

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК НАН УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЇ КАРПАТ

Методичні рекомендації з навчальної дисципліни
СТАТИСТИКА В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ
для здобувачів третього освітньо-наукового рівня
за спеціальністю 101 «Екологія»

Затверджено на засіданні
Вченої ради Інституту екології Карпат НАН України,
протокол № 1 від 27.01.2026 року

Укладач:
кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник відділу екосистемології
Інституту екології Карпат НАН України
Анна Гірна

Методичні рекомендації з навчальної дисципліни
СТАТИСТИКА В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ
для здобувачів третього освітньо-наукового рівня
за спеціальністю 101 «Екологія»

Львів-2026

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою навчальної дисципліни «Статистика в екологічних дослідженнях» є формування у здобувачів третього освітнього рівня системних теоретичних знань і практичних умінь застосування сучасних статистичних методів для аналізу екологічних даних різної структури й складності, зокрема даних про біорізноманіття, а також вміння обґрунтовано інтерпретувати та коректно представляти результати статистичного аналізу в наукових і прикладних екологічних дослідженнях із використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

У результаті вивчення цього курсу здобувач буде

знати:

- методологічні основи біостатистики: концепції генеральної сукупності та репрезентативної вибірки, типи екологічних даних та розподілів, принципи формулювання та перевірки нульових і альтернативних гіпотез.
- критерії достовірності: сутність рівнів значущості (p -values), помилок I та II типу, а також умови застосування параметричних та непараметричних критеріїв.
- методику проведення порівняльного аналізу та оцінки взаємозв'язків: алгоритми попарних і множинних порівнянь, логіку дисперсійного аналізу (ANOVA), принципи кореляційного та регресійного аналізів.
- основи багатовимірного аналізу: теоретичні засади кластеризації та ординації.
- сучасну концепцію оцінки біорізноманіття: використання чисел Хілла, принципи побудови кривих розрідження та екстраполяції, iNEXT.4steps аналіз, алгоритми аналізу специфічності угруповань за видовим складом (IndVal, SIMPER)
- спеціалізований інструментарій: можливості та обмеження сучасного програмного забезпечення (PAST) та пакетів мови R. Приклади спеціалізованих програм та онлайн-сервісів для розрахунку певних критеріїв та використання окремих методів.
- стандарти представлення даних: вимоги міжнародних фахових видань до візуалізації та статистичного опису результатів екологічних досліджень.

вміти:

- готувати дані до аналізу: формувати матриці екологічних даних, здійснювати імпорт, очищення та трансформацію;
- обирати адекватний аналітичний підхід: самостійно визначати необхідні статистичні методи відповідно до структури даних та мети дослідження;
- візуалізувати результати досліджень: створювати графіки, таблиці та діаграми для наукових доповідей і публікацій;
- інтерпретувати результати статистичного аналізу та робити обґрунтовані наукові висновки.

Напрацювання практичних робіт і індивідуальних завдань можуть бути безпосередньо використані при написанні розділів «Матеріали та методи» та «Результати дослідження» дисертаційної роботи здобувача.

Основними методами навчання під час вивчення курсу є презентації, лекції, практичні роботи, дискусії, колаборативне навчання, творче індивідуальне завдання.

ЗАГАЛЬНІ СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Лекція 1. Вступ до біостатистики

1. Історія науки.
2. Роль статистичних методів у сучасній екології.
3. Генеральна сукупність та вибірка. Дизайн вибірки.

Література

Биометрия: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>

Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.

Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Лекція 2. Специфіка екологічних даних та інструментарій дослідника

1. Специфіка екологічних даних.
2. Побудова таблиць і матриць екологічних даних, їх формат.
3. Попередня обробка даних.
4. Інструментарій статистичного аналізу в екології.
 - 4.1. Табличні процесори (Excel, Google Sheets).
 - 4.2. Онлайн-калькулятори та набори програмного забезпечення (пакети) для статистичного аналізу.
 - 4.3. Програма PAST та її використання.
 - 4.4. Мова програмування R (RStudio, Google Colab).

Література

Майборода Р. Є. Комп'ютерна статистика. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 589 с.

Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>

Field A., Miles J. and Field Z. Discovering Statistics using R. SAGE Publications, 2012. – 957 p.

Інформаційний ресурс

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), Article 4. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Практичне заняття 1. Початок роботи в PAST та основи мови програмування R (*R-Studio* та *Google Colab*)

Література

Майборода Р. Є. Комп'ютерна статистика. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 589 с.

Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>

Field A., Miles J. and Field Z. *Discovering Statistics using R*. SAGE Publications, 2012. – 957 p.

Інформаційний ресурс

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), Article 4. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Лекція 3. Основи описової статистики

1. Показники центральної тенденції: середнє арифметичне, медіана, мода.
2. Показники варіабельності: дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації.
3. Показники точності: стандартна помилка середнього, довірчий інтервал.
4. Нормальний та асиметричні розподіли в екології. Параметричні та непараметричні методи.

Література

Биометрия: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>

Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.

Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Семінарське заняття 1. Статистичні ряди. Розрахунок основних статистичних показників. Трансформація даних.

Література

- Биометрія: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>
- Майборода Р. Є. Комп'ютерна статистика. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 589 с.
- Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>

Інформаційний ресурс

- CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)
- R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Лекція 4. Статистичні гіпотези та значущість

1. Формування нульової та альтернативної гіпотез.
2. Поняття статистичної значущості та інтерпретація p-value.
3. Помилки I та II роду.
4. Перевірка гіпотез про закони розподілу.

Література

- Биометрія: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>
- Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.
- Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Практичне заняття 2. Продовження ознайомлення з PAST і R. Створення базових графіків і діаграм з PAST і R

Література

- Майборода Р. Є. Комп'ютерна статистика. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 589 с.
- Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>
- Field A., Miles J. and Field Z. Discovering Statistics using R. SAGE Publications, 2012. – 957 p.

Інформаційний ресурс

- CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)
- R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Додатковий інформаційний ресурс:

- Кулінарна книга R Graphics: <https://r-graphics.org/>
- Сучасна візуалізація даних з R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>

Лекція 5. Порівняльний аналіз. Попарні порівняння (дві вибірки)

1. t-критерій Стьюдента (залежні та незалежні вибірки).
2. Непараметричні аналоги: критерій Манна–Вітні, критерій Вілкоксона.

Література

- Биометрия: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dSPACE.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>
- Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.
- Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press.
- Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research* (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Лекція 6. Множинні порівняння

1. Однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) та апостеріорні (post-hoc) тести.
2. Проблема множинних порівнянь та поправки на множинні порівняння.

Література

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Практичне заняття 3. Порівняльний аналіз (застосування параметричних та непараметричних критеріїв). Однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) в RAST і R

Література

Майборода Р. С. Комп'ютерна статистика. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2019. – 589 с.

Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>

Field A., Miles J. and Field Z. Discovering Statistics using R. SAGE Publications, 2012. – 957 p.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Інформаційний ресурс

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>

R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Лекція 7. Кореляційний аналіз

1. Сутність кореляційного аналізу.
2. Коефіцієнт кореляції як міра лінійного зв'язку.
3. Множинна кореляція.

Література

Біометрія: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>

Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Лекція 8. Регресійний аналіз

1. Регресійний аналіз.
2. Поняття про регресію.

3. Лінійна регресія. Множинна регресія.

4. Інтерпретація регресійних моделей в екології.

Література

Биометрія: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>

Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Практичне заняття 4. Кореляційний і регресійний аналізи в RAST і R

Література

Биометрія: навчальний посібник / Укладач: С.С. Чепур. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2023. 196 с. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/03541880-d914-4a3a-8283-6731f6f3b65e/content>

Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. Київ, 2012. 304 с.

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). Biometry: The principles and practice of statistics in biological research (4th ed.). W. H. Freeman and Company.

Інформаційний ресурс

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>

R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Лекція 9. Основи аналізу подібності екологічних даних

1. Міри подібності та відстані.

2. Індекси подібності для бінарних та кількісних даних.

3. Побудова та інтерпретація матриць подібності.

4. Діаграми Венна.

Література

Krebs, C. J. (2014). Similarity coefficients and cluster analysis. In Ecological methodology. University of British Columbia.
https://www.zoology.ubc.ca/~krebs/downloads/krebs_chapter_12_2017.pdf

Лекція 10. Кластерний аналіз

1. Кластерний аналіз. Способи кластеризації.
2. Ієрархічна кластеризація.
3. Методи об'єднання (single, complete, average linkage). Побудова та інтерпретація дендрограм.

Література

- Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Практичне заняття 5. Ієрархічна кластеризація. Побудова матриць подібності Брея-Кертиса. Кластерний аналіз в PAST і R

Література

- Шабанов Д.А., Кравченко М.О. «Статистичний оракул»: аналіз даних в зоології та екології. 2024. Онлайн-підручник, <http://batrachos.com/biostatistica>
- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Інформаційний ресурс

- CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>
- R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)
- R Programming Tutorial: <https://www.tutorialgateway.org/r-programming/>

Семінарське заняття 2. Погодження плану індивідуального завдання за темою дисертації. Вибір даних дисертаційної роботи для статистичного аналізу.

Модуль II

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ, ХАРАКТЕРНІ ДЛЯ СИНЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ . ОЦІНКА БІОРІЗНОМАНІТТЯ

Лекція 11. Синекологія як напрям екологічних досліджень. Біорізноманіття

1. Синекологія. Синекологічні дані.
2. Біорізноманіття. Інвентаризація біоти та первинні дані.

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Maggurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Publishing.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.

Додаткова література:

- Голубець М.А. Біотична різноманітність і наукові підходи до її збереження. – Львів: Ліга-Прес, 2003. – 33 с.
- Голубець М. А. Екосистемологія. - Львів: Поллі, 2000. – 316 с.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). Ecology: From individuals to ecosystems (4th ed.). Oxford: Blackwell.
- Biodiversity: An introduction (2nd ed.). Oxford:

Лекція 12. Оцінка повноти дослідження біоти

1. Синглетони і коефіцієнт Тюрінга.
2. EstimateS: класичний інструментарій минулого десятиліття та його сучасні альтернативи.
3. Криві накопичення видів. Криві розрідження та екстраполяції.

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Додатковий інформаційний ресурс:

- EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 User's Guide.

Лекція 13. Альфа-біорізноманіття

1. Основні характеристики α -різноманітності.
2. Індекси різноманіття. Обмеження індексного підходу.

3. Сучасна концепція оцінки біорізноманіття: числа Хілла (Hill numbers) та профілі різноманіття.

4. Комплексна стратегія аналізу iNEXT.4steps.

Література

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Publishing.

Додаткова література:

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, 427–432.

Chao, A., Chiu, C. H., & Jost, L. (2014). Unifying species diversity, phylogenetic diversity, functional diversity, and related similarity and differentiation measures through Hill numbers. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 297–324.

Інформаційний ресурс

Chao, A. & Hsieh, T. C. (2023). iNEXT4step: Online rarefaction and extrapolation analysis. <https://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/inext-online/>

Семінарське заняття 3. **Індекси біорізноманіття. Сучасний аналіз біорізноманіття за допомогою iNEXT і iNEXT.4steps**

Література

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Publishing.

Інформаційний ресурс

Chao, A. & Hsieh, T. C. (2023). iNEXT4step: Online rarefaction and extrapolation analysis. <https://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software-download/inext-online/>

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>

R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

Лекція 14. **Бета-різноманіття та подібність угруповань**

1. Вибір і обчислення індексів подібності/відмінності.

2. Аналіз компонентів бета-різноманіття, turnover (заміну видів), nestedness (вкладеність), перевірка гомогенності дисперсій.

3. Методи візуалізації результатів порівняння видового складу різних спільнот.

Література

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Додаткова література:

Jost, L., Chao, A. and Chazdon, R. L. (2011). Compositional similarity and beta diversity. In *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment*, pp. 66-84 (eds A. Magurran & B. McGill) Oxford: Oxford University Press.

Лекція 15. **Методи багатовимірної ординації**

1. Ідея ординації в екології.
2. Статистична перевірка різниці між групами (ANOSIM, PERMANOVA).
3. Неметричне багатовимірне шкалювання (nMDS).

Література

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Додаткова література:

Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32–46.

Семінарське заняття 4. **Оцінка подібності та відмінності угруповань. Тести ANOSIM, PERMANOVA. Візуалізація екологічної структури методом nMDS. Побудова та інтерпретація ординаційних діаграм.**

Література

Legendre, P. & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology* (3rd English ed.). Elsevier.

Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press. Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Додаткова література:

Anderson, M. J. (2006). Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, 62, 245–253.

Kruskal, J. B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika*, 29, 115–129.

Інформаційний ресурс

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Environmetrics.html>

R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

Лекція 16. **Канонічний аналіз відповідностей (ССА)**

1. Градієнтний аналіз у синекології.
2. Логіка методу. Інтерпретація результатів.

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Лекція 17. **Аналіз надмірності (RDA)**

1. Різниця між ССА і RDA.
2. Вимоги до даних. Інтерпретація результатів.

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Практичне заняття 4. **Канонічний аналіз відповідностей (ССА) і аналіз надмірності (RDA) в PAST і R. Побудова графіків, інтерпретація результатів.**

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press. Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Інформаційний ресурс

CRAN Task View: Analysis of Ecological Heterogeneous Data. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cran.r-project.org/web/views/Enviroinmetrics.html>

R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/> (R for Data Science: <https://r4ds.had.co.nz/>; R пакети: <https://r-pkgs.org/>, R Graphics: <https://r-graphics.org/>; Visualization in R: <https://rkabacoff.github.io/datavis/>)

Лекція 18. **Диференціація та індикація угруповань**

1. Порівняння за допомогою аналізу специфічності видів.
2. Розрахунок індикаторних значень (IndVal)
3. Оцінка внеску видів у розбіжності угруповань (SIMPER-тест).

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.
- Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Додаткова література:

- Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345–366. <https://doi.org/10.2307/2963459>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>

Семінарське заняття 5. **IndVal i Simper** тест в PAST

Література

- Legendre, P. & Legendre, L. (2012). Numerical ecology (3rd English ed.). Elsevier.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.
- Gaston, K. J., & Spicer, J. I. (2004).

Додаткова література:

- Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3), 345–366. <https://doi.org/10.2307/2963459>
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1), 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>

Семінарське заняття 6. **Захист індивідуального завдання**

Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Тема і мета, а також методи статистичного аналізу та план виконання формуються відповідно до завдань дисертаційного дослідження здобувача освітнього рівня.

Вимоги до виконання: статистичний аналіз повинен бути виконаний із використанням сучасного програмного забезпечення (PAST) та пакетів мови R. Критерієм оцінювання є вміння здобувача пояснити суть проведеного аналізу, а також вміння інтерпретувати результати від проміжних етапів до висновку.