

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской
академии наук**



Утверждаю.
Директор ИПЭЭ РАН

Найденко С.В.

«28 апреля» 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Экологическое моделирование с погружением в R»

Группа специальностей:

1.5 Биологические науки

Специальности:

«Зоология», «Энтомология», «Ихтиология», «Экология», «Гидробиология»,
«Паразитология»

Москва, 2026 г.

Аннотация

Дисциплина «**Экологическое моделирование с погружением в R**» реализуется в рамках основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН) по группе специальностей «Биологические науки».

Основным источником материалов для формирования содержания программы являются последние публикации по теме курса. Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану составляет 2 зачетных единицы, 72 часов работы. Дисциплина реализуется на 1 году обучения. Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренные настоящей программой. Промежуточная оценка знания осуществляется в форме зачета.

Любые эволюционные и экологические процессы протекают в природных ландшафтах, которые каждый биологический вид воспринимает по-своему. Для любого организма земная поверхность представляет собой мозаику из пригодных и непригодных местообитаний, соединённых сетью коридоров. Площадь тех или иных местообитаний, длина коридоров, всё это влияет на поток генов между группировками организмов. При этом как популяционные процессы, так и распределение местообитаний динамичны во времени. Современный аппарат экологического моделирования (species distribution modelling) позволяет использовать пространственную информацию о распределении пригодных местообитаний для решения широчайшего круга исследовательских задач. Сегодня, наиболее гибким инструментом для работы с экологическим моделированием является программная среда R, освоению которой с азов в курсе лекций уделено особое внимание.

ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ: овладение теоретическими основами формирования ареалов биологических видов, овладение навыками использования пространственной информации в широком спектре экологических и эволюционных работ; освоение программной среды R.

ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ: обеспечить понимание принципов организации ареалов биологических видов, научить использовать программную среду R для аналитических целей.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

биологический и географический смысл понятия «ареал вида»; проблемы познания и отображения ареала; подходы к количественному анализу ареалов; принципы использования пространственно непрерывных моделей ареалов в исследовательских целях;

типы данных, операторы и функции в программировании на примере R; пакетную структуру R, вызов функций, поиск справочной информации; основы оптимизации кода.

Уметь:

устанавливать на компьютер программную среду R; устанавливать программные пакеты; писать простейший код, включающий загрузку, обработку и выгрузку данных; проводить отладку своего кода;

подготовить данные для экологического моделирования; выполнить анализ своих данных при помощи maxent с подбором параметров модели и выбором оптимальной модели.

Владеть:

навыками сбора и фильтрации пространственных данных; принципами экологического моделирования; навыками интерпретации результатов экологического моделирования и использования моделей.

ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Вид занятий	Количество часов
Лекции	18
Лабораторно-практические занятия	18
Самостоятельная работа	34
Зачёт	2
ИТОГО	72

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Краткое содержание темы (раздела)	Общая трудоёмкость в академ. часах
1	Представления об ареале, способы его изображения	История взглядов, многоуровневая структура ареала, дискретные наблюдения являются источником информации о непрерывном ареале, когнитивная связь между изображением и пониманием ареала.	4
2	Теоретические основы экологического моделирования	Понятие экологической ниши по Хатчинсону, соответствие понятий ареал и ниша, данные для экологического моделирования и присущие им ограничения, как трактовать экологическую модель?	4
3	Практические проблемы экологического моделирования	Алгоритмы и программы, выбор факторов среды (предикторов), формирование фоновой выборки, параметризация, выбор оптимальной модели, достоверность различия моделей.	4
4	Введение в R	Установка RStudio, принципы организации интерфейса, типы данных в R, типы объектов, операторы и функции, пакеты функций, принципы организации и установка пакетов, получение справочной информации	16
5	Написание кода в R	Общий синтаксис, ввод данных, вывод графических данных, сохранение результатов на диск, простейший анализ данных, отладка кода	16
6	Логика SDM	Конкретные подходы, позволяющие получить осмысленные экологические модели	10

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Краткое содержание темы (раздела)	Общая трудоёмкость в академ. часах
7	Практика SDM в R	Использование конкретных пакетов, функций и приёмов для экологического моделирования при помощи maxent	16

Образовательные технологии

Лекции, практические занятия, самостоятельная работа по написанию и отладке кода на R.

Текущая и промежуточная аттестация

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме зачёта.

На зачёте предлагается ответить на один вопрос и решить практическую задачу.

Тематика вопросов: биологический смысл ареала, возможность изображения ареала, соответствие понятий ареал и экологическая ниша, ограничения, накладываемые методами сбора точек присутствия видов, выбор предикторов для экологического моделирования, влияние параметризации и выбор оптимальной модели, возможные направления использования экологических моделей.

Практическая задача включает открытие файла с географическими координатами, а также растровых слоёв в интерфейсе R. Преобразование их в пространственные объекты. Выполнение простых арифметических действий с растрами. Получение данных из растровых слоёв в заданных географических точках. Генерация случайных точек на растре. Запуск maxent. Графическое отображение и сохранение результатов.

Критерии оценки ответа:

Оценка	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Не зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала, как в области экологического моделирования, так и R. Не информирован или слабо разбирается в проблемах и/или не в состоянии наметить пути их решения. Аспирант при ответе демонстрирует знания только основного материала в области экологического моделирования и R, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает логическую последовательность в изложении. Фрагментарно разбирается в проблемах, и не всегда в состоянии наметить пути их решения. Владеет отдельными темами экологического моделирования и методами в R.
Зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует хорошее владение и использование знаний, как в области экологического моделирования, так и R, твёрдо

знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно трактует теоретические положения. Уверенно разбирается в проблемах. Владеет основными методами экологического моделирования в R.
--

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

- Araújo M.B., Anderson R.P., Barbosa A.M., Beale C.M., Dormann C.F., Early R., Garcia R.A., et al. 2019. Standards for distribution models in biodiversity assessments // *Science Advances*. Vol. 5. № 1. P. eaat4858. DOI: 10.1126/sciadv.aat4858.
- Fourcade Y., Besnard A.G., Secondi J. 2018. Paintings predict the distribution of species, or the challenge of selecting environmental predictors and evaluation statistics // *Global Ecology and Biogeography*. Vol. 27. № 2. P. 245–256. DOI: 10.1111/geb.12684.
- Guillera-Arroita G., Lahoz-Monfort J.J., Elith J., Gordon A., Kujala H., Lentini P.E., McCarthy M.A., et al. 2015. Is my species distribution model fit for purpose? Matching data and models to applications: Matching distribution models to applications // *Global Ecology and Biogeography*. Vol. 24. № 3. P. 276–292. DOI: 10.1111/geb.12268.
- Liu C., White M., Newell G. 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data // *Journal of Biogeography*. Vol. 40. № 4. P. 778–789.
- MacArthur R.H., Wilson E.O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press. 203 p.
- Merow C., Smith M.J., Silander J.A. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter // *Ecography*. Vol. 36. № 10. P. 1058–1069. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x.
- Muscarella R., Galante P.J., Soley-Guardia M., Boria R.A., Kass J.M., Uriarte M., Anderson R.P. 2014. ENMeval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models // *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. 5. № 11. P. 1198–1205. DOI: 10.1111/2041-210X.12261.
- Pearson R.G., Raxworthy C.J., Nakamura M., Townsend Peterson A. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar // *Journal of Biogeography*. Vol. 34. № 1. P. 102–117. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006.01594.x.
- Peterson A.T., Soberón J., Pearson R.G., Anderson R.P., Martínez-Meyer E., Nakamura M., Araújo M.B. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. Princeton University Press. 328 p.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Dudík M., Schapire R.E., Blair M.E. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent // *Ecography*. Vol. 40. № 7. P. 887–893. DOI: 10.1111/ecog.03049.
- Radosavljevic A., Anderson R.P. 2014. Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation // *Journal of Biogeography*. Vol. 41. № 4. P. 629–643. DOI: 10.1111/jbi.12227.
- Syfert M.M., Smith M.J., Coomes D.A. 2013. The Effects of Sampling Bias and Model Complexity on the Predictive Performance of MaxEnt Species Distribution Models // *PLOS ONE*. Vol. 8. № 2. P. e55158. DOI: 10.1371/journal.pone.0055158.
- Warren D.L., Glor R.E., Turelli M. 2010. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models // *Ecography*. Vol. 33. № 3. P. 607–611. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2009.06142.x.
- Warren D.L., Seifert S.N. 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria // *Ecological Applications*. Vol. 21. № 2. P. 335–342. DOI: 10.1890/10-1171.1.

Лисовский А.А., Дудов С.В. 2020. Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов. 2. MaxEnt // Журнал Общей Биологии. Т. 81. № 2. С. 135–146. DOI: 10.31857/S0044459620020049.

Лисовский А.А., Дудов С.В., Оболенская Е.В. 2020. Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов. 1. Общие подходы // Журнал Общей Биологии. Т. 81. № 2. С. 123–134. DOI: 10.31857/S0044459620020037.

Базовые журналы:

Journal of Biogeography

Ecography

Diversity and Distributions

Global Ecology and Biogeography

Интернет-ресурсы

<https://textbook.rintro.ru/index.html>

<https://tsamsonov.github.io/r-geo-course/>

<https://tsamsonov.github.io/r-spatstat-course/>

<https://github.com/ranalytics/r-tutorials>

<https://r4ds.had.co.nz/>

Материально-техническое обеспечение дисциплины.

В ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН имеется следующее оборудование: компьютер со специализированным программным обеспечением; проектор, сеть WiFi.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.

Библиотечные и Интернет-ресурсы, консультации с ведущими специалистами Института.

Язык преподавания: русский.

Преподаватель: к.б.н. Лисовский А.А.

Согласовано:

Зам. директора ИПЭЭ РАН по научной работе

А.В. Суров

Зав. аспирантурой

Е.С. Шварц