

СОЗДАНИЕ КАРТ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫХ АДДИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

Омелько А.М., Яковлева А.Н.

Учреждение Российской академии наук Биолого-почвенный институт Дальневосточного
отделения РАН.

690022, г. Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159. E-mail: IBSS@eastnet.febras.ru.

Ключевые слова: *потенциальная растительности, DEM, модель, картографирование, структура, растительный покров.*

В горных районах топография является важным фактором, обуславливающим локальные условия, включающие микроклимат и особенности почв (Brown, 1994). Использование топографических переменных, полученных на основе цифровых моделей рельефа (Digital Elevation Models, DEM), как замена измерений различных переменных окружающей среды в природе становится общей практикой при моделировании растительности горных районов (Hoersch et al., 2002; Van Niel et al., 2004). В тех районах, где прямые наблюдения за переменными окружающей среды недоступны – как, например, для большей территории Юго-восточной Азии – пространственное распределение и относительные значения некоторых экологически значимых переменных может быть получено только с использованием цифровых высотных моделей.

Цель нашей работы: установить основные закономерности взаимосвязи между некоторыми типами растительных сообществ и условиями местообитания территории Южного Сихотэ-Алиня и проиллюстрировать методику создания карт потенциальной растительности на примере Верхнеуссурийского стационара БПИ ДВО РАН.

Материал и методика. Полевые исследования на территории Верхнеуссурийского стационара проводились в 2003-2009 гг. В ходе полевых исследований и анализа данных дистанционного зондирования отмечено 570 точек, для 300 из которых выполнены детальные геоботанические описания.

Для создания моделей были рассчитаны карты распределения 15 топографических переменных (таблица). Статистические модели были построены на основе генерализованных аддитивных моделей (Generalized Addictive Models, GAM) с использованием пакета GRASP ver. 3.3b (Lehmann et al., 2002) для программы S-Plus 8.0 Student Edition (Insightful Corp., Seattle, WA, USA). Переменными отклика в модели были типы растительности. Общий алгоритм создания моделей состоит из следующих шагов:

1) Полевые исследования, в ходе которых необходимо получить массив географически привязанных геоботанических описаний. Эти описания будут использованы для создания (или уточнения) классификационной схемы растительности исследуемой территории, а также как точечные данные с известным типом растительности.

2) Создание (или уточнение) классификации растительности исследуемой территории.

3) Получение дополнительных точечных данных с известным типом растительности. Возможны два варианта - дешифрирование данных дистанционного зондирования (например, изображений Landsat / Alos / QuickBird) или дополнительные маршрутные обследования, в ходе которых отмечаются точки в контурах растительности – с указанием типа, но без подробных геоботанических описаний.

4) Расчет карт топографических переменных. В данной работе мы используем для этой цели программный пакет ILWIS (последнюю версию пакета можно найти по адресу <http://www.ilwis.org/>). Для упрощения расчетов большие территории целесообразно разделить на бассейны отдельных рек, это можно сделать в пакете ArcGis, модуль Spatial Analyst.

5) Подготовка таблиц исходных данных и построение и анализ моделей распространения растительных сообществ разных типов (модуль GRASP для статистического пакета S-PLUS, <http://www.unine.ch/CSCF/grasp/>).

6) Сборка и анализ карт потенциальной растительности (пакет ArcGIS с использованием модуля Spatial Analyst).

Топографические переменные, использованные для создания моделей и их
экологическое значение

Переменная	Обозначение	Экологическое значение
Морфологические		
Высота над уровнем моря (м)	Altitude	Температура, влажность, давление, CO ₂
Экспозиция (градусы)	Aspect	Солнечная радиация, ветер, влажность
Крутизна склона (%)	Slope	Солнечная радиация, стабильность грунта, процессы эрозии, влажность
Северность (от 1 до -1)	Northness	Зимняя/летняя солнечная радиация
Кривизна в профиле (от -1 до 1)	ProfC	Влажность, эрозия/отложение осадков
Кривизна в плане (от -1 до 1)	PlanC	Солнечная радиация, ветер, влажность
Климатические		
Потенциальная инсоляция (%)	Solin	Солнечная радиация
Гидрологические индексы		
Комплексный топографический индекс	TWI	Влажность, накопление воды и холодного воздуха(температурные инверсии)
Индекс переноса осадков	STI	Потенциал эрозии, накопление осадочных пород
Индекс интенсивности течений	SPI	Потенциал эрозии, накопление осадочных пород
Формы рельефа		
Степень принадлежности к долине (от 0 до 1)	glfChan	Режим увлажнения и температуры, перенос и накопление осадочных пород
Степень принадлежности к вершине (от 0 до 1)	glfPeak	Режим увлажнения и температуры
Степень принадлежности к углублению (от 0 до 1)	glfPit	Режим увлажнения и температуры
Степень принадлежности к равнине (от 0 до 1)	glfPlane	Режим увлажнения и температуры
Степень принадлежности к хребту (от 0 до 1)	glfRidge	Режим увлажнения и температуры
Степень принадлежности к склону (от 0 до 1)	glfSlope	Режим увлажнения и температуры

Результаты. Получены модели распределения сообществ различных типов леса Верхнеуссурийского стационара. Созданная ранее классификация растительности стационара включала 15 типов леса, относящихся к 5 экологическим комплексам (Яковлева, 2010). Для данной работы типы леса были объединены в 10 групп типов.

Экологический комплекс

Группа типов

A. Тепло-сухие дубово-кедровые леса

I. Дубово-кедровые рододендроновые типы леса

B. Умереннотепло-свежие широколиственно-кедровые леса

II. Широколиственно-кедровые лещинно-рододендроновые типы леса

III. Кедровники редкопокровные

IV. Широколиственно-кедровые лианово-кустарниковые разнотравные типы леса

V. Кедровники лимонниково-лещинные низкотравно-мелкоосоковые

C. Прохладно-влажноватые темнохвойно-кедровые леса с широколиственными породами

VI. Широколиственно-темнохвойно-кедровые лианово-кустарниково-смешаннопапоротниковые типы леса

VII. Темнохвойно-кедровые с участием березы желтой актинидиево-кустарниковые широколиственно-осоково-папоротниковые типы леса

D. Холодно-влажные кедрово-темнохвойные леса

VIII. Кедрово-темнохвойные с участием березы шерстистой лианово-низкотравно-мелкоосоковые типы леса

IX. Кедрово-темнохвойный с участием березы шерстистой осоково-амурско лепторуморовые типы леса

Е. Холодно-влажные темнохвойно-ильмово-ясеновые леса

Х. Темнохвойно-ильмово-ясеновые крупнотравно-осоково-папоротниковые типы леса

В целом, в окончательных моделях, полученных с помощью модуля GRASP для пакета S-Plus, из четырех групп переменных участвуют главным образом три. Перечислим их в порядке значимости: морфологические переменные, гидрологические индексы и, наконец, климатическая переменная Solin.

Из морфологических переменных наибольшее значение имеет высота (Altitude). Эта переменная описывает общий температурный режим, точнее уменьшение температуры при увеличении высоты над уровнем моря. Также большое значения для описания температурного режима имеет переменная Solin (потенциальная инсоляция). В горных условиях Южного Сихотэ-Алиня играет роль не сама величина потенциальной инсоляции, а связанное с ней прогревание склона. Склоны южной и юго-западной экспозиции прогреваются лучше, поэтому некоторые типы леса могут подниматься вверх вплоть до гребней склонов. С другой стороны, склоны северной экспозиции всегда более холодные, и кедрово-темнохвойные леса могут спускаться вниз к долинам ручьев. В описании этого процесса также участвует переменная Northness (“северность”). Другое явление, модифицирующее общую закономерность температурного режима – инверсии, описываемые гидрологическим индексом TWI. Холодный воздух спускается в долины, благодаря чему здесь некоторые участки могут занимать темнохвойные леса. Горы территории стационара относительно пологие, поэтому морфологические переменные кривизны в профиле и плане (profC и planC) не играют большой роли в моделях.

Из гидрологических индексов в модели вносят наибольший вклад переменные SPI (индекс интенсивности течений – перенос и накопление осадочных пород а вымывание также органики и микроэлементов) и TWI (индекс влажности). Для типов леса, встречающихся на гребнях и близ хребтов (дубово-кедровые леса) важными оказывается переменная SPI. Дифференциация типов леса горных склонов связана с индексом TWI. В описании режима увлажнения опять-таки играет большую роль переменная инсоляции (Solin). На хорошо прогреваемых склонах происходит более быстрое испарение влаги. Кроме того, весной здесь быстро сходит снег и к началу вегетационного сезона южные склоны оказываются очень сухими.

Переменные форм рельефа вносят наименьший вклад в модели. Из форм рельефа важными оказываются glfChan, выделяющая узкие долины и glfRidge – узкие, сухие хребты.

На основе полученных моделей были рассчитаны карты распределения вероятности нахождения отдельных экологических комплексов и групп типов. Далее были получены карты потенциальной растительности стационара. Для этого был использован простой алгоритм – для каждой точки (пикселя растра) выбирался экологический комплекс (тип леса) с наивысшей расчетной вероятностью (рис.). Для удаления «шума» - разрозненных пикселей в контурах типов леса был использован алгоритм Majority Filter модуля Spatial Analyst пакета ArcGis.

Полученные модели и карты потенциальной растительности хорошо отражают закономерности высотной поясности. Долины рек занимают темнохвойно-ильмово-ясеновые леса (долины – близкие к единице значения переменной glf.channel и положительные значения profc; относительно важные и прохладные – высокие значения индекса TWI). Нижние и средние части склонов гор заняты темнохвойно-кедровыми лесами с широколиственными породами (средние высоты – Altitude, относительно теплые – высокие значения Solin и низкие Northness, относительно сухие - TWI). На более крутых нижних склонах (высокие значения переменных Slope и SPI, STI) появляются умеренно свежие широколиственно-кедровые леса. Верхние части склонов заняты кедрово-темнохвойными лесами с березой шерстистой (склоны средней крутизны – Slope, относительно большие высоты над уровнем моря – переменная

Altitude, прохладные – Northness, умеренно влажные – TWI). Дубово-кедровые леса относятся скорее к азональным элементам, занимая сухие (низкие значения индекса TWI), хорошо инсолированные (высокие значения Solon) хребты вне зависимости от высоты над уровнем моря.

При планировании работы предполагалось, что модели будут создаваться на нескольких уровнях с возрастающей детализацией: экологические комплексы (или формации) – группы типов леса – типы леса. Но как показал опыт создания моделей, наилучшие модели (более точно прогнозирующие распределение растительных сообществ, обладающие большей стабильностью и небольшим размером) удается получить для сообществ, имеющих более локальное распространение, т.е, например, для типов леса. Таким образом, данный подход лучше всего применять для наиболее детальной имеющейся классификации. Главное требование – исходные данные (точки наблюдений) должны по возможности полно охватывать диапазон условий, где возможно нахождение данного типа растительности.

Результаты сравнения карт потенциальной и актуальной растительности Верхнеуссурийского стационара показали, что использованная методика обладает большими прогнозными возможностями. Используя метод GAM для создания моделей распределения растительных сообществ, можно получить детальные крупномасштабные карты потенциальной растительности, «разрешающая способность» которых будет ограничена, главным образом разрешением растра DEM. Полученные карты потенциальной растительности можно в дальнейшем скорректировать по данным дистанционного зондирования и получить карты актуальной растительности. Это важно, поскольку использование только данных дистанционного зондирования, без создания моделей растительного покрова пока не приносит удовлетворительных результатов в случае полидоминантных лесов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований, грант № 09-04-00796-а.

Список литературы

- Яковлева А.Н.* Модель пространственной структуры растительности территории Верхнеуссурийского стационара // Экология, 2010. №4. С. 271-280.
- Brown D.G.* Predicting vegetation types at treeline using topography and biophysical disturbance variables // Journal of Vegetation Science, 1994. V. 5. P. 641–656.
- Hengl T., Gruber S. and Shrestha D.P.* Digital Terrain Analysis in ILWIS // Lecture notes, International Institute for Geo-Information Science & Earth Observation (ITC), Enschede, Netherlands, 2003. 56 p.
- Hoersch B., Braun G. & Schmidt U.* Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach // Computers, Environment and Urban Systems, 2002. V. 26. P. 113–139.
- Lehmann A., Overton J.McC. and Leathwick J.R.* GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction // Ecological Modelling, 2002. V. 157. P. 189–207.
- Van Niel K.P., Laffan S.W. and Lees B.G.* Effect of error in the DEM on environmental variables for predictive vegetation modeling // Journal of Vegetation Science, 2004. V. 15. P. 747–756.

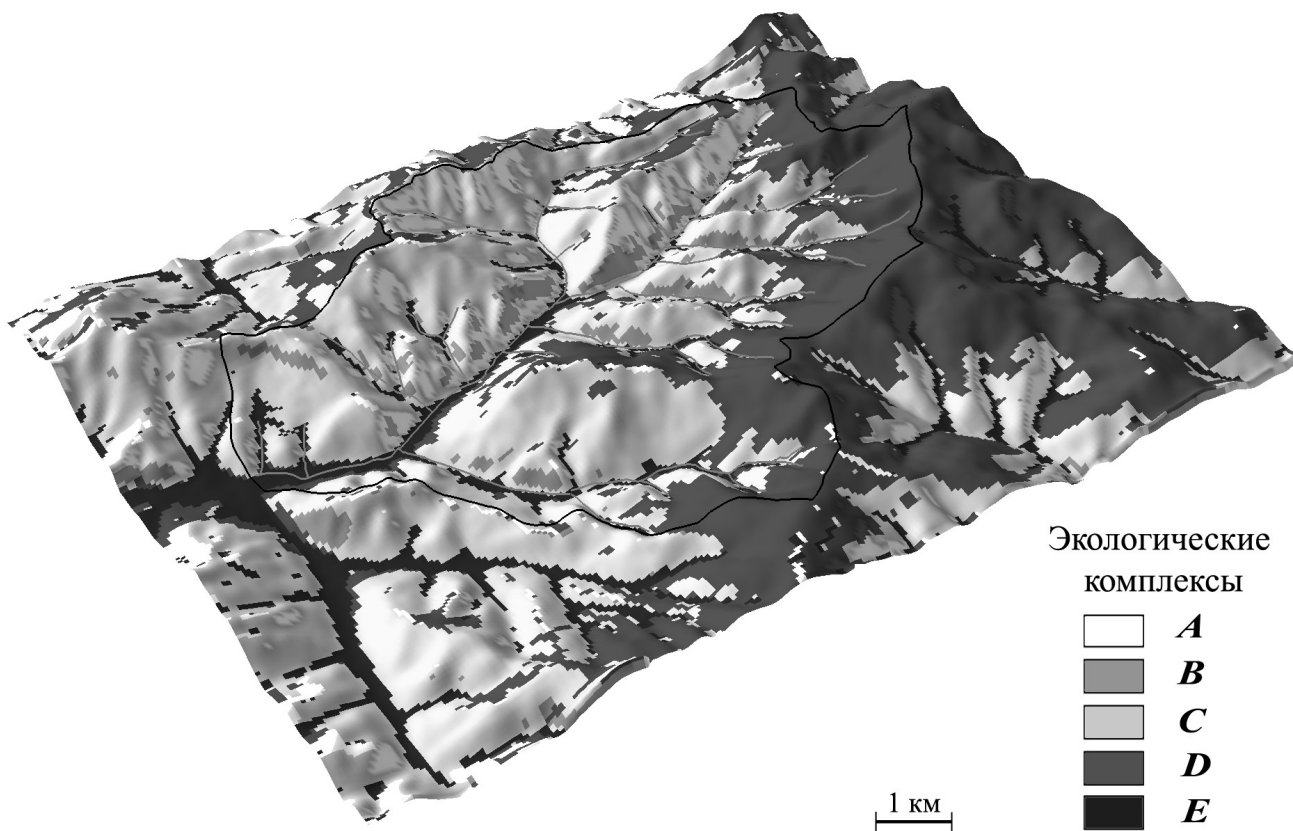


Рис. Распределение экологических комплексов растительности территории Верхнеуссурийского стационара.