



Пространственный анализ и геостатистическая интерполяция для моделирования распределения данных на поверхности

Polina Lemenkova

► To cite this version:

Polina Lemenkova. Пространственный анализ и геостатистическая интерполяция для моделирования распределения данных на поверхности. Information and Telecommunication Technologies. Education, Science and Practice, Satbayev Kazakh National Technical University (KazNITU), Dec 2015, Almaty, Kazakhstan. pp.214-217, <10.6084/m9.figshare.7210361>. <hal-02019236>

HAL Id: hal-02019236

<https://hal.science/hal-02019236>

Submitted on 14 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC0 - Public Domain Dedication 4.0 International License

этом уточнение смысла происходит за счет отбрасывания потенциальных возможностей, заключенных в интуитивном образе. Так, интуитивное понятие «актуально бесконечно малой величины» было полностью отброшено в классическом обосновании анализа, затем возродилось в точных понятиях «нильпотентного элемента» в алгебраической и дифференциальной геометрии наших дней и «бесконечно малого числа» в нестандартных моделях вещественного поля у логиков. Рассмотрим несколько альтернатив языка теории множеств. Первая из них – двойственный язык «свойств», «предикатов» и т.п. Его элементарное выражение «обладать свойством», заменяет выражение «быть элементом множества». Семантика понятия «свойство», принимаемого за первоначальное, в интуиции не обязана быть полностью эквивалентной семантике понятия «множество элементов с данным свойством», хотя бы потому, что определенность свойства «быть красным», совсем не требует определенности «множества красных предметов», учитывая хотя бы наличие шкалы оттенков цвета. Более того, в доканторовской математике язык свойств использовался именно для замены табулированной актуальной бесконечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов, А. Л. Современные информационные технологии и перевод: учеб. пос. / А. Л. Семенов. – М. : Академия, 2008. – 224 с.
2. Потапова, Р. К. Новые информационные технологии и лингвистика : учеб. пос. / Р. К. Потапова. – М. : МГЛУ, 2002. – 576 с.
3. Рейуорд-Смит В.Дж. Теория формальных языков. Вводный курс. - М.: Радио и связь, 1988.
4. Малявко А.А. Теория формальных языков / Учебное пособие, Ч.1,2,3. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001-2005.
5. И. А. Волкова, А. А. Вылиток, Т. В. Руденко. Формальные грамматики и языки. Элементы теории трансляции (3-е издание).— М.: Изд-во МГУ, 2009
6. Salomaa A. Formal languages. Academic press, 1993

УДК 528.9

Леменкова П.А.

Карлов университет, Институт экологических исследований, Чехия, г.Прага
pauline.lemenkova@gmail.com

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И ГЕОСТАТИСТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. Работа рассматривает применение методов моделирования и интерполяции пространственных данных при геоинформационном картографировании. Составление карт загрязнения при экологическом мониторинге сталкивается с техническими проблемами, которые были рассмотрены в настоящей статье: выбор оптимальных методов обработки данных: построение гридов, кригинг, экстра- и интерполирование точечных данных.

Ключевые слова: интерполяция, моделирование, анализ данных, ГИС

Математико-картографическое моделирование является эффективным комплексным совмещением математических моделей, встроенных в ГИС для создания карт геопространственного анализа. Карта представляет собой математически строго определенную формализованную модель, построение которой производится по канонам математической картографии. На карте моделируемая действительность, так же как и в математической модели, передается в условной знаковой форме, но кроме того объекты экосистем являются визуализированными. Именно это свойство обуславливает образную наглядность картографических характеристик. Карта не только абстрактная знаковая, но также аналоговая модель действительности. Доказательством этому служит многообразие приемов передачи характеристики явлений посредством взаимозаменяемых способов картографического изображения, а также однозначность характеристики конкретных территориальных свойств географической действительности. Математико-картографическое моделирование позволяет использовать картограммы или картодиаграммы при экологической оценке акваторий, точечный способ для показа пунсонов с пункиами отбора гидрохимических проб или метод изолиний для показа континуального распределения загрязнителей по акватории. Приемы математической статистики используются при проведении отбора объектов картографирования, построении шкал по количественным признакам, обобщении статистических данных.

Методы математико-картографического моделирования (МКМ) являются базовыми для построения итоговых геоэкологических карт в проекте. Более глубокое использование математических методов используется также при построении поверхностей, объединении разных полей, построении сложных моделей. Сочетание математических и картографических моделей при геоэкологическом картографировании используется в самых разнообразных сочетаниях. Последний строится из элементарных, простейших моделей-звеньев. В связи с этим были определены и классифицированы элементарные МКМ. Схематично модель, полученная средствами МКМ выражается следующим образом: данные и математическая модель результат моделирования. Среди существующих МКМ для задач геоэкологического моделирования используются следующие:

А. Модели структуры явлений.

1. Модели структуры пространственных характеристик явлений (распределение покрова льда на различные даты, биогеографические ареалы).

2. Модели структуры содержательных характеристик явлений (количественное содержание загрязнителей в точках отбора проб на разные данные).

В. Модели взаимосвязей.

1. Модели взаимосвязей пространственных характеристик явлений (корреляция карт распространения контаминантов и загрязнения водно-воздушных масс).

2. Модели взаимосвязей содержательных характеристик явлений (корреляций границ геологических, геоморфологических и биогеографических районов).

С. Модели динамики распространения (развития) явлений.

1. Модели динамики пространственного распространения явлений (например, моделирование быстро меняющихся явлений, таких, как состояние снежного покрова, загрязнения акваторий, распространение загрязнителей и многое другое. Особенно актуальным становится данный метод для решения задач анализа динамики развития экосистем в ее временном аспекте: при оценке ряда карт состояния и пространственного распределения компонента экосистемы за несколько временных срезов становится возможным оценить определенный тренд в его дальнейшем развитии и т.д.).

2. Модели динамики содержательного развития явлений (например, при анализе изменения концентраций загрязнителей за некоторые периоды времени можно оценить быстроту его нейтрализации в пределах экосистемы и, таким образом, ее способность к самоочищению и степень устойчивости к нагрузкам).

При сопоставлении концентрации загрязнения различными веществами воды или воздуха трудно оперировать абсолютными значениями, так как вещества находятся в несопоставимых по порядку значений единицах, поэтому для их сравнения необходимо использовать оценочные категории относительно пороговых значений. Поэтому для сопоставления загрязнений разных объектов (атмо- и гидросфера региона) грид-темы классифицируются на оценочные единицы (баллы) с помощью функции переклассификации, встроенной в Spatial Analyst ArcGIS [1]. Той же функцией вычисляется суммарная оценка загрязненности по отдельным акваториям бассейна. Т.к. темой текущего проекта является экологический мониторинг Арктического бассейна, и в частности, визуализация загрязнений, то в настоящей работе рассмотрены конкретные примеры морей Северного Ледовитого океана. Из-за отсутствия данных на отдельные акватории (моря Баффина, Чукотское) возникла задача либо экстраполяции данных на недостающие регионы, либо исключения этих районов из анализа. Вначале с помощью встроенных в модуль математических функций была произведена экстраполяция возможного распространения концентраций веществ на регионы с отсутствующими данными. Однако наилучшим оказался вариант построения поверхностей с применением маскирующих гридов, а не с геометрической экстраполяцией данных. Поэтому при расчете общей загрязненности вод для достижения большей точности используются маски на районы, где результатов измерений и отборов проб не достаточно.

На следующем этапе анализа поверхностей проведен анализ распространения радиоактивных элементов ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr в пределах конкретных литологических зон. Для этого используется построение гистограммы распределения ячеек грида по определенным зонам другого покрытия. Т.е., например, можно подсчитать количество ячеек зоны наибольших концентраций элементов ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr , попадающих на распространение различных литологических и тектонических поверхностей (интересовал прежде всего, глинистый типы донных осадков и области структурных понижений поверхности морского дна), на основе чего проанализировано пересечение зоны распределения повышенной загрязненности в с областью распространения разных типов донных отложений и геоморфологии дна. Для наглядного отображения зависимостей между данными обеих грид-тем: уровнями концентраций элементов ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и литологическими

поверхностями в районе как рабочие модели создаются объемные изображения, где рельефность визуально получена за счет использования значений грид-темы литологии в качестве показателя яркости отображения ячейки темы с элементами.

В качестве дополнительной карты создан грид направления потока веществ по акватории моря на примере распределения хлорорганических соединений ДДТ, ПХБ, ГХЦГ, для построения которого использовалась функция анализа соседства, анализирующая окружение каждой ячейки грида распределения загрязнителя по заданному числу соседей и в пределах определенного радиуса или зоны. Однако направление, построенное с использованием данной функции, отражает скорее геометрический характер возможного направления, что недостаточно без учета гидрологических особенностей и характера течений по акватории. Для анализа и выбора оптимального визуального отображения пространственного распределения данных, полученные грид-темы проанализированы на представление в виде равноинтервальной или по стандартному отклонению от среднего, где количество классов, на которые разбивается поверхность распределения данных, варьируется. Как окончательный вариант выбраны 7 групп уровня концентраций загрязнителей, при которых диапазон изменения значений концентраций наглядно отражается визуализацией полей в цветовой шкале с 7 градуированными значениями цвета.

По методу индикаторного кригинга составляются рабочие карты превышения заданного уровня концентрации некоторых тяжелых металлов Cd, Cu, Ni и Zn над нормальным фоном. Карты показывают площадное распространение загрязнителей по акватории и выполнены с помощью модуля Grid Interpolation ArcGIS. Составление карт проводится на основе сплайновой интерполяции исходных данных, имеющих точечное распространение по акватории с координатной привязкой и указанным значением атрибутов, т.е. количественной величины загрязнения [2]. Карты отражают природные условия и морские ресурсы, содержат основу для разработки прогноза экологического развития акватории и имеют информационно-справочный характер. Показывая местоположение существующих источников загрязнения, они дают возможность анализа особенностей их географического распределения. В результате применений методов математического моделирования и встроенных в ГИС функций можно составить следующие инвентаризационные карты загрязнения отдельных компонентов природной среды по типам загрязнителей:

- содержание нефтяных углеводородов в придонном слое вод
- содержание тяжелых металлов в толще морской воды (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)
- загрязнение морской воды радионуклидами ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr
- миграции радионуклидов ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr в толще морской воды за 1965-2015
- загрязнение хлорорганическими соединениями ($\Sigma\text{ДДТ}$, ГХБ, ГХЦГ, $\Sigma\text{ПХБ}$)
- загрязнение морской воды полициклическими ароматическими углеводородами ($\Sigma\text{ПАУ}$)
- комплексное содержание тяжелых металлов (поэлементно) в тканях рыб и морских животных (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), масштаб 1:20000000
- содержание тяжелых металлов в организмах зоопланктона Арктического бассейна (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), масштаб 1:20000000
- содержание тяжелых металлов в донных осадках, масштаб 1:20000000
- выбросы тяжелых металлов (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) в атмосферу Арктического бассейна и очаги их распространения, масштаб 1:20000000
- Содержание Cs-137 в донных осадках

Известно, что определенное значение отдельных тяжелых металлов всегда содержится в составе морской воды, но именно превышение их концентрации над этим значением является сигналом возникновения кризисной ситуации. Средствами Spatial Analyst ArcGIS осуществляются запросы к растровым темам, в которых можно вычислить районы Арктического бассейна с концентрацией загрязняющих веществ, превышающей уровень ПДК загрязнителя. При создании тематических экологических карт необходимо проанализировать временные ряды наблюдаемых признаков, информацию об экологических и гидрологических замерах, т.е. обобщенные данные мониторинга, позволяющие получить представление о средних, типичных и потенциально возможных для данной временной стадии величинах выбранного индикаторного признака для экологической оценки. На основе сравнения реальных величин с теоретической нормой, выявление наибольших отклонений от нее, анализ степени синхронизации экстремумов в концентрациях загрязнителей в водных массах и гидрохимическом состоянии водных масс позволяет сделать выводы о причинности взаимосвязей между этими факторами. Запросы формулируются в

специальном окне построения картографических SQL. В ответ на каждый запрос получена новая грид-тема, показывающая удовлетворяющие запросу ячейки с указанными районами.

Построение гидрологических моделей требуют логически безошибочных данных, для проверки которых использовалась встроенная в состав модуля функция очистки данных от ошибок и пробелов. Ошибочными могут быть, например, отдельные провалы или выступы в ячейках грида, содержащих величины концентрации веществ. Их сравнение с преобладающим фоном, соседними значениями позволяет провести агрегирование данных или восполнение пробелов. Для оценки достоверности данных используется также модуль Geostatistical Analyst, который позволяет использовать геостатистический метод интерполяции. В отличие от детерминированного в Spatial Analyst, он опирается как на статистические, так и на математические методы, которые используются для оценки ошибки интерполяции, указывающей погрешность вычислений. Данные без указания погрешностей мало пригодны для экологического мониторинга, поэтому геостатистический метод используется для оценки точности измерений [3]. С использованием перечисленных групп функций модуля Spatial Analyst проводился анализ грид-тем пространственного распространения загрязнителей в пределах акваторий и их совместного использования с векторными данными. Результаты пространственного анализа и геостатистических методов выявляют основные источники загрязнения, участки акваторий с разным типом гидрологических обстановок и гидрохимическим загрязнением, значительно превышающим норму и используются для построения карт итогового экологического районирования.

На основе работы с модулем Spatial Analyst создаются информационно-справочные инвентаризационные карты загрязнения отдельных компонентов природной среды по типам загрязнителей, отражающие пространственное распределение загрязняющих веществ (тяжелых металлов Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, радиоактивных элементов ^{137}Cs , ^{60}Co , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{90}Sr и хлорорганических соединений ДДТ, ПХБ, ГХЦГ) по акватории Арктического бассейна в целом и по отдельным его акваториям (например, Баренцево и Печорское моря). Для серии карт на акваторию Арктики в целом оптимальное решение принять за базовую азимутальную стереографическую проекцию. Карты отдельных морей можно выполнить в конической равнопромежуточной проекции как имеющей оптимальное соотношение искажений площадей и углов объектов карты. Характер допустимых искажений обуславливается масштабом карт и не превышает допустимые нормы. В результате работы над проектом моделировано состояние экосистем, разработана методика ГИС картографирования с использованием системного подхода в процессе интерполяции геопространственных данных, создан обширная база тематических данных на основе слоев пространственной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зейлер М. Моделирование нашего мира. Руководство ESRI по проектированию базы геоданных – Нью-Йорк, ESRI Press, 1999. – 254 с.
2. Трофимов А.М., Редюков А.В. ГИС как инструмент пространственного анализа и моделирования. //ГИС для устойчивого развития территорий. Материалы международной конференции. ИнтерКарто - 8. СПб., 2002. С.142-146.
3. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г., Чижикова Н.А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): Учебное пособие. – Казань: Казанский университет, 2012. - 120 с.

УДК 519.7, 519.97

**Оркен Мамырбаев¹, Максат Калимолдаев¹,
Муса Турдалыулы, BagherBabaAli²**

¹Институт информационных и вычислительных технологий
Казахстан, Алматы,

²College of Science, University of Tehran,
morkenj@mail.ru

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МНОГОМОДАЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Аннотация. В настоящее время совокупность данных поясняет, что хорошо спроектированная мультимодальная система, сочетающую в себе два или более источников информации может быть эффективным средством для увеличения распознавания. В данной статье эксплуатационные преимущества были продемонстрированы в различных комбинациях модальности (речи и движения губ), для различных задач