	135	133	134	154	107	110
94	95	142	148	136	165	172			

Складіть варіаційний ряд та накресліть гістограму.

Задача 4.

Представте у вигляді варіаційного ряду та графічно дані довжини (см) 1-2 річного пічкара звичайного (*Gobio gobio*)

8,2	9,7	5,6	7,4	8,0	6,4	6,6	6,8	8,4	7,1
9,0	6,0	7,6	8,1	11,8	5,8	9,3	7,3	8,2	7,2
7,2	6,4	7,7	9,0	8,1	7,1	7,1	8,8	7,5	9,2
7,5	6,8	7,0	6,4	7,4	8,2	6,3	7,0	8,1	10,0
7,0	7,1	8,7	6,3	8,6	7,7	7,3	8,0	8,4	9,3
7,3	6,0	7,7	6,1	9,6	7,4	7,2	7,2	8,7	7,5
9,1	6,4	8,3	6,5	8,2	7,2	6,9	6,9	8,2	9,0
7,4	8,0	8,4	7,0	7,1	7,4	6,6	6,4	8,3	7,9
8,3	7,2	7,2	6,6	6,6	7,7	8,7	5,6	7,5	5,7
6,9	7,4	7,2	6,2	6,9	6,8	9,2	9,2	7,1	6,5
5,2	8,0	7,1	8,4	8,1	6,8	6,1	6,8	7,9	8,0
5,6	7,8	7,2	8,8	6,6	6,6	5,6	8,1	9,0	8,4
7,1	7,4	8,7	8,9	7,8	7,3	8,6	8,7	8,2	8,9
6,4	9,6	7,8	5,7	8,5	10,4	8,6	7,7	8,1	8,2
8,5	7,8	7,9	7,5	6,7	7,0	7,9	7,5	8,7	6,8
8,1	7,8	7,8	8,2	7,2	7,9	9,5	7,6	7,0	7,0
7,7	8,1	7,3	7,0	7,4	7,6	8,4	7,3	5,9	9,4
7,8	7,0	7,6	6,6	7,5	9,3	8,1	7,4	8,6	8,2
8,0	7,0	7,0	10,2	6,3	9,6	8,4	8,4	8,0	7,4
8,0	6,2	6,8	10,3	8,5	7,0	7,8	8,1	7,0	7,2

Питання для самоперевірки

- 1 Що таке вибірка та згрупована статистична сукупність?
- 2 Що таке репрезентативність?
- 3 Типи відбору вибірок?

Практична робота № 3 СУКУПНІСТЬ ТА ВАРІАЦІЙНИЙ РЯД

Мета роботи: засвоїти утворення вибірових статистичних сукупностей методом вторинного групування та його графічне відображення.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література [1, ст. 12-30], дані вимірів статистичних величин, калькулятори.

Теоретичні питання

Групування даних у варіаційний ряд. Способи графічного зображення варіаційного ряду: полігон (крива) розподілу, гістограма. Теоретичні розподіли випадкових величин та їх властивості: біномний розподіл, розподіл Пуассона, нормальний розподіл. Коефіцієнти асиметрії та ексцесу. Середні величини: середня арифметична, зважена середня, геометрична середня. Міри розкиду одиниць сукупності: дисперсія та стандартне відхилення. Коефіцієнт варіації. Оцінка репрезентативності вибірових показників за допомогою стандартної помилки. Центральна гранична теорема. Визначення достатнього обсягу вибірки. Довірчі інтервали для середньої арифметичної та для частки. Способи подання середніх величин, мір розкиду, стандартних помилок та довірчих інтервалів у наукових публікаціях.

Процес систематизації, або впорядкування, первинних біометричних даних з метою отримання укладеної в них інформації, виявлення закономірності, якій підлягає досліджуване явище чи процес, називається **групуванням**.

Групування – це не просто технічний прийом, а глибоко осмислена дія, спрямована на отримання правдивої і повноцінної інформації про досліджуваному об'єкті. Обраний спосіб групування повинен відповідати вимогу поставленого завдання і добре узгоджуватися з вмістом досліджуваного явища.

Групування вихідних даних може бути різною в залежності від того, з якою метою і за якими ознаками вона проводиться. Найбільш прийнятною формою групування є статистичні таблиці. Зазвичай в таблицях наводяться і загальні підсумки – у вигляді сум або усереднених показників, а також у відсотках від чисельності варіант у групах і у всій групування в цілому.

Групування за однією ознакою називається **простою**, а за кількома ознаками – **складною**. Звідси і таблиці можуть бути простими і складними.

Не менш складною виявляється групування вибірових даних при з'ясуванні зв'язку між варіюючими ознаками. У таких випадках числові

значення ознак з урахуванням їх повторюваності в димерній сукупності групуються в *кореляційну таблицю*.

Особливий інтерес для біолога представляє угруповання вихідних даних у статистичні ряди – ряди числових значень ознаки, розташованих у певному порядку. У залежності від того, в якому плані (статики або динаміки) і за якими ознаками (якісним або кількісним) розглядаються явища або процеси, статистичні ряди поділяються на **атрибутивні, варіаційні, динаміки** або **тимчасові**.

Пояснення до завдань

Статистична сукупність зазнає впорядкування, при вторинному групуванні, яке полягають у наступному:

1. знаходиться мінімальна та максимальна варіанти (ліміти);
2. визначають варіаційний розмах: $\rho = x_{\max} - x_{\min}$, за величиною якого судять про групування даних: якщо $\rho \leq 11$, проводять первинне групування, тобто $i=1$; якщо $\rho \geq 11$ весь діапазон значень ознаки розбивається на «класові проміжки» і величину інтервалу визначають за формулою:

$$i = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{1 + 3.32 \log n}$$

3. Знаходиться нижня границя першого інтервалу: $l = x_{\max} - \frac{i}{2}$

Хід роботи

Завдання 1. Провести вторинне групування за експериментальними даними довжини тіла 85 екземплярів густери (плоскирки звичайної) (в мм):

43 43 28 30 43 27 43 57 20 19 4 45 38 18 34 5
 48 44 20 40 40 20 38 42 53 30 38 53 35 24 30 48
 50 38 30 37 35 34 35 36 42 24 14 42 39 11 33 65
 64 27 26 45 26 45 25 32 34 72 39 37 38 37 37 33
 51 39 39 17 41 31 00 07 40 29 32 25 20 42 58 41
 24 54 54 39 17

Дані подати у вигляді робочої таблиці

Границі класів	Середні значення класів, X_i	Розноска	Частота, f_{xi}

Завдання 2. Скласти інтервальний варіаційний ряд. Знайти моду та медіану. Варіаційний ряд відобразити графічно (на осі ОХ відзначити нижні значення класів, осі ОУ – значення частот) і зробити обґрунтований висновок.

Завдання 3. Взначено довжину 70 екзмплярів риб (в см):

27 32 32 31 32 28 37 35 26 28 32 28 35 36 28 39 43 28 33 36 34 26
 32 33 36 30 35 36 28 37 43 32 32 23 26 26 36 28 27 35 37 34 40 32
 33 32 35 32 28 26 37 27 31 35 37 31 29 30 26 29 29 31 32 35 41 40
 31 36 29 33

Скласти варіаційний ряд. Знайти моду та медіану.

Питання для самоперевірки

- 1 Що таке класовий інтервал?
- 2 Сформулювати закон великих чисел?
- 3 У яких випадках проводиться вторинне угруповання?
- 4 Закономірності розподілу варіант у варіаційному ряду?

Практична робота № 4 ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛІВ

Мета роботи: навчитись проводити експериментальний доказ теорем додавання та множення ймовірностей

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література [1, ст. 31-50], дані вимірів статистичних величин, калькулятори.

Пояснення до завдань

Для того щоб з'ясувати, чи відбудеться чи не станеться подія при заданому комплексі факторів, потрібно здійснити цей комплекс, тобто провести випробування. **Випробуванням** є будь-який експеримент, внаслідок якого проводять спостереження. Події, що відбуваються при тому самому комплексі чинників, називаються **однорідними**. Встановлено, що однорідні випадкові події у великій їхній масі підпорядковуються деяким закономірностям. Ці закономірності отримали назву **імовірнісних**. Події з однаковими можливостями здійснення називаються рівноможливими. Числова характеристика випадкової події, що володіє тією властивістю, що для будь-якої досить великої серії випробувань частота події лише трохи відрізняється від цієї характеристики, називається **ймовірністю події**. Результати випробування є найпростішими випадковими подіями. **Імовірністю випадкової події** називається відношення числа відходів, що сприяють події, до всіх можливих наслідків.

Якщо деяка подія може статися при n випробуваннях і a число результатів, які сприяють настанню події, а b - не сприяють, то ймовірність того, що подія відбудеться, може бути визначена як $p = a/n$. Імовірність того, що подія не станеться, буде $q = b/n$ ($p + q = 1$)

Основні теореми теорії ймовірностей

Імовірність суми двох несумісних, незалежних подій дорівнює сумі їх ймовірностей

$$P(A+B)=P(A)+P(B).$$

Імовірність складної події (тобто настання двох подій незалежних одна від одної) дорівнює добутку ймовірностей окремих подій

$$P(A \times B) = P(A) \times P(B).$$

Імовірності окремих можливих наслідків даються послідовними членами розкладання Бінома Ньютона:

$$(p + q)^3 = p^3 + 3p^2q + 3pq^2 + q^3.$$

Хід роботи

Завдання 1. Для доказу теореми додавання двох незалежних випадкових подій провести 20 витягів по одному насінню з мішечка, в якому знаходиться по 10 зеленого, білого та жовтого насіння кукурудзи. Результати випробувань занести до таблиці:

Подія	Розноска	Число випадків
Жовте		m_1
Зелене		m_2
Біле		m_3

Завдання 2. Визначити емпіричні можливості даних подій. Знайти ймовірність того, що витягнуте навмання насіння виявиться забарвленим.

Завдання 3. Визначити теоретичні ймовірності даних подій та знайти відхилення $P_{\text{емп}} - P_{\text{теор}}$

Завдання 4. Розв'язати вправи:

1. В урні m білих та n чорних куль. Яка ймовірність того, що виїнятий навмання куля виявиться: а) білим, б) чорним.

2. Стрелець зробивши 200 пострілів, влучив у ціль 190 разів. Яка ймовірність влучення в ціль? Скільки будуть влучені в ціль, якщо стрелець зробить 300 пострілів?

3. При киданні двох кубиків, якою є ймовірність випадання суми цифр, що дорівнює 7? Щонайменше семи?

4. При киданні трьох монет, якою є ймовірність випадання гербом: однієї монети? Двох? Трьох? Чи не менше однієї монети?

5. При киданні трьох кубиків, якою є ймовірність випадання суми цифр, не менше семи?

6. У місті N із населенням у 100000 жителів народилося 8000 новонароджених? Яка ймовірність народження дітей: абсолютна, питома?

7. У урні 4 білих та 7 червоних куль. Яка ймовірність того, що вийнята куля виявиться білою? Червоним?

8. У мішечку п'ять літер М, О, Л, О, Т. Яка ймовірність того, що дістаючи по одній картці навмання вийде слово «Молот»? "Том"?

9. У колоді 36 карт. Яка ймовірність того, що витягнута карта виявиться тузом?

10. У лотереї 4 виграшних та 96 безвиграшних квитків. Яка ймовірність, що два квитки виявляться виграшними?

11. У пасажирському поїзді 12 вагонів. Якою є ймовірність того, що двоє друзів незалежно один від одного опиняться в одному вагоні?

Питання для самоперевірки

1 Що таке ймовірність?

2 Як здійснити розрахунок ймовірності випадкової події?

3 Теорема складання ймовірностей? приклади.

4 Теорема множення ймовірностей? Приклади

Практична робота № 5 СЕРЕДНІ ВЕЛИЧИНИ

Мета роботи: навчитись проводити визначення статистичних показників вибіркової сукупності

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література [1, ст. 18-31], дані статистичних величин та розрахунків з практичних робіт тем 1, 2, калькулятори.

Теоретичні питання

Середні величини і показники варіації. Середні величини. Середня арифметична та її властивості. Показники варіації. Ліміти, розмах варіації, дисперсія та її властивості, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації. Нормоване відхиленням. Структурні середні.

Варіаційні ряди та їх графіки дають наочне уявлення про те, як варіює той чи інший кількісний ознака. Але вони недостатні для повної характеристики статистичної сукупності, оскільки містять багато деталей, охопити які без застосування зведених або узагальнюючих кількісних показників неможливо. Кількісні показники, які логічно і теоретично обґрунтовані і дозволяють судити про якісний своєрідності варіюють об'єктів і порівнювати їх між собою, називаються **статистичними характеристиками**. Найбільш важливі серед них середні величини та показники варіації ознак.

На відміну від індивідуальних числових характеристик середні величини мають більшу стійкість, здатність характеризувати групу однорідних одиниць одним (середнім) числом. Середній зріст, середня маса, продуктивність та інші середні – усе це поняття абстрактні про конкретні речі. Значення середніх полягає в їх властивості акумулювати або врівноважувати всі індивідуальні відхилення, в результаті чого виявляється то найбільш стійке й типове, що характеризує якісну своєрідність групового об'єкта, дозволяє відрізнити його від інших варіюють об'єктів.

За визначенням К. Гауса, істинної середньої служить така величина, сума квадратів відхилень від якої має найменшим значенням. Для біолога найбільший інтерес представляють статечні середні. Усі вони утворюються із загальної формули

$$M = \sqrt[k]{\frac{\sum x_i^k}{n}} \quad \text{або} \quad M = \left[\frac{\sum x_i^k}{n} \right]^{\frac{1}{k}},$$

де M – середня величина; x_i – варіанта (випадкова величина);
 k – величина, що визначає вид середньої;
 n – обсяг вибірки, на якому обчислюється середня;
 Σ – знак суми.

Так, при $k = 1$ виходить середня арифметична, при $k = -1$ – середня гармонійна і т.д.

Вибіркові середні, тобто величини, що характеризують сукупність вибірових даних, прийнято позначати тими ж літерами, якими позначені варіанти, з тією лише різницею, що над буквою ставиться риса. Так, якщо ознаку позначити через X , то його числові значення – x , а середня арифметична – \bar{x} , середня гармонійна позначається символом \bar{x}_h , середня геометрична – символом \bar{x}_g і т. д.

Крім степеневих середніх у біології застосовуються і структурно середні – *медіана, мода* та ін

Середні величини можуть характеризувати тільки однорідну масу варіант. Якщо середня отримана на неоднорідному в якісному відношенні матеріалі і вибрана неправильно, без урахування специфіки описуваного явища або процесу, вона виявиться фіктивною. При наявності різнорідних за складом даних їх необхідно групувати в окремі якісно однорідні групи і обчислювати групові або приватні середні.

Пояснення до завдань

Найбільш поширеним та використовуваним показником є **середньоарифметична величина**. Вона розраховується за такою формулою:

$$\bar{X} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n) / N + (\Sigma x_i) / N$$

де N – загальна кількість варіантів; Σ – знак сумб; x_i – значення варіант.

Середня квадратична величина використовується при обчисленні середньої величини обсягу, запасу, площі. Розраховується за формулою:

$$\bar{X}_q = \sqrt{(\sum x_i^2) / N}$$

де x_i^2 - квадрати замірюваних величин – об'єм, площа тощо; N - загальна кількість видів риб у вибірці; x_i - значення варіант.

Середня геометрична M_g (або \bar{X}_g) використовується для розрахунку середнього темпу росту ознаки, що вивчається. Вона відома також як **середня логарифмічна**, тому що її логарифм є арифметична середня логарифмів складових величин.

Обчислюється за такою формулою:

$$\bar{X}_g = \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n},$$

де $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot \dots \cdot x_n$ – темпи росту (величини, що показують, у скільки разів збільшувалася ознака від періоду до періоду); n – число періодів.

При $n > 2$ формулу зручніше застосовувати у логарифмічному вигляді:

$$\ln \bar{X}_g = \frac{1}{n} (\ln x_1 + \ln x_2 + \ln x_3 + \dots + \ln x_n) = (1/n) \cdot (\sum \ln x_i)$$

звідки $\bar{X}_g = e^{\ln}$, де e – основа натуральних логарифмів, дорівнює 2,72

Середня гармонічна використовується для обчислення середньої величини співвідношення двох величин, що варіюють. Вона визначається за такою формулою:

$$\bar{X}_h = N / (\sum 1/x_i),$$

де N – число значень; x_i – значення співвідношень величин
Розсіяння варіант вибірки щодо середньої характеризується:

- центральним відхиленням;
- дисперсією;
- середньоквадратичним відхиленням;
- коефіцієнтом варіації.

Їх обчислюють за формулами:

- центральне відхилення $\alpha = x_i - \bar{x}$
- дисперсія $\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2$
- середньоквадратичне відхилення $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}$
- коефіцієнт варіації $C_\chi = \frac{\sigma_\chi \cdot 100}{\bar{\chi}}$

При $C_\chi < 30\%$ - вибірка має велику міру концентрації варіант біля величини. При $30\% \leq C_\chi \leq 100\%$ - ступінь концентрації допустима.

При $C_\chi > 100\%$ - робиться висновок про неоднорідність вибірки.

Хід роботи

Завдання 1. Розрахувати середні величини даних по вазі риб: 1,0 1,2 1,5 1,3 1,3 1,4 1,4 1,1 1,0 0,9 2,5. Варіаційний ряд не складати, зробити розрахунки прямим способом.

Завдання 2. Розрахувати середні величини для даних по довжині риб (см) 70 екземплярів:

12 11 13 14 10 13 13 13 14 12 12 12 14 13 13 14 13 14 12 15 12 11
 13 10 12 13 12 11 12 14 11 10 15 12 11 11 13 13 12 15 11 12 13 11
 12 12 14 16 12 14 12 11 14 12 14 11 13 12 14 11 14 12 14 11 10 16
 11 12 12 12.

Провівши первинне групування, розрахувати середні величини такими способами:

а) прямим способом через значення варіант за таблицею

x_i	Рознесення	f_i	x_i^2	fx_i	fx_i^2

б) прямим способом через центральні відхилення за таблицею

x_i	Рознесення	f_i	fx_i	$x_i - X$	$f(x_i - X)$	$f(x_i - X)^2$
			$\sum fx_i =$			$\sum f(x_i - X)^2 =$

в) способом умовної середньої ($A=M_0$, тоді $a=x_i - A$) за таблицею

x_i	Рознесення	f_i	a	fa	fa^2
				$\sum fa =$	$\sum fa^2 =$

Питання для самоперевірки

- 1 На які групи поділяються статистичні показники?
- 2 Що таке основне відхилення, дисперсія, коефіцієнт варіації та як вони обчислюються?
- 3 Що таке середня арифметична, середня квадратична, середня гармонійна, середня геометрична та як вони обчислюються?
- 4 Властивості середньої арифметичної?

Практична робота № 6

СТАТИСТИЧНІ ПОМИЛКИ ВИБІРКОВИХ ПОКАЗНИКІВ

Мета роботи: навчитись визначати основні помилки статистичних показників та їх довірчих інтервалів.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна літератур [1, ст. 31-66], дані статистичних величин та розрахунків з практичних робіт тем 1, 2, калькулятори.

Теоретичні питання

Помилки вибірових показників. Як правило, вибірові характеристики не збігаються за абсолютною величиною з відповідними генеральними параметрами. Величина відхилення вибірового показника від його генерального параметра називається **статистичної помилкою** цього показника або **помилкою репрезентативності**. **Статистичні помилки** – це не помилки, які допускаються при вимірюванні біологічних об'єктів. Вони виникають виключно в процесі відбору варіант з генеральної сукупності і до помилок вимірів відношення не мають.

Величина помилки репрезентативності вимірюється середнім квадратичним відхиленням, яке є не лише характеристикою варіювання тієї чи іншої ознаки, але і служить мірою «помилки» окремих варіант, якщо вони використовуються в якості оцінки генеральних параметрів.

З математичної статистики відомо, що вибірові середні $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_k$, обчислені на матеріалі незалежних вибірок з однієї і тієї ж нормально розподіляючийся генеральної сукупності, варіюють навколо генерального параметра (μ) в \sqrt{n} разів менше, ніж окремі варіанти даної сукупності. Звідси помилка репрезентативності вибірової середньої виражається формулою

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S_x^2}{n}} .$$

Статистичну помилку вибірової середньої можна висловити і у вигляді такої формули, яка іноді зручніше в роботі:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} ,$$

Зручними є й інші формули, в які трансформуються основні формули помилки:

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n(n-1)}},$$

або

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\frac{\sum x_i^2}{n} - \left(\frac{\sum x_i}{n} \right)^2 \right]}.$$

Коли середня арифметична (\bar{x}) обчислюється способом умовної середньої (A), помилка визначається за наступною формулою

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\frac{\sum pa^2}{n} - \left(\frac{\sum pa}{n} \right)^2 \right]},$$

де $a = (x_i - A)$ – відхилення варіант (x_i) від умовної A ;
 p – повторюваність або частота відхилення

Коли виникає необхідність знайти середню з декількох приватних середніх з їх помилками, помилка загальної середньої обчислюється за формулою

$$S_x = \frac{1}{K} \sqrt{S \frac{2}{x_1} + S \frac{2}{x_2} + \dots + S \frac{2}{x_k}}.$$

Помилка твори двох вибірових середніх з їх помилками визначається за формулою

$$S_{\bar{x}_1 \bar{x}_2} = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \sqrt{\left(\frac{S_{\bar{x}_1}}{x_1} \right)^2 + \left(\frac{S_{\bar{x}_2}}{x_2} \right)^2}.$$

Помилка частки від розподілу вибірових середніх з їх помилками обчислюється за формулою

$$S_{\bar{x}_1 / \bar{x}_2} = \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2} \sqrt{\left(\frac{S_{\bar{x}_1}}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{S_{\bar{x}_2}}{x_2}\right)^2}.$$

Статистичні помилки характеризують варіювання вибірових показників навколо їх генеральних параметрів. Вони мають ті ж властивості, що й середнє квадратичне відхилення. Лише одна властивість специфічно для помилок репрезентативності: вони зменшуються при збільшенні обсягу вибірки, тобто при $n \rightarrow \infty$, $S_{\bar{x}} \rightarrow 0$. Це властивість статистичних помилок обумовлено дією закону великих чисел, по якому найбільш ймовірний результат виходить при найбільшій кількості випробувань. Звідси зрозуміло значення помилки: вона вказує на точність, з якою вибірові показники репрезентують генеральні параметри. Чим менше помилка, тим ближче вибірова характеристика до величини генерального параметра, і, навпаки, чим більше помилка, тим менш точно репрезентує вибірова характеристика її генеральний параметр. Отже, за властивістю статистичної помилки, яка при $n \rightarrow \infty$ прагне до нуля, можна судити про спроможність оцінок.

Пояснення до завдань

Вибіркова сукупність досить точно відтворює властивості та співвідношення в генеральній сукупності, але не абсолютно точно внаслідок варіації ознак, що вивчаються. Тому між статистичними показниками вибірової сукупності та дійсними значеннями цих показників генеральної сукупності завжди будуть деякі розбіжності, які є випадковими помилками вибірки (інакше – випадковими помилками репрезентативності) та називаються **основними помилками** того чи іншого статистичного показника. На підставі величини цієї основної помилки та значення відповідного показника вибірки можна судити про дійсне значення цього показника в генеральній сукупності. Так, з ймовірністю, що дорівнює 0,68 (у 68% випадків зі ста), можна стверджувати, що розходження між дійсним значенням даного показника в генеральній сукупності та обчисленим його значенням для вибірки не перевищує одноразового значення основної помилки цього показника (зі знаком плюс або мінус); гранична ж розбіжність не перевищує триразового значення основної помилки (про що можна стверджувати з ймовірністю 0,997 чи 99,7% випадків зі ста).

Основні помилки статистичних показників обчислюються за формулами:

Помилка середнього значення (або стандартна помилка, вибіркості, статистична) $m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$; $m_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$ при малих об'ємах ($n \leq 30$).

Хід роботи

Завдання 1. Розрахувати помилку вибіркості за експериментальними даними про довжину тіла (см) у 70 риб

Завдання 2. Розрахувати статистичні показники та помилку вибіркості за експериментальними даними по довжині тіла у 85 екземплярів густери (в мм):

143 143 128 130 143 127 143 157 120 119 94 145 138 118 134 95
 148 144 120 140 140 120 138 142 153 130 138 153 135 124 130 148
 150 138 130 137 135 134 135 136 142 124 114 142 139 111 133 165
 164 127 126 145 126 145 125 132 134 172 139 137 138 137 137 133
 151 139 139 117 141 131 100 107 140 129 132 125 120 142 158 141
 124 154 154 139 117

Дані подати у вигляді робочої таблиці та зробити розрахунки способом умовної середньої:

Границі класів	Серединні значення класів, x_i	x_i	Рознесення	f_i	a	fa	fa^2
						$\Sigma fa =$	$\Sigma fa^2 =$

Завдання 3. Взначено довжину 70 екзмплярів риб (в см):

27 32 32 31 32 28 37 35 26 28 32 28 35 36 28 39 43 28 33 36 34 26
 32 33 36 30 35 36 28 37 43 32 32 23 26 26 36 28 27 35 37 34 40 32
 33 32 35 32 28 26 37 27 31 35 37 31 29 30 26 29 29 31 32 35 41 40
 31 36 29 33

Дані подати у вигляді робочої таблиці та зробити розрахунки способом умовної середньої:

Границі класів	Серединні значення класів, x_i	x_i	Рознесення	f_i	a	fa	fa^2
						$\Sigma fa =$	$\Sigma fa^2 =$

Питання для самоперевірки

1. Дати визначення «Помилка вибіркової»?
2. Як визначаються основні помилки статистичних показників?
3. Що називається статистичними оцінками генеральних параметрів?
4. Що називається оцінками параметрів, і які вони бувають?
5. Дайте визначення точковим оцінками параметрів.
6. Які вимоги пред'являються до точкових оцінками параметрів?
7. Що таке помилки вибірових показників?
8. Що називається статистичною помилкою?
9. Що називається помилкою репрезентативності?

Практична робота № 7 СТАТИСТИЧНІ ГІПОТЕЗИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Мета роботи: навчитись оцінювати ступінь достовірності статистичних показників.

Матеріали та обладнання: методичні рекомендації, навчальна література [1, ст. 40-66], дані статистичних величин та розрахунків з практичних робіт тем 5, 6, таблиці, калькулятори.

Теоретичні питання

Поняття статистичної гіпотези. Нульова та альтернативна гіпотези. Статистичні критерії (тести). Можливість справедливості нульової гіпотези (рівень значущості). Статистичні помилки I та II типу. Потужність критерію (тесту). Поняття про параметричні та непараметричні критерії (тести). Способи трансформації даних для приведення їх до нормального розподілу: логарифмування, вилучення квадратного кореня.

Пояснення до завдань

Точність дослідження, або відсоток помилки спостереження – це відсоток розбіжності між генеральною та вибірковою середньою, яка обчислюється за такою формулою:

$$p = \frac{100 \cdot m_x}{X}$$

або ж за формулою

$$p = \frac{C}{\sqrt{N}}$$

Точність дослідження показує, наскільки відсотків можна помилитися, якщо стверджувати, що генеральна середня дорівнює отриманій вибірковій середній.

Отриманий відсоток помилки зіставляється із заданим: якщо він не більший за заданий, точність достатня, а якщо більша, то точність результату є незадовільною; отже, слід збільшити кількість спостережень.

Після обчислення того чи іншого статистичного показника необхідно перевірити ступінь його надійності чи достовірності шляхом розподілу величини цього показника на величину його основної помилки:

$$t = \frac{X}{m_x}$$

X – величина будь-якого статистичного показника;

m_x – величина помилки будь-якого статистичного показника.

Якщо частне t вийде рівним або більше трьох, значення показника є надійним, достовірним, і ним можна користуватися для різних зіставлень і висновків. Якщо ж це відношення буде менше трьох, то цей показник виявляється ненадійним, величина його не достовірна і є лише тією чи іншою мірою ймовірною. Такі показники не можна зіставляти між собою чи робити з урахуванням їх заключення. Нерідко доводиться вирішувати питання, наскільки суттєва відмінність у значеннях показників будь-якої ознаки, обчислених для різних сукупностей. З цією метою знаходиться основна помилка різниці чисел та доводиться її достовірність за вищеповисаним принципом. Помилка різниці обчислюється як квадратний корінь із суми квадратів основних помилок досліджуваного показника, тобто $m_s = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$.

Отриману різницю показників ділять з його помилку. Знаходиться суттєвість відмінності середніх значень:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{m_s} = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

Якщо цей показник вийде більше трьох, то відмінність суттєво, доведено, і цей захід викликав суттєву зміну; обидві порівнювані вибіркові сукупності є представниками якісно різних генеральних сукупностей. Якщо ж він вийде менше трьох, то можна стверджувати, що розбіжність виявилася випадковою, недостовірною і принаймні доцільність цього заходу залишилася недоведеною.

Розрахунок довірчих інтервалів статистичних показників. Середнє значення, основне (квадратичне) відхилення, коефіцієнт мінливості, асиметрія, ексцес дають уявлення про величину та форму розподілів спостережень. Однак вони не дають уявлення про можливі значення випадкової величини. Воно полягає у обчисленні ймовірності того, що значення величини полягатиме в певних межах. Вважається, що межі достовірно визначено якщо можливість близька до одиниці, наприклад, 0,99 або 0,999 (99,0% або 99,9%). Відповідні межі називаються довірчими. Залежно від типу розподілу даних, довірчий інтервал розраховується двома способами. У симетричних розподілах, близьких до нормального, розмах відхилень даних від середньої арифметичної зазвичай дорівнює приблизно 3σ в обидві сторони від значення середньої (так званий закон трьох сигм).

При розрахунку довірчого інтервалу для трьох стандартних довірчих рівнів: 95%, 99%, 99,9% t вибирається за числом ступенів свободи з таблиці.

Значення показника t (критерію Стьюдента)

Число ступенів свободи	Довірчі рівні		
	95%	99%	99,9%
9	2,3	3,2	4,8
10	2,2	3,2	4,6
11-14	2,2	3,0	4,3
15-20	2,1	2,9	3,9
21-30	2,1	2,8	3,7
31-60	2,0	2,7	3,5
61-120	2,0	2,6	3,4
∞	1,96	2,58	3,29

Довірчий інтервал статистичного показника, наприклад, середньої арифметичної, будується за формулою:

$$\bar{X} - t \cdot m_{\bar{x}} < \mu < \bar{X} + t \cdot m_{\bar{x}}$$

Підставляючи формулу величини середнього арифметичного, коефіцієнта варіації, коефіцієнта асиметрії, ексцесу та його помилок визначаються довірчі інтервали цих показників.

Хід роботи

Завдання 1. Отримано дані про довжину дорослого коропа (см):

42 58 44 54 41 50 46 46 54 48 43 49
 50 48 46 46 45 53 48 48 53 53 48 41
 46 40 50 43 49 51 52 46 42 44 48 45
 47 46 43 50 47 45 48 40 44 42 48 45
 54 50 56 48 45 45 51 42 44 47 46 45

Провести аналіз:

- Обчислити статистичні характеристики (M_0 , M_e , X , σ , m_x , P , C_v).
- Дати оцінку достовірності (довірчий інтервал при трьох рівнях значущості; H_0 ; критерій Стьюдента).
- Зробити обґрунтований висновок та відповідь.

Завдання 2. Провести статистичні розрахунки при якісній варіації ознак. Зі 100 риб захворіло 8. Визначити рівень захворюваності в досліджуваній групі та порівняти з теоретичною 0,12. Провести аналіз:

- Скласти діаграму захворюваності.
- Обчислити статистичні характеристики (p , δ_p , m_p , P , Cv).
- Дати оцінку достовірності (довірчий інтервал при трьох рівнях значущості; H_0 ; критерій Стюдента).
- Зробити обґрунтований висновок. Відповідь.

Завдання 3. Використовуючи критерій Стюдента різниці двох середніх, відповісти на запитання: чи відрізняються за масою тіла (кг) самці та самиці сомів (3 та 4 років життя) вирощених у ставовому господарстві.

Самці:	3,75	3,59	3,75	3,78	3,72	3,79	3,69
Самиці:	3,75	3,54	3,71	3,79	3,70	3,77	3,79

Питання для самоперевірки

- 1 Сутність нульової гіпотези?
- 2 Як визначається довірчий інтервал при нормальному розподілі статистичних показників?
- 3 Що таке рівень значущості?
- 4 Що таке вірогідність?

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Крюкова М.І. Статистичні методи в біологічних дослідженнях: Конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2012. 118 с.
2. Барановський Д.І. Біометрія в програмному середовищі MS Excel: навчальний посібник / Д. І. Барановський, О. М. Гетманець, А. М. Хохлов. Х. : СПД Бровін О. В., 2017. 90 с.
3. Біометрія / О. Г. Близнюченко. Полтава : РВВ "TERRA", 2003. 346 с.: рис. Бібліогр.: с. 267-280.
4. Біометрія: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.: у 2 ч. / Є. Я. Швець, М. Г. Сидоренко, І. В. Червоний ; Запорізька державна інженерна академія. Запоріжжя, 2004 .

Додаткова

1. Біометрія: навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. / М. П. Горошко [и др.] ; Український держ. лісотехнічний ун-т. - Л. : Камула, 2004. 235 с.: рис., табл. - Бібліогр.: с. 197-198.
2. Гетманець О. М. Економетрика: курс лекцій / О. М. Гетманець. Харків : РИО ХГЗВА, 2012. 94 с.
3. Основи варіаційної статистики. Біометрія: посібник з генетики с.-г. тварин для викл. і студ. зооінж. ф-тів вищих навч. с.-г. закл. III-IV рівнів акредитації / В. С. Патров [и др.] ; ред. В. С. Патров. Дн. : Січ, 2000. 194 с. Допоміжна:
4. Біометрія: навч. посіб. / В. В. Буджак ; Чернів. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. Чернівці : Рута, 2013. 327 с.

Навчальне електронне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для практичних робіт з навчальної дисципліни
«СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ»
для студентів денної та заочної форм навчання
РВО «бакалавр»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
ОПП «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів»
(частина I)

для лабораторних занять з навчальної дисципліни

Укладачі: канд.біол.наук, доц., Бургаз Марина Іванівна

канд.георг.наук, доц., Бургаз Олексій Анатолійович

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15
