

Анализ взаимосвязи картографически представляемых экологических данных*

В.В. Снакин, д.б.н., Г.В. Митенко, А.А. Присяжная, к.б.н., В.Р. Хрисанов, к.б.н., В.С. Юрин

Национальное информационное агентство «Природные ресурсы», Москва

Институт фундаментальных проблем биологии РАН, г. Пущино

Одну из сложных проблем при сравнении картографических экологических и природно-ресурсных данных составляет количественная оценка взаимосвязи параметров, представленных для разных пространственных выделов (почвенных, ландшафтных, растительных выделов, административных образований т.п.) в пределах одной и той же территории. Прямое использование статистических методов в таких случаях невозможно из-за несопоставимости выделов и разных объемов выборки, а отсутствие приемов такого сравнения лишает экологов не только возможности поиска причинно-следственной связи пространственно распределенных данных, но и оценки новых картографических произведений.

Поэтому нами была поставлена задача на основе современных ГИС-технологий разработать методику анализа взаимосвязи пространственных картографических параметров окружающей среды, природных ресурсов, антропогенной нагрузки, социально-экономических показателей для территории России.

Описание методики. Основой методики послужил GRID-анализ. Использование стандартных процедур GRID-анализа в существующих геоинформационных системах связано с некоторыми неудобствами. Во-первых, при использовании GRID-ячеек большей площади, чем минимальный пространственный выдел анализируемого параметра, приводит к редуцированию значений параметров, и, следовательно, к искажению пространственных взаимосвязей. Во-вторых, использование небольших по площади GRID-ячеек значительно увеличивает их число, и, соответственно, время расчетов. Дополнительной трудностью является также отсутствие в GRID-анализе функции присвоения ячейке вычисляемого значения исследуемого параметра. Обычно, ячейке присваивается доминирующее по площади значение параметра среди существующих значений.

Для решения поставленной задачи необходимо, прежде всего: 1) привести подлежащие анализу картографические материалы к единой картографической проекции и масштабу; 2) наложение на исследуемую территорию сетки (GRID) с требуемым для исследований шагом; 3) вычисление значений исследуемого параметра в пересечении каждой из ячеек сетки с исследуемой темой. Сравнение картографических материалов возможно провести по GRID-отпечаткам исследуемых карт.

Формирование GRID-отпечатка происходит следующим образом. Из тематического слоя вырезаются контуры ячеек используемой сетки (например, 1°x1° градус). В случае, когда внутри какой-либо из ячеек локализируются два и более пространственных выдела с разными значениями параметра, ячейка формируется из нескольких кусочков соответствующих разнообразию значений, попавших в ячейку. На следующем этапе для каждой из таких составных ячеек рассчитывается общее значение по используемой гипотезе пространственного распределения. Таким образом, разнообразная тематическая информация преобразуется к единому виду, в нашем случае, одинаковому (единый набор и количество ячеек) массиву данных для каждого из исследуемых параметров. В таком виде разнообразная информация может быть обработана общепринятыми статистическими методами, в частности, возможен расчет коэффициентов корреляции между параметрами.

В целях оптимизации анализа взаимосвязи картографически представляемых результатов было разработано специальное приложение (с использованием скриптов) для ГИС ArcView версии 3.2, которое на основе разнообразных исходных сеток (т.е. подготовленных в разных проекциях и по различным законам, например, градус на градус), проводит перерасчет значений исследуемой величины для каждой ячейки сеточной области, в соответствии с математическими формулами (например, средневзвешенного значения). Полученные результаты можно вывести в виде таблиц значений, которые в дальнейшем возможно проанализировать статистическими методами анализа. Также существует возможность дополнить приложение новыми расчетными формулами.

Для целей оптимизации анализа разработанное приложение использует сетку как исследовательскую палетку, меняя размер ячеек которой можно гибко изменять объем и пространственную подробность анализируемого материала, причем «сетка» может быть построена и по непараметрическим законам (неравномерным законам распределения). На основе приложения возможно формирование понятного, гибкого и многопрофильного инструмента для исследования экологических данных.

Работа приложения иллюстрирует рисунок, на котором представлены GRID-отпечатки первого (А)

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-06-80292-а.

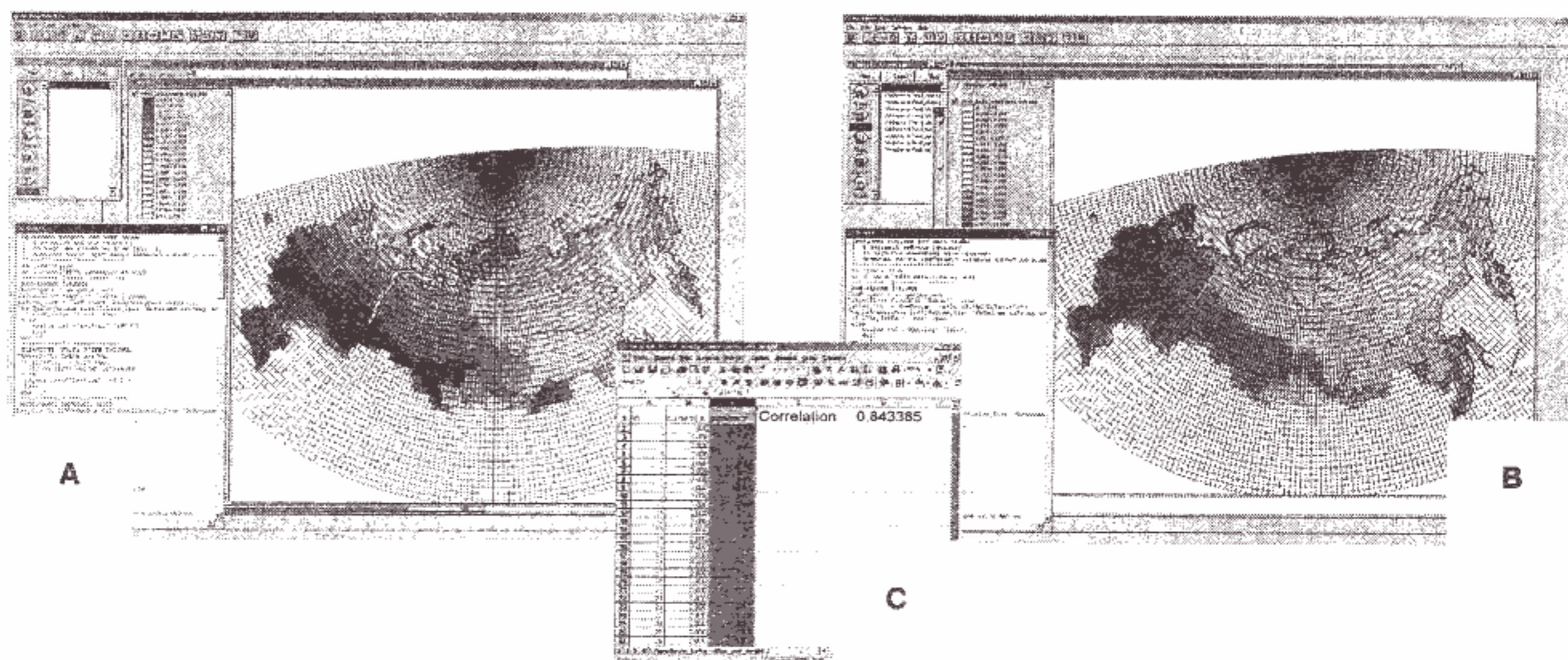


Рис. Схема анализа взаимосвязи пространственных картографических параметров окружающей среды: А – GRID-отпечатки первого слоя информации; В – GRID-отпечатки второго слоя информации; С – матрица для расчета статистических параметров

и второго (В) исследуемых параметров, а также, полученную таблицу (С) с набором данных сравниваемых параметров и рассчитанный коэффициент корреляции между ними.

Верификация методики. В целях проверки работы приложения был проведен анализ взаимосвязи картографических данных по запасам древесины по субъектам Российской Федерации с параметрами, априори связанными с ростом древесины (табл. 1). При этом были использованы данные из Федерального атласа «Природные

ресурсы и экология России» [3]. Результаты показывают высокие значения коэффициентов корреляции как с удельным приростом лесообразующих пород, биоразнообразием растений, так и с потенциальной продуктивностью экосистем суши и лесистостью. Учитывая различную степень изученности Европейской территории России (ЕТР) и азиатской ее части (АТР), коэффициенты корреляции были рассчитаны как в целом для России, так и отдельно для каждой из указанных территорий.

Таблица 1

Корреляционные взаимосвязи удельного запаса древесины с экологическими факторами

Фактор	Коэффициент корреляции		
	для ЕТР	для АТР	для территории России в целом
Удельный прирост лесообразующих пород	0,94	0,98	0,90
Лесистость	0,72	0,73	0,74
Биоразнообразие древесных и древесно-сосудистых растений	0,69	0,81	0,68
Биоразнообразие сосудистых растений	0,72	0,82	0,65
Потенциальная продуктивность экосистем суши	0,55	0,56	0,51

Анализ картографических материалов. В качестве примера рассмотрим взаимосвязь имеющихся картографических оценок потенциальной способности почв к самоочищению (Природные ресурсы и экология России, 2003) и экологической ситуации для территории России (Кочуров и др., 1996) с различными экологическими и социально-экономическими показателями.

Карта потенциальной способности почв к самоочищению (авторы карты И.О. Алябина, П.П. Кречетов) построена на основе балльных оценок комплекса почвенно-ландшафтных характеристик: мощность гумусового горизонта, емкость катионного обмена, крутизна склона, тип водного режима, положения в ландшафте и интенсивности биогенного круговорота. Рассчитанные с помощью разработанной методики коэффициенты корреля-

ции с целым рядом других параметров показали на существование значимой связи с целым рядом из них (табл. 2). Особое внимание следует обратить на довольно тесную взаимосвязь анализируемого параметра с рядом ландшафтных характеристик территории субъектов Российской Федерации (ландшафтные изрезанность, контрастность, мозаичность), предложенных в работе В.Е. Мельченко с соавторами [2], которые в значительной степени определяют интенсивность ландшафтных процессов.

Карта современного состояния окружающей среды Российской Федерации построена по весьма сложной многоступенчатой системе. Основу ее составляет 4-х балльная оценка экологической ситуации: благоприятная, умеренно острая, острая, критическая. Проведенный с помощью разрабо-

Корреляционные взаимосвязи потенциальной способности почв к самоочищению с ландшафтно-экологическими факторами

Фактор	Коэффициент корреляции		
	для ЕТР	для АТР	для территории России в целом
Биоразнообразие сосудистых растений	0,48	0,47	0,48
Лесистость	0,45	0,43	0,50
Потенциальная продуктивность экосистем суши	0,34	0,40	0,34
Водные ресурсы (речной сток)	0,49	0,56	0,41
Устойчивость геологической среды к техногенным воздействиям	0,56	0,62	0,55
Ландшафтное разнообразие	0,29	0,38	0,22
Ландшафтная контрастность	0,71	0,83	0,68
Ландшафтная изрезанность	0,66	0,77	0,66
Ландшафтная уникальность	0,70	0,85	0,64
Ландшафтная мозаичность	0,49	0,70	0,48

танной методики анализ этой балльной оценки показал отсутствие сколь либо существенной ее связи ни с одним из факторов, заведомо определяющих это состояние (табл. 3).

Естественно, что трудно ожидать высоких корреляций одних природных параметров с другими в силу множества протекающих в экосистемах процессов и условий, определяющих эти процессы. В то же время экологическая ситуация (и это вытекает из концепции определения этого понятия) напрямую связана с антропогенной деятельностью и особенно с выбросами и сбросами загрязняющих веществ. Практическое отсутствие

такой связи может свидетельствовать о том, что анализируемая карта не вполне адекватно отражает экологическую обстановку на отображаемой территории.

Заключение. Разработанная методика анализа взаимосвязи пространственных картографических параметров окружающей среды показала свою состоятельность при решении разных задач сравнения картографических данных. Новый инструмент может быть использован как при решении исследовательских задач поиска взаимосвязи различных экологических факторов, так и для оценки новых картографических произведений.

Таблица 3

Корреляционные взаимосвязи данных по современному состоянию окружающей среды с различными факторами

Фактор	Коэффициент корреляции		
	для ЕТР	для АТР	для территории России в целом
Антропогенная нагрузка на ландшафты	0,40	0,24	0,46
Сброс сточных вод	0,19	0,17	0,25
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу	0,19	0,26	0,19
Загрязненность бассейнов крупных рек	0,34	0,33	0,42
Использование водных ресурсов	0,06	0,18	0,10
Плотность населения	0,41	0,29	0,36
Устойчивость геологической среды к техногенным воздействиям	0,13	0,24	0,19
Потенциальная способность почв к самоочищению	0,21	0,29	0,22
Продуктивность экосистем суши	0,36	0,32	0,44
Биоразнообразие сосудистых растений	0,31	0,28	0,40
Лесистость	0,16	0,17	0,15
Ландшафтное разнообразие	0,24	0,11	0,33
Ландшафтная изрезанность	0,27	0,23	0,30
Ландшафтная контрастность	0,26	0,31	0,22
Ландшафтная мозаичность	0,17	0,21	0,22
Ландшафтная уникальность	0,08	0,29	0,04

Литература

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Под ред. С.К. Шойгу. – М.: ИПЦ «Дизайн. Информация. Картография», 2005. С. 245.

2. Мельченко В.Е. и др. Анализ ландшафтного разнообразия России // Использование и охрана природных ресурсов России: Информационно-аналитический бюл-

летень. 2004, № 4. С. 38.

3. Природные ресурсы и экология России: Федеральный атлас / Под ред. Н.Г. Рыбальского и В.В. Снакина. – М.: НИА-Природа, 2002, 2003. С. 278.

4. Кочуров Б.И., Жеребцова Н.А., Быкова О.Ю. и др. Состояние окружающей природной среды Российской Федерации. М. 1:8000000. – М.: РЭФИА, 1996.