



Co-funded by
the European Union



National University of Water
and Environmental
Engineering

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра водних біоресурсів

05-03-133М

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Методологія наукових досліджень»
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Охорона,
відтворення та раціональне використання
гідробіоресурсів» спеціальності 207 «Водні біоресурси та
аквакультура» денної та заочної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол №23 від 27.08.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Методологія наукових досліджень» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона, відтворення та раціональне використання гідробіоресурсів» спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Бедункова О. О. – Рівне: НУВГП, 2024. – 39 с.

Укладач: Бедункова О. О., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, доктор біологічних наук, професор.

Відповідальний за випуск: Полтавченко Т. В. – к.вет.н., доцент, завідувачка кафедри водних біоресурсів.

Керівник групи забезпечення
спеціальності 207
«Водні біоресурси та аквакультура»

Сондак В. В.

AFISHE «Development of Aquaculture and Fisheries Education for Green Deal in Armenia and Ukraine: from Education to Ecology»
<https://www.afishe.eu/>

Матеріали опубліковані як частина проекту ЄС, який фінансується за підтримки Європейської комісії. Ця публікація відображає погляди авторів і Європейська комісія не може нести відповідальності за використання будь-якої інформації, що тут міститься.

© О. О. Бедункова, 2024

© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
Практична робота №1 Фундаментальні та прикладні наукові дослідження	4
Практична робота №2 Терміни та визначення у наукових дослідженнях	8
Практична робота №3 Методи розрахунку середніх величин ...	13
Практична робота №4 Мода і медіана як методи статистичного аналізу в аквакультурі	19
Практична робота №5 Показники різноманітності: визначення ступеня мінливості ознаки, що варіює	21
Практична робота №6 Вивчення зв'язків між ознаками. Розрахунок коефіцієнта кореляції для великих і малих виборік за кількісними ознаками	28
Практична робота №7 Оцінка стану водного середовища за флюктууючою асиметрією представників іхтіофауни	32
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	38

ПЕРЕДМОВА

Ці методичні вказівки спрямовані на формування у студентів комплексного розуміння основних методів і підходів, що використовуються у сучасних наукових дослідженнях у галузі водних біоресурсів. Вони допоможуть студентам опанувати теоретичні та практичні аспекти проведення наукових досліджень, що є необхідними для їхньої майбутньої професійної діяльності.

Практичні роботи, які представлені у цих методичних вказівках, охоплюють широкий спектр питань, від розрахунку статистичних показників до оцінки стану водного середовища за

допомогою методів біоіндикації. Особлива увага приділяється питанням методології наукових досліджень, що включає планування експериментів, обробку та інтерпретацію результатів, а також формування висновків.

Методичні вказівки містять докладний опис процедур виконання кожної практичної роботи, а також запитання для самоконтролю знань, що допоможе студентам ефективно підготуватися до занять та закріпити отримані знання.

Практична робота №1 **Фундаментальні та прикладні наукові дослідження**

Мета: Ознайомитись зі специфікою та призначенням фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

Основна поняття

Наука (science) – сфера людської діяльності, функцією якої є вироблення та теоретична систематизація об'єктивних знань про дійсність.

Безпосередні *цілі науки* - опис, пояснення та передбачення процесів і явищ дійсності, що становлять предмет її вивчення на основі законів, що нею відкриваються, тобто в широкому сенсі - теоретичне відображення дійсності.

Наукове дослідження:

- конкретна форма проведення наукової роботи, тобто вивчення науковими методами конкретного предмета (явища, процесу) з метою отримання невідомих про нього знань та їх подальшого корисного використання у практичній діяльності;
- процес вивчення, експерименту, концептуалізації та перевірки теорії, пов'язаний зі здобуттям наукових знань;
- цілеспрямоване пізнання, результати якого виступають у вигляді системи понять, законів та теорій.

Відмінні ознаки наукового дослідження:

- це обов'язково цілеспрямований процес, досягнення усвідомлено поставленої мети, чітко сформульованих завдань;

– це процес, спрямований на пошук нового, творчість, відкриття невідомого, висування оригінальних ідей, нове висвітлення аналізованих питань;

– тут упорядковано наведено в систему і сам процес дослідження, і його результати;

– йому властива суворості доказовості та послідовне обґрунтування зроблених узагальнень та висновків.

Фундаментальна наука:

– сфера пізнання, що передбачає теоретичні та експериментальні наукові дослідження основних явищ і пошук закономірностей, які пояснюють форму, будову, склад, структуру та властивості, а також перебіг процесів;

– це наука заради науки, частина науково-дослідної діяльності без певних комерційних або практичних цілей;

– це наука, що має на меті створення теоретичних концепцій та моделей, практичне застосування яких неочевидне.

Завдання фундаментальної науки - пізнання законів, що управляють поведінкою та взаємодією базисних структур природи, суспільства та мислення. Ці закони та структури вивчаються у «чистому вигляді», як такі, безвідносно до їхнього можливого використання.

Приклад фундаментальної науки - природознавство, воно спрямоване на пізнання природи, розуміння того, що вона існує сама по собі, незалежно від того, яку уяву дають відкриття: освоєння космосу чи забруднення довкілля. І жодної іншої мети природознавство не переслідує. Це наука на науку, тобто. пізнання навколишнього світу, відкриття фундаментальних законів буття та збільшення фундаментальних знань.

Фундаментальну науку через те, що вона розвивається головним чином в університетах та академіях наук, часто називають ще академічною. Академічна наука, як правило, – фундаментальна наука, наука не заради практичних додатків, а заради чистої науки. Це часто дійсно так, проте "часто" не означає "завжди". Фундаментальні та академічні дослідження – різні речі.

Фундаментальні дослідження – це такі дослідження, які відкривають нові явища та закономірності, це частина науково-дослідної діяльності, спрямована на поповнення загального обсягу теоретичних знань. Вони не мають заздалегідь визначених комерційних цілей, хоча й можуть здійснюватися в галузях, які цікавлять чи здатні зацікавити у майбутньому бізнесменів-практиків. До фундаментальних досліджень відносяться експериментальні та теоретичні дослідження, спрямовані на отримання нових знань без будь-якої конкретної мети, пов'язаної з використанням цих знань. Їхній результат — гіпотези, теорії, методи тощо.

Фундаментальні дослідження спрямовані на відкриття та вивчення нових явищ та законів природи, на створення нових принципів дослідження. Їхньою метою є розширення наукового знання суспільства, встановлення того, що може бути використане в практичній діяльності людини. Фундаментальні дослідження можуть завершуватись рекомендаціями щодо постановки прикладних досліджень для виявлення можливостей практичного використання отриманих результатів, науковими публікаціями тощо.

Прикладна наука ставить собі завдання вирішення певної технічної проблеми зазвичай у безпосередньому зв'язку з матеріальними інтересами суспільства.

Прикладні дослідження:

- наукові дослідження, спрямовані на вирішення соціально-практичних проблем;
- дослідження, спрямовані на здобуття нових знань з метою практичного їх використання для розробки технічних нововведень. Кінцевим результатом прикладних досліджень є рекомендації щодо створення технічних нововведень;
- дослідження, спрямовані переважно на застосування нових знань для досягнення практичних цілей та вирішення конкретних завдань;
- дослідження, спрямовані на знаходження способів використання законів природи для створення нових та

вдосконалення існуючих засобів та способів людської діяльності людини;

– вид наукових досліджень, основна мета яких – вирішення практичних проблем.

Прикладні пошукові дослідження спрямовані на встановлення чинників, які впливають на об'єкт, пошук шляхів створення нових технологій і техніки з урахуванням способів, запропонованих у результаті фундаментальних досліджень.

Прикладні науково-дослідні роботи створюють нові технології, опрацьовують важливі теоретичні питання тощо.

Прикладні дослідження включають постановку завдання, попередній аналіз наявної інформації, умов та методів розв'язання задач-аналогів, планування та організацію експерименту, проведення експерименту, аналіз та узагальнення отриманих результатів, впровадження отриманих результатів у виробництво.

Експериментальні розробки – діяльність, що ґрунтується на знаннях, набутих у результаті проведення наукових досліджень або на основі практичного досвіду та спрямована на збереження життя та здоров'я людини, створення нових матеріалів, продуктів, процесів, пристроїв, послуг, систем чи методів та їх подальше вдосконалення.

За джерелами фінансування розрізняють держбюджетні (які виконуються за рахунок коштів держбюджету), госпдоговірні (виконуються за рахунок коштів договорів з підприємствами та організаціями) та ініціативні (виконуються за рахунок власних коштів).

Завдання

Завдання 1. Ознайомитись зі специфікою та призначенням фундаментальних та прикладних наукових досліджень. Обдумайте можливі шляхи подальшого розвитку співпраці між фундаментальними та прикладними науковими напрямками.

Завдання 2. Проведіть дискусію на тему "Взаємозв'язок між фундаментальними та прикладними дослідженнями в сучасній науці". Під час дискусії проаналізуйте наукову літературу, що

стосується взаємодії фундаментальної та прикладної науки, зверніть увагу на наступні аспекти:

– Як фундаментальні дослідження впливають на розвиток прикладної науки?

– У яких випадках результати фундаментальних досліджень знаходять практичне застосування?

– Які приклади можна навести, коли прикладні дослідження стали основою для нових фундаментальних відкриттів?

– Оцініть роль фінансування в цьому взаємозв'язку та визначте, які джерела фінансування є більш ефективними для кожного з типів досліджень.

Запитання для самоконтролю

1. Що є безпосередніми цілями науки?
2. Які відмінні ознаки наукового дослідження?
3. Що є головною метою фундаментальної науки?
4. Чим відрізняються фундаментальні дослідження від прикладних?
5. Що таке прикладна наука?
6. Які етапи включають прикладні дослідження?

Практична робота №2

Терміни та визначення у наукових дослідженнях

Мета: Ознайомитись з термінологією та визначеннями, які використовуються в процесі реалізації наукових досліджень

Основна частина

Теорія:

– система узагальненого знання, пояснення тих чи інших аспектів дійсності (від латинського *theoreo* – розглядаю);

– вчення, система ідей чи принципів (від грец. *θεωρία* – розгляд, дослідження);

– сукупність висновків, які відображають об'єктивно існуючі відносини та зв'язки між явищами об'єктивної реальності;

– сукупність узагальнених положень, що утворюють науку чи її розділ.

Вихідні становища наукової теорії називаються постулатами, чи аксіомами.

Аксіома, постулат (від грец. αξίωμα – твердження, положення):

– це положення, яке приймається як вихідне, недоведене в даній теорії, і з якого виводяться всі інші пропозиції та висновки теорії. Аксіоми очевидні без доказів;

– вихідне становище будь-якої теорії, яке приймається в рамках цієї теорії істинним, без вимоги доказу та використовується в основі доказу інших її положень;

– вихідне положення, що приймається без доказу теорії, яка лежить в основі доказів її положень.

Методологія – вчення про структуру, логічну організацію, методи та засоби діяльності; система принципів та способів організації та побудови теоретичної та практичної діяльності, а також вчення про цю систему.

Методологія науки - вчення про методи та процедури наукової діяльності, а також розділ загальної теорії пізнання, особливо теорії наукового пізнання (епістемології) та філософії науки. Основне завдання методології науки полягає у забезпеченні евристичної форми пізнання суворо вивічених та минулих апробацію принципів, методів, правил та норм проведення досліджень.

Методологія в прикладному сенсі – це система (комплекс, взаємопов'язана сукупність) принципів та підходів дослідницької діяльності, на які спирається дослідник (вчений) у ході здобуття та розробки знань у межах конкретної наукової дисципліни чи предметної галузі.

Метод:

– систематизована сукупність кроків, дій, які необхідно зробити, щоб вирішити певне завдання або досягти певного результату;

– спосіб досягнення будь-якої мети, розв'язання конкретної задачі;

– сукупність прийомів чи операцій (кроків) для практичного чи теоретичного освоєння (пізнання) дійсності.

З огляду на свою обмеженість рамками дії та результату, методи мають тенденцію старіти, перетворюючись на інші методи, розвиваючись відповідно до часу, досягнення технічної та наукової думки, потреб суспільства.

Спосіб – набір цілком конкретних дій щодо реалізації методу. Один і той самий метод може бути реалізований декількома різними послідовностями дій (методами).

Підхід – сукупність однорідних методів розв'язання певного завдання.

Методика:

– це сукупність розумових та фізичних операцій, розміщених у певній послідовності, відповідно до якої досягається мета дослідження;

– це, як правило, готовий "рецепт", алгоритм, процедура для проведення будь-яких націлених дій.

Методика відрізняється від методу конкретизацією прийомів та завдань. Наприклад, математична обробка даних експерименту може бути як метод (математична обробка), а конкретний вибір критеріїв, математичних характеристик – як методика.

Алгоритм – набір інструкцій, що описують порядок дій виконавця задля досягнення результату розв'язання завдання кінцеве число дій.

Технологія – (від грец. τέχνη – мистецтво, майстерність, вміння; λόγος – думка, причина; методика, спосіб виробництва) – у широкому розумінні – сукупність методів, процесів і матеріалів, що використовуються в будь-якій галузі діяльності, а також науковий опис методів технічного виробництва; у вузькому – комплекс організаційних заходів, операцій та

прийомів, спрямованих на виготовлення, обслуговування, ремонт та/або експлуатацію виробу з номінальною якістю та оптимальними витратами та зумовлених поточним рівнем розвитку науки, техніки та суспільства в цілому.

Принцип (лат. *prīncipiūm*, грец. *αρχή*):

– абстрактне визначення ідеї (початкова форма систематизації знань);

– правило, що виникло внаслідок суб'єктивно осмисленого досвіду людей.

Вимоги – необхідний та достатній перелік умов, які забезпечують отримання бажаного результату

Аналіз (др.-грец. - розкладання, розчленування):

– логічний прийом визначення поняття, коли дане поняття розкладають за ознаками на складові, щоб таким чином зробити пізнання його зрозумілим у повному обсязі.

– метод пізнання за допомогою розчленування чи розкладання предметів дослідження (об'єктів, властивостей тощо) на складові.

Системний аналіз – науковий метод пізнання, що є послідовністю дій щодо встановлення структурних зв'язків між змінними або елементами досліджуваної системи.

Синтез – поєднання окремих сторін предмета в єдине ціле.

Термін походить від др.-грец. *σύνθεσις* - з'єднання, складання, зв'язування. Синтез є спосіб зібрати ціле з функціональних частин як антипод аналізу – способу розібрати ціле на функціональні частини.

З погляду теорії пізнання, синтез є необхідним етапом прояву пізнавальної діяльності свідомості. У сукупності з аналізом метод синтезу дозволяє отримати уявлення про зв'язки між складовими предмета вивчення.

Математична модель – система математичних співвідношень (формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь), що описують ті чи інші сторони об'єкта, що вивчається, явища, процесу або об'єкт (процес) в цілому.

Під час розробки моделі необхідно знайти компроміс між двома протилежними вимогами:

– модель повинна бути детальною, враховувати всі реально існуючі зв'язки та всі фактори та параметри, що використовуються;

– модель повинна бути досить простою, щоб можна було отримати прийнятні рішення або результати у прийнятні терміни за певних обмежень на ресурси.

Адекватність моделі – це її відповідність до того реального фізичного процесу (або об'єкта), який вона описує.

Експеримент (від латів. *experimentum* – проба, досвід): метод дослідження на моделі об'єкта (процесу) деякого явища у керованих умовах;

процес вивчення об'єкта (явлення), що ґрунтується на цілеспрямованому впливі на модель об'єкта штучно створених умов, що дозволяє спостерігати, порівнювати та вимірювати його властивості та встановлювати залежності зміни властивостей від зовнішніх впливів.

Етапи проведення експерименту:

1. Підготовчий етап: формулювання та обґрунтування мети експерименту; формулювання та обґрунтування гіпотези експерименту; визначення умов, необхідні досягнення поставленої мети; складання плану (проекту) експерименту; вибір способу кодування інформації, яка отримується в процесі спостереження; визначення необхідних приладів, матеріалів, інструментів, встановлення їх наявності та справності; відбір приладів, матеріалів, інструментів безпосереднього використання у експерименті.

2. Етап безпосереднього здійснення експерименту: складання установки з урахуванням умов виконання експерименту; проведення у запланованій послідовності: а) дослідів; б) спостережень; в) вимірів; г) кодування результатів експерименту

3. Етап обробки результатів експерименту: математичні обчислення; аналіз отриманих даних; формулювання та кодування висновків.

Завдання

Завдання 1. Ознайомтесь із ключовими термінами та визначеннями, що використовуються в наукових дослідженнях, такими як "теорія", "методологія", "аксіома", "метод", "синтез", "експеримент" тощо. На основі отриманих знань складіть глосарій, який міститиме 10 термінів з їх визначенням та прикладами з наукової літератури, які ілюструють їх застосування.

Завдання 2. Обговоріть у групах роль та значення системного аналізу і синтезу в наукових дослідженнях. Після дискусії складіть аналітичний звіт, у якому наведіть приклади досліджень, де системний аналіз і синтез були ключовими методами, та поясніть, як ці підходи вплинули на отримання результатів.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке "теорія" в контексті наукового дослідження?
2. Яке положення називається аксіомою або постулатом у науковій теорії?
3. Чим відрізняється метод від методики?
4. Що таке експеримент у наукових дослідженнях?
5. Які основні етапи проведення експерименту?
6. Що означає термін "системний аналіз" у науковому контексті?

Практична робота №3

Методи розрахунку середніх величин

Мета роботи: Опанувати методи визначення середніх величин у рядах експериментальних даних

Основні поняття

Розрахунок середніх величин є статистичним підходом, який дозволяє отримати узагальнене значення для певної сукупності даних. *Середня величина* відображає центральну тенденцію даних і допомагає виявити загальні характеристики досліджуваного явища або процесу.

Процес розрахунку середніх величин включає такі кроки:

- 1) Збір даних: Визначаються індивідуальні значення, які

представляють певні параметри чи показники (наприклад, вага, довжина риб, продуктивність системи тощо); 2) Сума значень: Всі індивідуальні значення підсумовуються; 3) Розрахунок середнього: Сума всіх значень ділиться на кількість спостережень.

У аквакультурі метод розрахунку середніх величин може бути застосований для:

- оцінки середнього приросту маси риб: Для аналізу ефективності різних кормів або умов утримання;
- визначення середньої продуктивності: Визначення середньої кількості продукції на одиницю площі або об'єму;
- моніторингу показників якості води: Середні значення параметрів води, таких як температура, рН, рівень кисню, можуть допомогти в оцінці стабільності середовища.

Цей метод дозволяє отримати узагальнені дані, на основі яких можна робити висновки щодо ефективності управління системами аквакультури та планувати подальші заходи для покращення виробництва.

Початкова кількісна інформація під час ранжування перетворюється на варіаційний ряд. Характеристики цього ряду дозволяють сформувати уявлення про початковий набір даних. Концентрація кількісного матеріалу та його представлення через декілька параметрів слугують основою для подальших досліджень, оскільки подальша робота ведеться не з усіма даними, а лише з характеристиками варіаційного ряду.

Основні характеристики варіаційного ряду включають:

Мода (Mode) – значення, яке зустрічається найчастіше в варіаційному ряду.

Медіана (Median) – центральне значення в упорядкованому ряду, яке ділить його на дві рівні частини.

Середнє арифметичне (Mean) – сума всіх значень, поділена на їх кількість; показник центральної тенденції.

Розмах (Range) – різниця між максимальним і мінімальним значенням у ряду.

Дисперсія (Variance) – міра розкиду значень відносно середнього арифметичного.

Стандартне відхилення (Standard Deviation) – квадратний корінь з дисперсії, показник середнього розсіювання значень навколо середнього.

Квартилі (Quartiles) – значення, що ділять варіаційний ряд на чотири рівні частини.

Коефіцієнт варіації (Coefficient of Variation) – відношення стандартного відхилення до середнього арифметичного, виражене у відсотках. Використовується для оцінки рівня варіативності відносно середнього значення.

Середня арифметична може бути простою та зваженою.

У малій вибірці ($n < 30$) середню арифметичну обчислюють простим способом, як єдність сумарної дії:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1.1)$$

де: x_i – величина варіюючої ознаки; n – об'єм (чисельність) вибірки.

Середнім арифметичним для непараметричних або альтернативних ознак служить показник частки, яку складають члени сукупності, що мають цю альтернативну ознаку:

$$\bar{X}_n = \frac{p}{n} \quad (1.2)$$

де: p – число членів сукупностей з наявністю альтернативної ознаки; n – загальне число членів вибірки.

Середня зважена величина – це результат усереднення середніх арифметичних кількох сукупностей:

$$\bar{X}_{зв} = \frac{\bar{X}_1 \cdot n_1 + \bar{X}_2 \cdot n_2 + \dots + \bar{X}_i \cdot n_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} = \frac{\sum \bar{X} \cdot n}{\sum n} \quad (1.3)$$

де: \bar{X}_1 , \bar{X}_2 та \bar{X}_i – середні арифметичні 1-ї, 2-ї та 3-ї сукупності; n_1 , n_2 та n_i – об'єми цих сукупностей.

Середня гармонійна (H) застосовується при обчисленні середнього рівня ознаки, що характеризує швидкість будь-якого

процесу (середня швидкість плавання, швидкість пересування риб на нерест і т.д.), а також у випадку, якщо ознака виражена індексом (число лусочок на 1 см² поверхні шкіри). Цю характеристику на відміну середньої арифметичної, що представляє суму варіант, віднесених до їх числа (кількості), визначають як суму зворотних значень варіант, поділених на їх число:

$$H = \frac{n}{\sum \frac{1}{x_i}} = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_i}} \quad (1.4)$$

де: x_i – величина варіюючої ознаки; n – число періодів часу.

Цю формулу використовують у тому випадку, якщо періоди часу мають однакову величину.

Якщо середню гармонійну обчислюють для сукупності, що згруповано за класами, або для сукупності, у якої приватні відрізки часу мають різну величину, то користуються формулою:

$$H_{ЗВ} = \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{\frac{1}{x_1} p_1 + \frac{1}{x_2} p_2 + \dots + \frac{1}{x_n} p_n} \quad (1.5)$$

де: p – тривалість періодів часу.

Середнє квадратичне значення варіюючої ознаки (S) використовують у тих випадках, коли цю ознаку виражають площею кола і для її отримання вимірюють величину діаметра (діаметр ікринок, діаметр клітинного ядра, альвеол або клітин крові):

$$S = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}} \quad (1.6)$$

де: x_i – величина варіюючої ознаки; n – число спостережень у вибірці.

У випадку повторюваності окремих варіантів використовують зважену середню квадратичну ($S_{ЗВ}$):

$$S_{ЗВ} = \sqrt{\frac{\sum n_i x_i^2}{\sum n_i}} \quad (1.7)$$

де: n_i – число спостережень у вибірці.

Для характеристики об'ємних ознак (обсяг ікринок, еритроцитів тощо) більш точною є середня кубічна величина (Q):

$$Q = \sqrt[3]{\frac{\sum x_i^3}{n}} \quad (1.8)$$

де: x_i – величина варіюючої ознаки; n – число спостережень у вибірці.

При повторюваності окремих варіантів використовується зважена середня кубічна ($Q_{зв}$):

$$Q_{зв} = \sqrt[3]{\frac{\sum (n_i \cdot n_i^3)}{\sum n_i}} \quad (1.9)$$

де: n_i – частота (число випадків).

Середні значення використовують як головну характеристику будь-якої групи особин за якоюсь фенотиповою ознакою. Без середнього значення неможливо проводити відбір, визначати успадкованість ознаки, здійснювати підбір тощо, тобто неможливо вести племінну та селекційну роботу

Завдання

Завдання 1. Визначити середню вагу тіла у самок лосося, якщо вага окремих особин становить (кг): 6,4; 6,8; 9,4; 9,6; 7,5; 8,6. При розрахунках використовувати метод обчислення середнього арифметичного значення варіюючої ознаки у малій вибірці ($n < 30$).

Завдання 2. Визначити середню кількість самців у стаді форелі, якщо з 2000 особин 1200 виявилися самцями. При розрахунках використовувати середню арифметичну за альтернативними ознаками.

Завдання 3. Визначити середню запліднюваність самок коропа в трьох водоймах, якщо відомо, що у першій водоймі у вибірку потрапило 19 самок, у другій – 25, у третьому 27 самок,

а середня запліднюваність по водоймах склала відповідно 46,7; 70,0; 76,0%.

Завдання 4. Визначити середню величину нарощування маси тіла однорічок коропа у нагульному ставу, якщо за місяць вона збільшилась на 120 г, у тому числі за першу декаду на 30 г, за другу декаду на 50 г, за третю декаду на 40 г.

Завдання 5. Визначити середню швидкість ходу сьомги під час руху з моря до нерестової річки, якщо за першу добу шляху вона пройшла 20 км, за наступні 3 доби – по 15 км та за останні 2 доби – по 14 км.

Завдання 6. Розрахувати середній діаметр семи зигот до початку їх дроблення, якщо відомий діаметр кожної з них (мкм): 75; 65; 55; 70; 60; 59; 68.

Завдання 7. Визначити середній діаметр ядра в клітинах, якщо відомо, що 5 клітин мали діаметр ядра 120 мкм, 3 клітини – 225 мкм та 8 клітин – 400 мкм.

Завдання 8. Визначити середній об'єм 5 ікринок щуки, якщо відомо, що вони мали такий обсяг (мм³): 4,3; 5,1; 4,8; 5,2; 4,5 мм³.

Завдання 9. Обчислити середній обсяг 18 навмання відібраних ікринок оселедця-чорноспинки, якщо результати вимірювань виявилися наступними:

Об'єм ікринок (x_i), мм ³	4,7	4,8	5,0	5,4	5,6	6,0
Кількість ікринок (n_i)	2	4	6	3	2	1

Запитання для самоконтролю

1. Яке значення середньої величини використовується для оцінки центральної тенденції даних?
2. Яка формула використовується для розрахунку середнього арифметичного у малій вибірці ($n < 30$)?
3. Як визначається середнє гармонійне і в яких випадках його доцільно використовувати?
4. Що таке мода, і чим вона відрізняється від медіани?
5. Для яких параметрів у аквакультурі може бути застосований метод розрахунку середніх величин?
6. Як розраховується середня арифметична для альтернативних ознак?

7. Що таке коефіцієнт варіації, і як він інтерпретується при аналізі даних?

Практична робота №4

Мода і медіана як методи статистичного аналізу в аквакультури

Мета роботи: Опанувати методи розрахунку моди та медіани та їх застосування для аналізу експериментальних даних в аквакультури.

Основні поняття

З метою оцінки центральних тенденцій та поширеності показників у вибірках досліджуваних риб або гідробіонтів, що сприяють у підсумку прийняттю ефективних управлінських рішень, застосовують такі статистичні параметри, як мода і медіана.

Модойо називається величина варіюючої ознаки (як кількісної, так і якісної), що найчастіше зустрічається. У варіаційних рядах, розбитих на класи за величиною ознаки, модальним буде клас, що має найбільшу кількість частот. У варіаційному ряду може бути кілька модальних класів. Мода обчислюється за формулою:

$$M_o = W_o + k \cdot \left(\frac{f_1 - f_2}{2 \cdot f_2 - f_1 - f_3} \right) \quad (2.1)$$

де: W_o – нижня межа модального класу; k – величина проміжку класу; f_1 – частота класу, що передує модальному; f_2 – частота модального класу; f_3 – частота класу, наступного за модальним.

Цю формулу використовують для сукупностей, оформлених у вигляді класів ознаки, що варіює. У варіаційних рядах, що мають симетричне або близьке до нього розміщення частот, величини моди та середньої арифметичної збігаються:

$$\bar{X} = M_o \quad (2.2)$$

Медіаною називають середину класу, що поділяє варіаційний ряд на дві частини. Одна частина має значення ознаки менше M_e , інша більше:

$$M_e = W_o + K \cdot \frac{\frac{n}{2} - f_1}{f_{M_e}} \quad (2.3)$$

де: W_0 – нижня границя класу, де знаходиться медіана; K – величина класного проміжку; f_1 – сума накопичених частот, що передують класу, де знаходиться медіана; f_{Me} – частота класу, де знаходиться медіана; n – об'єм вибірки.

Використовують показник медіани найчастіше для характеристики якісних ознак. При визначенні медіани для кількісних ознак при малій кількості спостережень члени вибірки записуються підряд у зростаючому порядку. Середній член такого ранжованого ряду буде показником медіани.

Завдання

Завдання 1. У ході дослідження розподілу розмірів риб у водоймі було отримано варіаційний ряд, розбитий на класи за розмірами риб (в сантиметрах) та їх частотами: 10-12 см – 12 риб; 13-15 см – 18 риб; 16-18 см – 25 риб; 19-21 см – 30 риб; 22-24 см – 20 риб. Спочатку визначте модальний клас (клас з найбільшою частотою), а потім застосуйте формулу для обчислення моди.

Завдання 2. Під час дослідження продуктивності риб у різних умовах було зібрано дані про кількість вилову риби (в кілограмах) у різних водоймах, що утворюють варіаційний ряд, розбитий на класи: 50-70 кг – 14 випадків; 71-90 кг – 20 випадків; 91-110 кг – 35 випадків; 111-130 кг – 30 випадків; 131-150 кг – 18 випадків. Спочатку знайдіть клас, який має найбільшу частоту, і визначте його як модальний, а потім застосуйте формулу для розрахунку моди.

Завдання 3. У ході експерименту з вивчення довжини риб у водоймі було отримано наступний варіаційний ряд, розбитий на класи за довжиною риб (в сантиметрах) та їх частотами: 5-7 см – 10 риб; 8-10 см – 15 риб; 11-13 см – 25 риб; 14-16 см – 30 риб; 17-19 см – 20 риб. Спочатку знайдіть клас, в якому знаходиться медіана, а потім застосуйте формулу для обчислення точного значення медіани.

Завдання 4. За результатами дослідження зростання риб у різних умовах було отримано варіаційний ряд, що відображає масу риб (в грамах) та їх частоту: 100-150 г – 8 риб; 151-200 г – 12 риб; 201-250 г – 20 риб; 251-300 г – 25 риб; 301-350 г – 15 риб.

Спочатку визначте клас, у якому знаходиться медіана, а потім використовуйте формулу для розрахунку її точного значення.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке мода у варіаційному ряду і як її визначають?
2. Яка формула використовується для розрахунку моди в варіаційних рядах, розбитих на класи?
3. У яких випадках у варіаційному ряду може бути кілька модальних класів?
4. Що таке медіана і як вона ділить варіаційний ряд?
5. Як визначається клас, в якому знаходиться медіана?
6. Яка формула використовується для обчислення медіани у варіаційному ряду, розбитому на класи?
7. Як впливає кількість накопичених частот на визначення медіани?

Практична робота №5

Показники різноманітності: визначення ступеня мінливості ознаки, що варіює

Мета роботи: Опанувати методи розрахунку показників різноманітності, зокрема визначення ступеня мінливості ознаки, що варіює, з метою аналізу та інтерпретації різноманітності популяцій гідробіонтів.

Основні поняття

Першою характеристикою сукупності об'єктів, що увійшли до вибірки, як відомо, служать середні величини. Але цих показників зовсім недостатньо для судження про властивості сукупності за ознакою, що вивчається, так як будь-яка група складається з неоднакових особин, що відрізняються один від одного.

Другим важливим показником будь-якої сукупності є міра мінливості (варіабельності) значень даної ознаки між особами, що становлять сукупність. *Варіабельність* демонструє ступінь різноманіття значень, варіантів характеристик об'єктів, що

досліджуються, і може визначатися як у цілому для вибірки, так і для будь-якої її частини.

Виявлення ступеня мінливості ознак між членами сукупності, і навіть встановлення особливостей у характері розподілів особин у варіаційному ряду досягають особливими методами, розробленими варіаційною статистикою.

Основними показниками варіації є такі статистичні величини:

- Ліміт – Lim ;
- Дисперсія (варіанса) – δ^2 ;
- Середнє квадратичне відхилення – δ ;
- Нормоване відхилення – x або t ;
- Коефіцієнт мінливості – C_V або V .

Ліміт характеризує різноманітність досліджуваної ознаки лише за двома крайніми варіантами без урахування їх розподілу в сукупності, тобто ігноруючи її внутрішню структуру. Ця характеристика є неточною та застосовується для швидкої, орієнтовної оцінки. Здійснюється визначенням мінливості в зіставленні максимального та мінімального значення варіюючої ознаки у членів сукупності, тобто v_{\max} і v_{\min} . Чим більша величина ліміту, тобто різниця між максимальними та мінімальними значеннями, тим більша варіабельність ознаки. Ліміти показують розмах значень і цим характеризують різноманітність ознаки групи.

Величину ліміту визначають завжди при обробці вибірки, незважаючи на те, що він є спрощеним показником мінливості. Вона може бути використана для статистичного аналізу навіть за відсутності конкретного варіаційного ряду. Але ліміти можуть бути лише грубим показником мінливості і виявляють її цілком правильно. Можуть бути дві сукупності, які мають однаковий ліміт, їх середні арифметичні також однакові, а справжня мінливість, виражена більш точними методами, виявиться різною.

Дисперсія вказує на ступінь різноманітності показників у членів сукупності, тобто це міра розкидання значень випадкової величини щодо її математичного очікування.

Це означає, що дисперсія, яка вимірює мінливість ознаки, виражає його через середній квадрат відхилення кожного члена сукупності від середньої арифметичної ознаки:

$$\delta^2 = \frac{\sum(v-M)^2}{n} \quad (3.1)$$

де: δ^2 – дисперсія; M – середня арифметична; v – результат вимірювання ознаки в кожного об'єкта; n – число особин у групі або число спостережень.

Дисперсія має вагоме значення у поглибленому аналізі мінливості ознаки за допомогою статистичного методу “дисперсійний аналіз”.

Середнє квадратичне відхилення є основним способом вимірювання мінливості. Воно може бути отримане значення дисперсії, якщо з неї витягти квадратний корінь.

Для визначення середнього квадратичного відхилення необхідно винести квадратний корінь із суми квадратів відхилень досліджуваних величин та їх середнього арифметичного, розділених на число варіантів у вибірці:

$$\delta = \sqrt{\frac{(v-M)^2}{n}} \quad (3.2)$$

де: δ – середнє квадратичне відхилення; M – середня арифметична; v – результат вимірювання ознаки кожного об'єкта; n – число особин у групі або число спостережень.

При малій кількості спостережень ($n < 30$), ця формула дещо змінюється в знаменнику і набуває наступного вигляду:

$$\delta = \sqrt{\frac{(v-M)^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

Середнє квадратичне відхилення – найпоширеніша статистична величина для виміру мінливості як кількісних, так і якісних ознак членів сукупності. Показує, як у середньому кожен варіант відхиляється від середньої арифметичної, обчисленої для

цієї сукупності. Чим більше значення δ , тим більша мінливість даної ознаки в сукупності.

Середнє квадратичне відхилення – величина названа, вона має те саме ім'я, як і одиниця виміру досліджуваної ознаки (кг, см, шт. і т.п.).

У так званих нормальних варіаційних рядах весь розмах мінливості, обмежений максимальним і мінімальним значенням ознаки, що варіює, заключає в собі шестикратну величину середнього квадратичного відхилення.

При цьому максимальний варіант віддалений від середньої арифметичної на значення $+3\delta$, а мінімальний варіант – на значення -3δ . Тому прийнято весь розмах мінливості виражати записом: $M=\pm 3\delta$. Наприклад, за показником середньої арифметичної та значенням δ можна розрахувати які будуть значення v_{\max} і v_{\min} у даній сукупності.

Обчислення середнього квадратичного відхилення (δ) для великих вибірок здійснюється шляхом обробки варіаційного ряду, розбитого на класи:

$$\delta = K \cdot \sqrt{\frac{\sum p \cdot a^2}{n} - \left(\frac{\sum p \cdot a}{n}\right)^2} \quad (3.4)$$

де: δ – середнє квадратичне відхилення; K – величина класу; p – частота варіаційного ряду; $n=\sum p$ – число спостережень у даному варіаційному ряді або об'єм даної сукупності; a – умовне відхилення кожного класу від класу, в якому знаходиться умовна середня (a), виражене числом класів.

Середнє квадратичне відхилення – відмінний показник варіабельності ознаки, але ця величина іменована і залежить лише від ступеня варіювання, а й від одиниці виміру середньої арифметичної, тому у ній можна порівнювати мінливість лише тих самих показників, а зіставляти варіативність різних ознак не можна.

Нормоване відхилення – статистичний ознака, що дозволяє визначити мінливість і відхилення тієї чи іншої варіанти від середньої величини. З його допомогою можна виразити у відносних одиницях (частках середнього квадратичного

відхилення) рівень відмінності кожного конкретного члена сукупності від середньої арифметичної:

$$x = \frac{v-M}{\delta} \quad (3.5)$$

де: x – нормоване відхилення; δ – середнє квадратичне відхилення; M – середня арифметична; v – результат вимірювання ознаки кожного об'єкта.

Чим більше нормоване відхилення, тим далі від середньої арифметичної відстань величини показника ознаки, що вивчається. Знак у нормованого відхилення показує, в яку сторону від середньої арифметичної відхиляється дана варіанта, тобто чи буде вона менше ($-x$) або більше ($+x$), ніж середня арифметична.

За допомогою нормованого відхилення можна оцінити будь-яке отримане значення по відношенню до групи в цілому, зважити його та одночасно звільнитися від іменованих чисел. Нормоване відхилення можна використовувати для порівняльної оцінки індивідів за однією і тією самою ознакою. Воно допомагає визначати так звані варіанти, що «вискакують», і вирішувати питання про можливість їх відкидання як артефактів (виключати з подальшої обробки).

Рішення про вибраковування значень, що різко виділяються (ці відхилення могли виникнути в результаті неточності вимірювань, помилок уваги, методичних похибок і т.д.) приймається на підставі нормування сумнівних варіант по відношенню до їх середньої арифметичної. Цій меті служить формула критерію випаду:

$$T = \frac{v-M}{\delta} \geq T_{st} \quad (3.6)$$

де: T – критерій випаду; δ – середнє квадратичне відхилення; M – середня арифметична; v – результат вимірювання ознаки кожного об'єкта; T_{st} – стандартні відхилення критеріїв випаду.

Методи визначення ступеня варіювання за допомогою лімітів та середнього квадратичного відхилення мають один недолік: вони дають показник мінливості ознаки в іменованих величинах, а не у відносних. Внаслідок цього зіставлення різноіменних ознак за величиною мінливості за їх допомогою неможливе.

Коефіцієнт мінливості або варіації C_v показує варіативність ознаки в сукупності у відносних величинах (у відсотках). У зв'язку з цим використовувати коефіцієнт варіації доцільно у випадках, коли необхідно порівняти мінливість різноіменних ознак. Формула розрахунку коефіцієнта мінливості:

$$C_v = \frac{\delta}{M} \cdot 100\% \quad (3.7)$$

C_v – коефіцієнт варіації; δ – середнє квадратичне відхилення; M – середня арифметична.

З формули видно, що C_v виходить шляхом відсоткового виразу середнього квадратичного відхилення від своєї середньої арифметичної M .

Чим більше значення коефіцієнта варіації, тим більша мінливість ознаки у членів сукупності. Орієнтовно вважають, що якщо $C_v < 5\%$ мінливість низька, при C_v від 5 до 10% – середня і при $C_v > 10\%$ – висока.

Коефіцієнт мінливості для альтернативних ознак не обчислюють, тому що його замінює значення, виражене у відсотках.

Слід пам'ятати такі особливості коефіцієнта мінливості:

1. Величина коефіцієнта мінливості не повинна розглядатися у відриві від середньої арифметичної та стандартного відхилення.

Наприклад, при близьких значеннях коефіцієнта мінливості, отриманих на двох вибірках, абсолютні величини середньої арифметичної та середнього квадратичного відхилення для цих сукупностей можуть бути на різних рівнях. Отже, однакова чи близька величина коефіцієнта мінливості для двох вибірок ще означає, що вони якісно близькі.

2. Однакові величини коефіцієнта мінливості двох вибірок можуть бути результатом різних причин, а саме C_v може збільшуватися за рахунок підвищеного чисельника, тобто вищої величини середнього квадратичного відхилення однієї вибірки, або за рахунок зменшеного знаменника, тобто середньої арифметичної. Ці особливості необхідно враховувати, щоб не припуститися помилки і не зробити неправильні висновки, беручи величину C_v поза зв'язком з величинами M і δ .

3. Коефіцієнт мінливості доцільно використовувати щодо динамічних рядів. Наприклад, у дослідженнях, коли вивчають показники, що характеризують вікові особливості тварин, використання C_v спільно з середньою арифметичною та середнім квадратичним відхиленням дає ясне уявлення про динаміку та закономірності онтогенезу за тією чи іншою ознакою.

4. Коефіцієнт мінливості має значення при плануванні обсягу досвіду, оскільки це дозволяє отримувати достовірні статистичні параметри.

Завдання

Провести розрахунок показників різноманітності за ступенем мінливості варіюючих ознак у вибірці коропи:

№ з/п	Маса тіла, г	Повна довжина, мм	Довжина тіла по Смітту, мм	Мала довжина, мм	Довжина голови, мм	Найбільша висота тіла, мм	Найменша висота тіла, мм
1	880	380	342	330	90	100	45
2	442	162	151	149	60	79	25
3	81	164	144	136	32	47	12
4	46	141	124	112	29	32	15
5	153	202	183	179	41	61	21
6	11	120	91	84	24	30	9
7	16	118	105	96	25	27	10
8	37	143	118	110	26	29	13
9	15	116	103	93	21	28	11
10	942	389	356	346	96	117	52
11	216	223	193	178	42	74	29
12	102	178	161	153	37	53	15
13	882	381	343	330	91	99	46
14	392	111	100	94	58	69	26

15	180	216	190	186	52	81	31
----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

Запитання для самоконтролю

1. Що таке варіабельність, і чому вона є важливою характеристикою сукупності?
2. Як визначається ліміт у варіаційному ряду, і яке його значення для аналізу даних?
3. Що таке дисперсія, і як вона характеризує мінливість ознаки у сукупності?
4. Як обчислюється середнє квадратичне відхилення, і чому його використовують для оцінки мінливості?
5. У яких випадках форму обчислення середнього квадратичного відхилення змінюють, і чому?
6. Що таке нормоване відхилення, і як воно допомагає у порівняльному аналізі даних?
7. Як визначається критерій випадку, і в яких випадках його використовують?
8. Що таке коефіцієнт варіації, і які значення цього показника вказують на високу мінливість ознаки?
9. Які особливості слід враховувати при використанні коефіцієнта варіації у порівняльному аналізі двох вибірок?

Практична робота №6

Вивчення зв'язків між ознаками. Розрахунок коефіцієнта кореляції для великих і малих вибірок за кількісними ознаками

Мета роботи: Вивчити властивості коефіцієнтів кореляції, опанувати методи вивчення зв'язків між ознаками, дати характеристику різних типів кореляційного зв'язку,

Основні поняття

Кореляція – це статистичний показник, який вимірює і описує силу і напрямок лінійного зв'язку між двома змінними. Вона показує, наскільки зміни в одній змінній супроводжуються змінами в іншій. Вивчення сукупності тварин одночасно за декількома ознаками показує, що між ознаками існує взаємний зв'язок.

Кореляція за формою буває:

– *позитивна* – коли збільшення однієї змінної супроводжується збільшенням іншої (наприклад, зростання температури може супроводжуватися зростанням активності певних видів);

– *негативна* – коли збільшення однієї змінної супроводжується зменшенням іншої (наприклад, зростання рівня забруднення води може супроводжуватися зниженням біорізноманіття);

– *нульова* – коли між змінними немає лінійного зв'язку (наприклад, зміни рівня освітленості можуть не впливати на активність деяких організмів).

Коефіцієнт кореляції (r) – кількісна характеристика величини та напрямку кореляційного зв'язку. Коефіцієнт кореляції є відносною величиною. Він показує величину зв'язку між двома чи кількома ознаками. Його величина змінюється в межах від 0 до ± 1 . Чим ближче показник до одиниці, тим більший зв'язок між ознаками, що корелюють:

– середній зв'язок – $r = 0,5-0,69$;

– помірний зв'язок – $r = 0,31-0,49$;

– слабкий зв'язок – $r = 0,21-0,3$;

– дуже слабкий зв'язок – $r = 0,2$ (часто взагалі не враховується).

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена використовують для виявлення та оцінки тісноти зв'язку між двома рядами кількісних показників, що зіставляються. У тому випадку, якщо ранги показників, упорядкованих за ступенем зростання або спадання, у більшості випадків збігаються (більшому значенню одного показника відповідає більше значення іншого), роблять висновок про наявність прямого кореляційного зв'язку. Якщо ранги показників мають протилежну спрямованість (більшому значенню одного показника відповідає менше значення іншого), то говорять про зворотний зв'язок між показниками.

Коефіцієнт кореляції Кендала використовують у разі, коли змінні представлені двома порядковими шкалами за умови, що

пов'язані ранги відсутні. Обчислення коефіцієнта Кендала пов'язане з підрахунком числа збігів та інверсій (перестановок).

Формули коефіцієнта кореляції можуть бути виражені порізно. У загальному вигляді формула може бути представлена як сума добутоків нормованого відхилення варіантів кожної ознаки від своєї середньої, поділеної на число спостережень:

$$r = \frac{\sum \left[\frac{(V_x - M_x)}{\delta_x} \cdot \frac{(V_y - M_y)}{\delta_y} \right]}{n} \quad (4.1)$$

або:

$$r = \frac{\sum t_x \cdot t_y}{n} \quad (4.2)$$

де: t_x і t_y – нормовані відхилення за ознакою x та ознакою y .

Використання у формулі коефіцієнта кореляції значень ознак, що варіюють, виражених через їх нормоване відхилення, тобто в частках середнього квадратичного відхилення (δ), дозволяє обчислити зв'язок між ознаками, вимірними заходами різних найменувань (літри з відсотками, кілограми з сантиметрами і т.п.).

Робочі формули коефіцієнта кореляції застосовуються з урахуванням того, з якою вибіркою (великою чи малою) та з якими значеннями варіантів (однозначними, багатозначними чи дробовими) мають справу.

Так, для малих вибірок при багатозначних показниках варіантів найзручніше користуватися такими формулами:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{a_x \cdot a_y}} \quad (4.3)$$

$$a_x = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad (4.4)$$

$$a_y = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \quad (4.5)$$

де: x – варіанти першої ознаки; y – варіанти другої ознаки; n – число спостережень у вибірці.

Ця формула може бути представлена в формі, де вводяться значення середніх арифметичних за кожною ознакою:

$$r = \frac{\sum x \cdot y - M_x \cdot M_y}{\sqrt{(\sum x^2 - n \cdot M_x^2)(\sum y^2 - n \cdot M_y^2)}} \quad (4.6)$$

При обчисленні коефіцієнта кореляції для численних вибірок найчастіше використовують таку формулу:

$$r = \pm \frac{\frac{\sum f a_y a_y}{n} - \frac{\sum f a_x}{n} \frac{\sum f a_y}{n}}{\delta'_x \cdot \delta'_y} \quad (4.7)$$

де: $f a_y a_y$ - добуток числа особин на відповідне значення a_x та a_y по кожному з квадратів; $f a_x, f a_y$ – добуток числа особин у кожному класі та відхилень від умовного середнього класу; δ'_x, δ'_y - середньоквадратичне відхилення для кожної ознаки, що вивчається, отримані без класного проміжка; n – число особин у групі.

Завдання

Завдання 1. Визначити величину та напрямок зв'язку між віком, років (x) та плодючістю, тис. шт. ікринок (y) ляща:

x	3	4	6	5	5	4	4	3	8	4	7	3	8	6	6
y	51	132	145	128	130	124	114	54	194	122	173	53	202	148	137

Завдання 2. Розрахувати коефіцієнти кореляції між промірами промислової довжини, мм (x) та маси тіла, г (y) у річкового окуня ($n=35$):

Довжина	Вага	Довжина	Вага	Довжина	Вага	Довжина	Вага
343	497	384	771	294	289	273	235
371	730	129	23	286	272	350	577
275	265	353	537	301	314	198	882
300	313	236	149	180	78	345	523
264	216	361	635	287	281	171	52
239	154	306	460	187	64	330	454
297	325	211	98	330	505	305	329

346	513	282	272	367	667	239	145
214	119	374	711	322	343		

Запитання для самоконтролю

1. Що таке кореляція, і які типи кореляційного зв'язку ви знаєте?
2. Як інтерпретується значення коефіцієнта кореляції (r), і які діапазони значень відповідають середньому, помірному та слабкому зв'язку?
3. У яких випадках застосовується коефіцієнт рангової кореляції Спірмена, і що він показує?
4. Як визначається коефіцієнт кореляції Кендала, і в яких умовах його доцільно використовувати?
5. Як виглядає загальна формула коефіцієнта кореляції, і які змінні у ній використовуються?
6. Чим відрізняється розрахунок коефіцієнта кореляції для великих і малих вибірок?
7. Яким чином нормовані відхилення (t_x і t_y) впливають на розрахунок коефіцієнта кореляції?

Практична робота №7

Оцінка стану водного середовища за флюктуючою асиметрією представників іхтіофауни

Мета роботи: Ознайомитись з методикою визначення стабільності розвитку представників іхтіофауни за рівнями асиметрії білатеральних меристичних ознак та оцінкою здоров'я водного середовища.

Основні поняття

Стабільність розвитку, як здатність організму до нормального розвитку (без порушень і помилок) є чутливим індикатором стану природних популяцій і дозволяє оцінювати сумарну величину антропогенного навантаження. Найбільш простим і доступним для широкого використання способом оцінки стабільності розвитку є визначення величини флюктуючої асиметрії (ФА) білатеральних морфологічних ознак. Вона являє

собою відхилення від суворої білатеральної симетрії внаслідок недосконалості онтогенетичних процесів і проявляється в незначних неспрямованих відмінностях між сторонами (в межах норми реакції організму). Отримана інтегральна оцінка якості середовища є відповіддю на запитання – якою є реакція живого організму на несприятливий вплив, що мав місце в період його розвитку.

Серед основних характеристик такого біоіндикаційного підходу можна окреслити наступні важливі аспекти:

- даний підхід дозволяє *a priori* визначити вектор змін параметру при погіршенні стану популяції (підвищення при погіршенні та пониження при покращенні). Далеко не для всіх показників це можливо, наприклад більш або менш низький темп росту можуть просто характеризувати різні життєві стратегії;

- рівень асиметрії відображує стан популяції не на даний момент часу, а інтегральний, сформований протягом значної частини життєвого циклу особини;

- кожен об'єкт та ситуація вимагає спеціальних методичних розробок, зокрема, вибору ознак, до якого необхідно підходити досить ретельно;

- можливість використовувати матеріал, зібраний безпосередньо в полі;

- можливість прижиттєвого аналізу;

- метод не вимагає спеціального дороговартісного обладнання;

- від дослідника вимагається гарне знання біологічної статистики та широкий загально біологічний кругозір.

Зміна рівня ФА є показником впливу всієї сукупності факторів, що визначають стан популяції.

Для характеристики водних екосистем рекомендовано використовувати найбільш звичайні, масові види риби: лящ - *Abramis brama* Linnaeus, 1758; плітка - *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758; річковий окунь - *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758; щука - *Esox lucius* Linnaeus, 1758; карась золотий - *Carassius carassius* Linnaeus, 1758; сріблястий карась - *Carassius auratus* Bloch, 1783;

бичок зеленчак - *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas, 1811;
верховодка - *Alburnis alburnis* Linnaeus, 1758.

Вибірки риб повинні складатися з особин різного віку. При вивченні дорослих риб необхідно враховувати, що отримані оцінки рівня флуктуючої асиметрії відображують вплив середовища на момент формування дослідних ознак. Оцінку ситуації на поточний момент дозволяє отримати аналіз вибірок цьоголіток. Рекомендований обсяг вибірки – 20 особин.

Найкраще використовувати щойно зловлену рибу. Для оцінки рівня стабільності використовуються ознаки, які нескладно обліковуються (рис. 7.1).

Рекомендований перелік морфологічних ознак для оцінки стабільності розвитку різних видів риб включає:

1) лящ та плітка: число променів у грудних плавцях; число променів у черевних плавцях; число променів у міжзябровій перетинці; число зябрових тичинок на 1-й зябровій дузі; число глоткових зубів (у плітки не враховується, що пов'язане зі спрямованістю асиметрії цієї ознаки); число лусок у бічній лінії; число лусок бічної лінії, пронизаних сенсорними каналцями.

2) щука: число променів в грудних плавниках; число променів в черевних плавниках; число променів в зябровій перетинці; число зябрових тичинок на першій зябровій дузі; число надчочномкових сенсорних пор; число сенсорних пір на нижній щелепі; число сенсорних пор на зябровій кришці; число підчочномкових сенсорних пор.

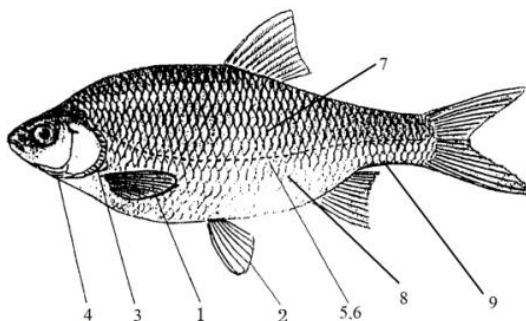


Рисунок 7.1. Схема меристичних ознак риб для оцінки стабільності розвитку: 1 - кількість променів у грудних плавцях (P); 2 - кількість променів черевних плавцях (V); 3 - кількість зябрових тичинок на першій зябровій дузі ($sp.br.$); 4 - кількість пелюсток у зябровій перетинці ($f.br.$); 5 - кількість лусок у бічній лінії (jj); 6 - кількість лусок із сенсорними каналцями ($jj.sk$); 7 - кількість рядів лусок над бічною лінією ($squ.1$); 8 - кількість рядів лусок під бічною лінією ($squ.2$); 9 - кількість лусок збоку хвостового плавця ($squ.pl$)

3) річковий окунь: число променів в грудних плавцях; число променів зябрової перетинки; число зябрових тичинок на першій зябрової дузі; число зубців по краю передзябрової кришки; число шипів на покришковій зябровій кістці; число сенсорних пор на верхній частині голови; число сенсорних пор на нижній щелепі; число променів в черевних плавцях.

4) бичок-зеленчак: число променів у грудних плавцях; число променів у черевних плавцях; число зябрових променів; число зябрових тичинок на 1 зябрової дузі; число зябрових тичинок на 2 зябрової дузі; число зябрових тичинок на 3 зябрової дузі; число зябрових тичинок на 4 зябрової дузі.

Рівень флюктуючої асиметрії оцінюють за інтегральним показником частоти асиметричного прояву ЧАП:

$$ЧАП = \frac{\sum_{i=1}^k A_i}{n \cdot k}, \quad (7.1)$$

де: A_i - число асиметричних проявів ознаки i (число особин, асиметричних за ознакою); n - чисельність вибірки; k - число ознак.

В якості показника асиметрії для міжпопуляційного порівняння використовують середню частоту асиметричного прояву виду (ЧАПВ), що дає уявлення про стабільність розвитку особин за комплексом меристичних ознак. Морфологічний гомеостаз, що є результатом прояву мутагенних факторів водного середовища в період раннього онтогенезу риб

визначають за середньою частотою асиметричного прояву на ознаку (ЧАПО).

У таблицях 7.1-7.2 наведений приклад проведення розрахунків середньої частоти асиметричного прояву для 9 меристичних ознак у 11 особин верховодки (*Alburnis alburnis*).

Оцінка отриманих показників проводиться за шкалою, що наведена в таблиці 7.3.

Таблица 7.1

Вихідні дані для визначення рівнів флюктууючої асиметрії парних меристичних ознак верховодки

№ риб	вік	Меристичні ознаки																	
		P		V		sp.br.		f.br.		jj		jjsk		Squ 1		Squ 2		Squ pl	
		R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1	2+	11	10	7	8	15	15	4	4	48	47	46	46	9	8	4	4	12	12
2	3+	11	11	8	8	15	16	4	3	48	48	47	46	9	9	4	4	12	11
3	3+	11	11	8	7	15	15	4	4	48	48	46	46	9	9	3	3	12	12
4	3+	10	11	8	8	16	15	3	4	47	48	46	46	9	9	4	4	11	11
5	2+	11	11	8	8	16	16	4	4	48	48	46	46	9	9	4	4	12	11
6	1+	11	11	8	8	15	15	4	4	48	48	47	47	9	9	4	4	12	12
7	1+	11	10	7	8	15	15	4	4	48	48	46	46	9	9	4	4	11	12
8	4+	11	11	8	8	15	15	3	3	48	48	46	46	9	8	4	4	12	12
9	3+	11	10	8	8	15	15	4	4	47	48	46	47	9	9	4	4	11	12
10	2+	10	11	8	8	15	15	4	4	48	48	46	46	8	9	4	4	12	12
11	2+	9	10	7	8	16	15	4	4	48	47	46	46	9	9	3	3	12	12

Таблица 7.2

Розрахунок інтегральних показників стабільності розвитку верховодки за комплексом парних меристичних ознак

№ риб	вік	Меристичні ознаки										A	ЧАПВ
		P	V	sp.br.	f.br.	jj	jjsk	Squ 1	Squ 2	Squ pl			
1	2+	0-1	1-0	0-0	0-0	0-1	0-0	0-1	0-0	0-0	4	0,44	
2	3+	0-0	0-0	0-1	0-1	0-0	1-0	0-0	0-0	0-1	4	0,44	
3	3+	0-0	0-1	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	1-0	0-0	2	0,22	
4	3+	1-0	0-0	1-0	1-0	1-0	0-0	0-0	0-0	1-1	4	0,44	

5	2+	0-0	0-0	1-1	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	0-1	1	0,11
6	1+	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	1-1	0-0	0-0	0-0	0	0
7	1+	0-1	1-0	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	0-1	1-0	3	0,33
8	4+	0-0	0-0	0-0	1-1	0-0	0-0	0-1	0-0	0-0	1	0,11
9	3+	0-1	0-0	0-0	0-0	1-0	0-1	0-0	0-0	1-0	4	0,44
10	2+	0-1	0-0	0-0	0-0	0-0	0-0	1-0	0-1	0-0	3	0,33
11	2+	2-1	1-0	1-0	0-0	0-1	0-0	0-0	1-0	0-0	5	0,56
ЧАПО		0,46	0,36	0,27	0,18	0,36	0,18	0,27	0,36	0,36		0,31

Таблица 7.3

Шкала для оцінки відхилень стану риб від умов норми

Значення показника стабільності розвитку ЧАП	Бал	Якість середовища
< 0,30	I	умовно нормальне
0,3 – 0,34	II	початкові (незначні) відхилення від норми
0,35 – 0,39	III	середній рівень відхилень від норми
0,40 – 0,44	IV	суттєві (значні) відхилення від норми
0,45 та >	V	критичний стан

Завдання

Завдання 1. Зберіть вибірку з особин одного з видів риб (наприклад, верховодка або річковий окунь), дотримуючись рекомендацій щодо складу вибірки (особини різного віку). Зафіксуйте кількість променів у грудних і черевних плавцях, кількість зябрових тичинок та інші меристичні ознаки відповідно до видового переліку. Підготуйте дані для подальшого аналізу.

Завдання 2. Виконайте розрахунок інтегрального показника частоти асиметричного прояву (ЧАП) для зібраних даних. Використайте формулу (7.1) для обчислення показника ЧАП та ЧАПО для кожної ознаки в дослідженій вибірці. Зробіть висновки щодо стабільності розвитку досліджених особин та стану водного середовища, в якому вони проживають. Порівняйте отримані результати з літературними даними або іншими популяціями того ж виду.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке флуктуюча асиметрія (ФА) у контексті біологічних досліджень?
2. Яка основна мета визначення рівня флуктуючої асиметрії у риб?
3. Який вид риби рекомендується використовувати для оцінки стану водних екосистем?
4. Що відображує інтегральний показник частоти асиметричного прояву (ЧАП)?
5. Який рекомендований обсяг вибірки для дослідження рівня ФА у риб?
6. Як впливає рівень флуктуючої асиметрії на оцінку стану водного середовища?
7. Чому важливо враховувати вік риб при оцінці флуктуючої асиметрії?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонюк В. С., Полонський Л. Г., Аверченков В. І., Малахов Ю. А. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. К. : НТУУ «КПІ», 2015. 274 с.
2. Герич М. С., Синявська О. О. Математична статистика : навч. посібник. Ужгород : ДВНЗ УжНУ. 2021. 146 с.
3. Данильян О. Г., Дзьобань О. П. Методологія наукових досліджень : підручник . Харків : Право, 2019. 368 с.
4. Євтушенко М. Ю., Хижняк М. І. Методологія наукових досліджень у рибництві. К. : Центр навчальної літератури. 2018. 296 с.
5. Котловий С. А., Павлик Н. П., Сейко Н. А., Ситняківська С. М. Методологія наукових досліджень : навчально-методичний посібник. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2023. 89 с.
6. Методики рибогосподарських досліджень: методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів

- першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» / Н. Є. Гриневич, В. С. Жарчинська, А. О. Слюсаренко, О. А. Хом'як, Н. М. Присяжнюк, А. М. Трофимчук. Біла Церква, 2022. 60 с.
7. Ткаченко О. В. Математичні методи в біології: методичні рекомендації для студентів природничих спеціальностей Чернігів : НУЧК, 2020. 93 с.
 8. Чепур С. С. Біометрія : метод. посібник. Ужгород : Говерла, 2015. 40 с.
 9. Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень [електронний ресурс] : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 178 с. URL: <http://elib.chdtu.edu.ua/e-books/4042> (дата звернення: 11.03.2024).
 10. Trach Y., Chernyshev D., Biedunkova O., Moshynskyi V., Trach R., Statnyk I. Modeling of Water Quality in West Ukrainian Rivers Based on Fluctuating Asymmetry of the Fish Population. *Water* 2022(14). P. 3511. DOI <https://doi.org/10.3390/w14213511>