

Использование геоинформационных систем с целью выявления интродукционного потенциала видов

Н.А. Дуплинская, П.Д. Гудкова
АлтГУ, г. Барнаул

Методы экологического моделирования в настоящее время широко применяются в разных областях биологии и географии для оценки биологического разнообразия территорий, интродукционной способности видов, интенсивности расселения адвентивных видов, а так же для выявления экологических ниш отдельных видов.

Современные методы экологического моделирования, основанные на ГИС-технологиях, позволяют выявить области, подходящие по своим климатическим характеристикам для произрастания того или иного вида, причем как в настоящее время, так и в прошедшие геологические периоды, и даже дать прогнозные карты для их вероятного распространения в будущем в соответствии с определенными сценариями изменения климата. Следует подчеркнуть, что речь идет лишь о моделировании вероятностного распределения климатических условий, благоприятных для произрастания того или иного вида, а успех внедрения в растительные сообщества и закрепление в них зависит в немалой мере и от других причин – конкурентных способностей вида, его биологических особенностей, взаимосвязей компонентов сообщества (Олонова, 2015).

В настоящее время существует несколько методов биоклиматического моделирования. Как правило, они требуют географических координат не только тех пунктов, где вид присутствует (был собран, или зарегистрирован), но и точек, где он гарантировано отсутствует. Такой подход применим только для хорошо изученных территорий и не подходит для исследований в Сибири и Центральной Азии. Методов, использующих данные только о присутствии видов на определенной территории, не так много.

Наиболее используемые – BIOCLIM и MaxEnt – реализуются и визуализируются в программе Diva-GIS (Hijmans et al., on-line). Большинство из них основано на выявлении климатической ниши исследуемых видов, которая устанавливается путем комбинации данных географического распространения видов (географических координат) и климатических характеристик этих точек. Полученная модель затем проецируется на электронную карту изучаемого региона. Она показывает потенциальное распространение вида и градацией цветов, от темного к светлому, определяет области, где данный вид может произрастать, и куда он может распространиться в будущем (Ward, 2007). Более темным тоном на карте отмечаются области с наиболее благоприятными для каждого вида комбинациями климатических характеристик.

Метод MaxEnt (метод максимальной энтропии), предложенный S.J. Phillips (Phillips et. al., 2006; Phillips and Dudich, 2008), в настоящее время является одним из самых эффективных методов моделирования распределения видов на основании данных только о присутствии вида (Elith et. al., 2006; Franklin, 2009). MaxEnt оценивает распределение подходящих условий обитания для исследуемого вида в соответствии с принципами максимальной энтропии (Ward, 2007). MaxEnt рассчитывает распределение вероятности ячеек раstra, начиная с равномерного распределения, шаг за шагом уточняя соответствие модели введенным данным. Прирост начинается с нуля и асимптотически увеличивается в процессе расчета. Определяется прирост как средняя логарифмическая вероятность присутствия объекта, минус константа, которая делает прирост равномерного распределения равным нулю. В конце расчета прирост показывает, насколько сильно модель сконцентрирована вокруг «точек присутствия». Получающаяся на выходе карта показывает вероятность присутствия объекта на различных территориях. Метод хорош и тем, что позволяет оценить вклад каждой климатической переменной в полученную модель распространения вида, поэтому мы можем оценить роль каждого биологически значимого фактора, включенного в анализ. Кроме того, мы получаем ценную экологическую информацию, характеризующую виды (Hijmans R.J et. al. On-line).

Оценка вклада каждой переменной была оценена с помощью опции jackknife.

Понятие потенциального ареала вида было дано Т.А. Работновым (1983). Под ним понимается область, где климатические условия благоприятны для произрастания вида. Эта характеристика вплотную приближается к понятию экологического ареала, сформулированного В.П. Селедцом и Н.С. Пробатовой (2007). Однако, в отличие от экологического ареала, который значительно более детально характеризует условия среды произрастания, выявление потенциального ареала не требует

детального исследования и определения места вида в координатах экологических шкал. Потенциальный ареал опирается на климатические показатели и может быть определен с помощью биоклиматического моделирования, основанного на использовании ГИС-технологий.

Биоклиматическое моделирование распространения видов, основанное на использовании климатических показателей и ГИС-технологий, может выявить территории, подходящие по своим климатическим характеристикам для произрастания того или иного вида (Hijmans 2007). Построенная на основе полученного климатического профиля вида модель проецируется затем на электронную карту изучаемого региона. Она показывает потенциальное распространение вида и определяет области, где данный вид может произрастать, и куда он может распространиться в будущем (Ward, 2007).

Из методов экологического моделирования, не требующих точек, где вид достоверно отсутствует, наибольшей популярностью пользуется метод MaxEnt.

Целью данной работы является изучение использования метода максимальной энтропии для определения интродукционной возможности растений. Для анализа был выбран модельный объект – *Abies holophylla* Maxim. Дерево 35–40 м высотой с широко-конусовидной кроной, высокодекоративное. Встречается в Китае, Северной Корее и северных районах Южной Кореи, в южных районах Приморского края на самых южных отрогах Сихотэ-Алинской горной системы и Черных Горах (Liu, 1971). В анализ было включено 28 точек распространения этого вида. Для оценки полученной модели и последующего ее тестирования была принята тестирующая выборка, соответствующая 25 %. В качестве выходного формата использовался логистический, который дает оценку вероятности нахождения вида в той или иной точке от 0 до 1 (рисунок 1).

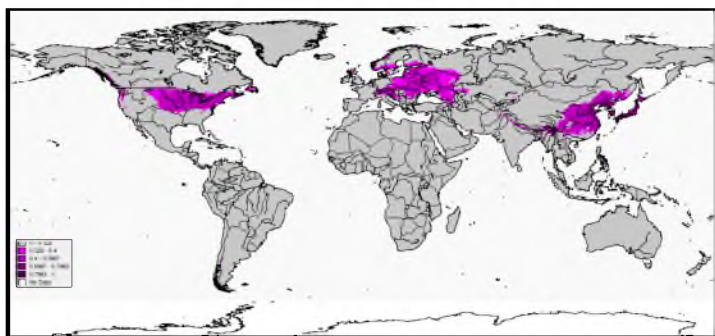


Рисунок 1 – Потенциальный ареал *Abies holophylla*

Для анализа использовался порог (threshold) бинаризации предсказания: условия считаются пригодными для существования вида, если предсказание выше некоторого порогового значения, и непригодными, если ниже. Для результирующей модели порог составил 0,328. Для *Abies holophylla* наиболее подходящими предсказанными территориями являются: США, Чили, Великобритания, Норвегия, Швеция, Запад России, Южная Корея, Север Китая и Япония.

График ROC (рис.2) показывает значения AUC, если значения AUC ниже 0,5, то дискриминация не лучше случайной, от 0,8-1 означает 80-100% вероятности того, что выбор модели соответствует фактическому. AUC измеряет способность модели различать ячейки раstra, где вид присутствует и где он отсутствует, обеспечивая измерение общей точности, не зависящее от порога (Araujo et al., 2005). Для анализа *Abies holophylla* AUC = 0,968.

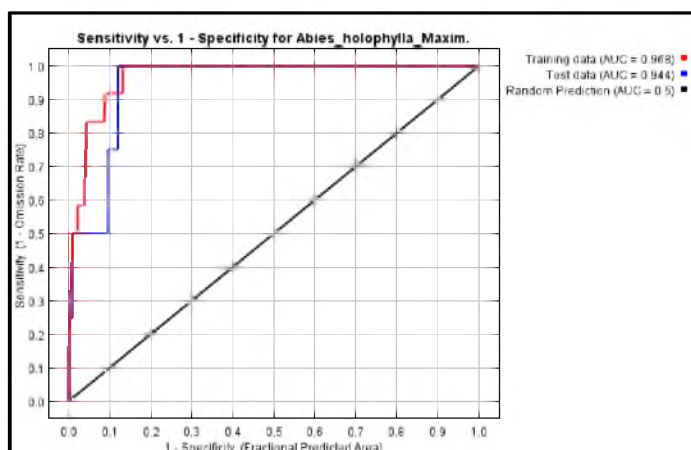


Рисунок 2 – График ROC

Оценка вклада переменных в результирующую модель, производится с помощью приема *jack-knife*. Он состоит из трех шагов. Сначала по очереди из анализа выводятся каждая переменная, и модель создается с оставшимися. Затем модель создается только с одной переменной (с каждой по очереди). И, наконец, для сравнения создается модель с участием всех переменных.

Лимитирующими факторами для данного вида являются: среднегодовая температура, максимальная температура самого жаркого периода, максимальная температура самого холодного периода, средняя температура самого сухого квартала, средняя температура самого теплого квартала и средняя температура самого холодного квартала.

Таким образом, метод MaxEnt позволяет определить потенциальный ареал вида, области, где климатические условия благоприятны для произрастания того или иного вида, а выявление лимитирующих факторов позволяет спланировать агротехнические мероприятия.

Библиографический список

1. Олонова М.В. Использование гербарных коллекций для экологического моделирования // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов. 7–9 октября 2015, Минск, Беларусь. – Минск, 2015. – С. 446-449.
2. Работнов Т.А. Фитоценология. Изд. 2-е. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 292 с.
3. Селедец В.П., Пробатова Н.С. Экологический ареал вида у растений. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 98 с.
4. Elith J., Graham C.H., Anderson R.P., Dudik M. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. // *Journal Ecography*. 2006. Vol.29, P. 129–151.
5. Franklin J. Mapping species distribution : spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge. 2009. 340
6. Hijmans R.J., Guarino L., Jarvis A. et. al. DIVA-GIS, version 5.2. Manual. [Электронный ресурс] // URL: http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS5_manual.pdf.
7. Liu T.-S. A monograph of the genus *Abies*. Taipei: National Taiwan Univ. Press, 1971. 580 p
8. Phillips, S.J. Maximum entropy modeling of species geographic distributions / S.J. Phillips, R.P. Anderson, R.E. Schapire // *Ecological Modeling*. – 2006. – Vol. 190. – P. 231–259.
9. Phillips, S.J. Modelling of species distribution with Maxent: new extentions and a comprehensive evaluation / S.J. Phillips, M. Dudic // *Ecography*. – 2008. – Vol. 31. – P. 161–175.
10. Ward, D.F. Modeling the potential geographic distribution of invasive ant in New Zealand / D.F. Ward // *Bio Invasions*. – 2007. – Vol. 9. – P. 723–735.

УДК 51-7+556

Разработка архитектуры комплекса моделирования темпов разрушения берегов водохранилищ

И.А. Ефремов
АлтГУ, г. Барнаул

В России наиболее важными водными объектами являются водохранилища, которые предназначены для удовлетворения разнообразных потребностей населения. По статистике всего в России создано более 2260 водохранилищ объемом более 0,1 км³. Суммарный полный объем этих водоемов составляет 926 тыс. км³ [1–2].

Роль водохранилищ в жизнедеятельности людей очень велика (гидроэнергетика, водный транспорт и т.д.). Однако, создание искусственных водных объектов имеет и ряд нежелательных последствий, отражающихся в природе и хозяйстве территорий, где они создавались. Строительство водохранилищ повлекло за собой преобразование ландшафтов бассейнов рек и озер на площади свыше 700 тыс. км². Периметр береговой линии водохранилищ нашей страны составляет около 64100 км, из которых 25000 км берега непрерывно разрушаются. По самым скромным оценкам, среднегодовая величина ущерба составляет 15,75 млрд. руб. [1–2].

Целью данного исследования является разработка архитектуры комплекса моделирования темпов разрушения берегов водохранилищ.

Отсюда следует несколько задач, которые необходимо решить: изучить предметную область и выбрать подходящую математическую модель, позволяющую давать надежный прогноз темпов разрушения берегов водохранилищ; определить формат входных и выходных данных; спроектировать архитектуру комплекса моделирования; разработать его, а также произвести верификацию полученного продукта.