

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ведомости

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

СПбГПУ



3 (126) 2011
Информатика
Телекоммуникации
Управление

3(126)/2011



Научно-технические ведомости СПбГПУ

ИНФОРМАТИКА.

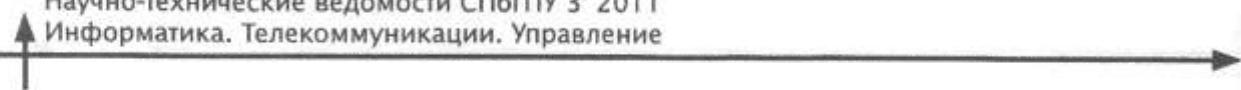
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.

УПРАВЛЕНИЕ

Санкт-Петербург. Издательство Политехнического университета

Министерство образования и науки

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет



Афанасьева Е.В. Моделирование процессов потребления экономических ресурсов с помощью вероятностных цепочек (на примере стран Западной Европы)	93
Верзилин Д.Н., Максимова Т.Г. Реконструкция временных характеристик процессов изменения состояний элементов социума	97
Бортиков Д.Е., Мещеряков С.В. Нерекурсивная модель иерархии объектов транспортных и технологических систем.....	105
Петриченко Г.С., Крицкая Л.М., Стур М.Ю. Методика поиска и устранения неисправностей в электронных блоках средств вычислительной техники.....	109
Данилова Н.В., Штейнберг Б.Я., Фоменко Л.Н. Параллельный алгоритм расчета справедливой цены европейского опциона	115
Припадчев А.Д. Анализ парка воздушных судов авиапредприятия.....	119
Онегов В.Л., Каримова Л.К. Алгоритмы и программный комплекс построения объемных моделей теплового поля Земли	125
Захаров А.А., Ткачук М.И. Алгоритм автоматической реконструкции трехмерных сцен по видеопоследовательности.....	129

Приборы, информационно-измерительные системы

Кудряшов Э.А., Сушников В.А. Оценка вариаций чувствительности тензорезистивных каналов датчиков силы	135
---	-----

Электроника, технологии производства материалов электронной техники

Уваров А.А., Александров С.Е. Химическое осаждение из газовой фазы диэлектрических пленок политетрафторэтилена	141
Протопопова В.С., Александров С.Е. Химическое осаждение из газовой фазы слоев Ni из бис-(этилциклогентадиенил) никеля	145

Информационные и телекоммуникационные технологии в образовании

Семенюта И.С. Использование метода попарного сравнения в задаче составления расписания	151
---	-----

Всероссийский конкурс студенческих научных работ

Карастелкина Н.А. Стратегический анализ деятельности предприятия на основе когнитивного подхода.....	155
Ежевская Г.С. Совершенствование модели управления муниципальным образованием	158

Конференция «Технологии Microsoft в теории и практике программирования»

Подорожкин Д.Ю., Когай А.Р., Сафонов В.О. Применение методов аспектно-ориентированного программирования при разработке программных систем.....	166
Крышень М.А., Богоявленский Ю.А. Интерактивная визуализация графа ИКТ-инфраструктуры организаций	172
Дробинцев П.Д., Ким Р.И., Котляров В.П. Автоматизация тестирования с использованием символьических трасс	175
Никифоров И.В., Петров А.В., Юсупов Ю.В., Котляров В.П. Применение методик формализации для построения верификационных моделей систем по UCM-спецификациям	180

Семинары	185
Сведения об авторах	187
Аннотации	191



номером i является объединением своих частей, принадлежащих каждому сектору: $O_i = \bigcup_{j=1}^k N_i$.

Разработанные модели по определению структуры необходимого парка ВС, могут применяться не только по отношению к имеющемуся парку ВС, но и к гипотетическому. Реализация

методологии формирования необходимого парка ВС авиапредприятия позволяет увеличить эффективность эксплуатации ВС в среднем в 1,7 раза за счет уменьшения количества ВС в парке и снижения расхода топлива.

Работа выполнена при поддержке госконтракта № П295 от 24.07.2009 ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Припадчев, А.Д. Программа для расчета технико-экономической оценки воздушных судов [Текст] / А.Д. Припадчев, Н.З. Султанов, А.В. Чеховский // Св. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2010611241 от 12.02.2010. –М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2010. –1 с.
2. Припадчев, А.Д. Программа для оптимизации парка воздушных судов [Текст] / А.Д. Припадчев, Н.З. Султанов, А.В. Чеховский // Св. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2010611242 от 12.02.2010. –М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, па-
- тентам и товарным знакам, 2010. –1 с.
3. Припадчев, А.Д. Программа для расчета конструктивно-геометрических параметров ЛА [Текст] / А.Д. Припадчев, А.В. Чеховский // Св. о гос. рег. программы для ЭВМ № 2010611603 от 26.02.2010. –М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2010. –1 с.
4. ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2012 годы и на период до 2015 года» [Электронный ресурс] / СПС «Консультант +». –Режим доступа: www.consultant.ru

УДК 681.3

В.Л. Онегов, Л.К. Каримова
ООО «ТРАНС-СЕРВИС», г. Кириши

АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

При геофизическом изучении тепловых свойств геологической среды применяются два основных подхода: наземная и скважинная регистрация градиента эндогенного теплового поля; аэрокосмическое тепловизионное зондирование Земли, тесно связанное с экономичностью и целесообразностью применения на практике.

Неоспоримым преимуществом при исследовании региональных природных компонентов окружающей среды и техногенных объектов обладают современные дистанционные технологии [1, 2]. Их сущность заключается в получении разномасштабных спектрональных снимков, цифровой обработке изображений и представлении в виде моделей среды. Основные способы интерпретации материалов, как правило, базируются на морфоструктурном анализе изменчивости изображения.

В этой связи в статье предлагается новый алгоритм обработки и способ дешифрирования материалов спектрональной съемки по величине плотности потока теплового излучения в дальнем инфракрасном диапазоне. Создание нового информационного продукта на основе тепловизионных снимков в спектре электромагнитных волн 8–14 мкм позволяет при определенных условиях излучения Земли получать информацию не только об отражательной способности дневной поверхности, но и о глубинном строении среды и физической природе объектов. Глубина зондирования в методе связана с разрешающей способностью регистрируемого тепловизионного изображения, которая определяется размером пикселя на местности и зависит от высоты съемки и характеристик измерительной аппаратуры.

В работе использован принцип пересчета

поля в нижнее полупространство, получивший широкое распространение при интерпретации потенциальных полей в геофизике. Анализ устойчивости алгоритма пространственной фильтрации теплового поля проведен на синтетических моделях, рассчитанных для объектов, располагающихся вблизи дневной поверхности.

Моделирование теплового поля в геологической среде

Тепловизионное изображение, используемое для построения объемной модели среды, представляется как двумерная функция вида $f(x, y)$ [3]. Значение функции f в точке с координатами (x, y) является положительной скалярной величиной и отражает излучательную способность Земли. Поэтому функция $f(x, y)$ должна быть ненулевой и конечной:

$$0 < f(x, y) < \infty. \quad (1)$$

В результате операций дискретизации и квантования тепловизионного изображения возникает матрица действительных чисел из M строк и N столбцов. Координаты (x, y) становятся дискретными значениями. Для этих дискретных координат используются целочисленные значения. За начало координат принимается левый верхний угол изображения, где $(x, y) = (0, 0)$. Каждый элемент этой матрицы называется элементом изображения или пикселям.

Рассматриваемые тепловизионные изображения являются монохромными (черно-белыми). Значение интенсивности в произвольной точке с координатами (x_0, y_0) называется уровнем серого (I) или яркостью изображения в этой точке. Интервал $L_{\min} \leq I \leq L_{\max}$ называется диапазоном яркостей. Для простоты расчетов его обычно сдвигают по числовой оси, получая интервал $[0, L-1]$, края которого принимаются за минимальную ($I=0$) и максимальную ($I=L-1$) излучательную способность элементов теплового изображения. При этом интенсивность пикселя в его центре считается исходным значением теплового поля.

Таким образом, исходное тепловизионное изображение представляет собой матрицу действительных чисел и находится в диапазоне $[0, L-1]$. Такую матрицу назовем слоем и обозначим S_0 . Построение объемной модели заключается в получении из S_0 остальных слоев S_n , где $n = \overline{1, N}$:

$$S_n = G(S_0, n). \quad (2)$$

Функция $G(S_0, n)$ в данном случае определяет глубинный шаг дискретизации (расстояние между слоями) модели. Она рассчитывается по интенсивности всей совокупности пикселей, значения которых определяются в центрах.

В зависимости от характера распределения теплового поля на исходном изображении и для построения наиболее точной модели имеет смысл использовать различные функции G . Самая простая из них – это расчет среднего арифметического, которая задается выражением:

$$S_n^n = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{m=i-n}^{i+n} \sum_{k=j-n}^{j+n} S_{mk}^0, \quad (3)$$

где S_{ij}^n – элемент матрицы S_n с координатами (i, j) ; S_{mk}^0 – элемент матрицы S_0 с координатами (m, k) ; $i + n < M, j + n < N, i > n, j > n$.

На практике, как правило, встречаются поля с распределением, близким к закону Гаусса. В этом случае целесообразно использовать следующую функцию, учитывающую закон нормального распределения:

$$S_n^n = \frac{1}{2\pi\delta^2} \sum_{m=i-n}^{i+n} \sum_{k=j-n}^{j+n} S_{mk}^0 e^{-\frac{m^2+k^2}{2\delta^2}}. \quad (4)$$

Параметр δ здесь связан с эффективной глубиной n соотношением $\delta = kn$, где k характеризует шаг проникновения в трехмерной модели. Варьируя коэффициент k , можно построить объемную модель с малым расстоянием между слоями.

Глубина каждого слоя модели прямо пропорционально зависит от пространственного разрешения тепловизионного снимка и номера этого слоя. Следует отметить, что максимальное число слоев S_n не может быть больше половины меньшей стороны снимка:

$$\begin{cases} n < M/2, & \text{если } M < N; \\ n < N/2, & \text{если } N < M. \end{cases} \quad (5)$$

В ходе исследований экспериментально установлена максимальная глубина расчета тепловых моделей по авиационным снимкам, в которых краевые эффекты искажения поля проявляются незначительно (табл.).

Следующий шаг углубленного анализа данных – процесс разделения регионального и локального тепловых полей. При формировании локального поля применимы плоские функциональные аппроксимации в виде полиномов низких степеней. Для глобальных моделей выбраны разложения по сферическим (шаровым) функциям

Пространственные характеристики тепловизионных исследований для оптимальных высот авиационной съемки

Высота съемки, м	50	100	300	500	1000
Пространственное разрешение снимка, м	0,03	0,06	0,18	0,3	0,6
Максимальная глубина проникновения, м	3	6	18	30	60

с использованием подхода адаптивного регрессионного моделирования при обработке данных [4]. В качестве описания регионального поля (R) на плоскости и сегменте сферической поверхности предлагается использовать аппроксимирующую модель в виде:

$$R(\lambda, \theta) = \sum_{n=0}^N \sum_{m=0}^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(\cos \theta), \quad (6)$$

где θ, λ – сферические координаты точки; C_{nm}, S_{nm} – амплитуды гармоник $C_{nm} P_{nm}(\cos \theta) \cos(m\lambda)$ и $C_{nm} P_{nm}(\cos \theta) \sin(m\lambda)$; $P_{nm}(\cos \theta)$ – присоединенные функции Лежандра степени n и порядка m .

Для упрощения процесса вычисления регионального поля можно использовать аппроксимацию на основе применения «типовых» распределений. Учитывая, что распределение теплового поля, создаваемого объектом в среде, близко к нормальному, в качестве аппроксимирующей функции выбирается закон Гаусса следующего вида:

$$R(i, j) = \frac{1}{2\pi\delta^2} \sum_{m=i-n}^{i+n} \sum_{k=j-n}^{j+n} S(m, k) e^{-\frac{m^2+k^2}{2\delta^2}}. \quad (7)$$

Параметр δ определяет глубину, для которой выстраивается региональное поле и выбирается исходя из отметок залегания объекта.

Следующий этап моделирования – преобразование множества построенных слоев теплового поля в объемную модель блоково-разломных структур Земли. Она используется для классификации геологической среды: селективного отображения блоково-морфоструктурного строения (геодинамических блоков и граничных разрывов); внутренних термодинамических неоднородностей блоков; зон сжатия, растяжения и разуплотнения пород с улучшенными коллекторскими свойствами, в состав которых входят зоны флюидоперетоков и флюидонакопления. Для наглядного представления результатов обработки строят карты-резы на определенных глубинах и вертикальные разрезы в рамках горизонтально-слоистых и/или градиентных сред, по которым устанавливается общая схема тепловых потоков, основные их направления и неоднородности.

Задача расчета модели структуры сводится к увеличению амплитуды малоинтенсивных положительных аномалий при относительном сохранении общего фона теплового поля. Учитывая, что на тепловизионном изображении яркость пикселей отражает величину теплового потока, применяется преобразование, выделяющее области с относительно большими значениями элементов изображения. Это достигается использованием максимизирующего фильтра. Его отклик по определенной окрестности задается выражением:

$$b_{ij}'' = \max \{s_{mk}'' \mid m = i-n, i+n, k = j-n, j+n\}. \quad (8)$$

Изображение, полученное с использованием максимизирующего фильтра, позволяет определить участки повышенного теплового потока и линии разрывов среды.

Программный комплекс построения объемных моделей

На базе предложенных алгоритмов реализован программный комплекс для расчета объемных моделей теплового поля на тепловизионных снимках. Структура функционального наполнения комплекса состоит из отдельных модулей, каждый из которых осуществляет собственные расчеты и реализуется в виде динамически подключаемой библиотеки. Это построение делает систему гибкой и простой в развертывании, имеется возможность наращивания комплекса для работы с различными форматами графической информации и обработки по ряду алгоритмов. Схема комплекса представлена на рис. 1.

Модули набора *Графические форматы* предназначены для преобразования исходных данных различных типов в общий вид; имеют однотипную внутреннюю структуру, что позволяет легко наращивать число обрабатываемых форматов без перекомпиляции системы. Модули *Алгоритмы обработки* создают набор слоев для построения модели теплового поля.

Модуль *Объемное построение* создает трехмерную модель теплового поля, срезы и разрезы с дифференциальными трансформациями. Модуль *Диспетчер памяти* определяет хранение



Рис. 1. Схема программного комплекса

и доступ к объемной модели в памяти компьютера. Модуль *Визуализация результатов* отвечает за отображение результатов обработки и сохранение их на диске в заданном формате. Модуль *Преобразования гистограммы* обеспечивает изменение характеристик изображения для более качественного отображения.

Параметры моделирования – вид тепловизионного снимка, тип алгоритма, пространственное разрешение пикселя на местности, число слоев, глубина проникновения, шаг сохранения слоев – выбирают исходя из априорных сведений о геологическом строении региона, ожидаемой глубины залегания и размеров изучаемых объектов. Они задаются интерактивно через интерфейс пользователя. Имеется дополнительное окно выбора параметров отображения результатов моделирования.

На рис. 2 представлен фрагмент объемной тепловой модели среды, рассчитанный комплексом на основе авиационного тепловизионного снимка.

Тестирование программы направлено на определение кластера моделей сред, которые с допустимой погрешностью восстанавливаются

данным алгоритмом. В качестве изучаемых трехмерных моделей, с учетом простоты их расчета и дальнейшего преобразования, приняты разные виды шарообразных высокотемпературных точечных источников, находящиеся в изотропной среде [5] (рис. 3). Наращивание количественного и качественного состава источников отражает этапы усложнения моделей среды. Точность прогнозирования одиночного сферического объекта составила: по глубине до центра шара 0,05 м или 1,2 %, в плане – 0,05 м (0,5 %); по температуре – в 3,6 К или 6,9 %. Средняя погрешность в оценке местоположения различно расположенных точечных источников ТП в однородной среде, как правило, сохраняется.

Проведен расчет двумерных моделей, напоминающих по форме структуры горст и грабен. Моделирование реальных геологических объектов в виде неоднородностей осадочного чехла, выступов поверхности кристаллического фундамента, тектонических нарушений позволяет оценить прикладное значение ДТЗЗ. При включении в модель двумерной неоднородности по тепловым свойствам возникает аномалия характерной формы и размеров. Это наглядно демонстрирует разрешающую способность метода при решении обратной задачи, с оценкой средней погрешности в построении геометрических образов природных объектов, которая незначительно возрастает при усложнении модели, но не превышает 3 %.

Решение обратной задачи на основе описанных алгоритмов обработки тепловизионных изображений показало возможность и достоверность предлагаемой методики дешифрирования при изучении геологических сред. Снимки являются полноценным источником информации для проведения морфоструктурного анализа и построения объемных моделей, изучения распределения

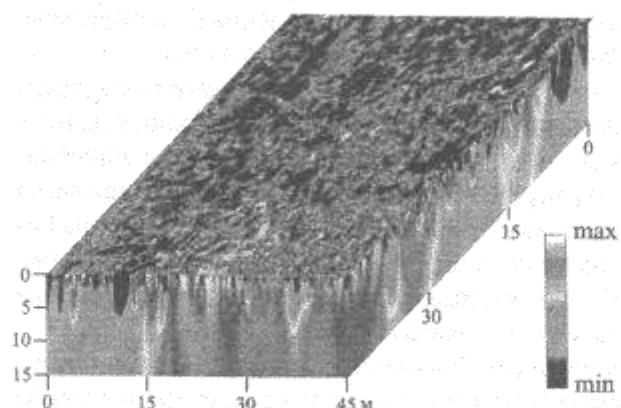


Рис. 2. Объемная модель регионального теплового поля Земли (мВт/м² ·ср·мкм)

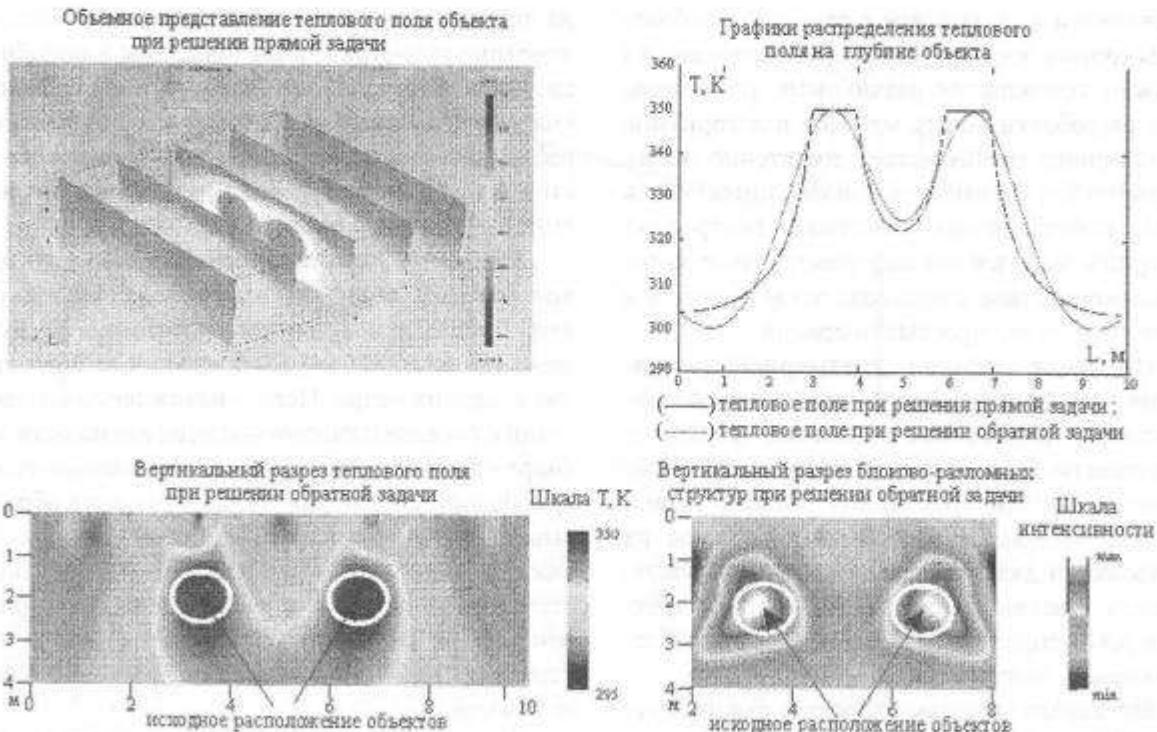


Рис. 3. Модель теплового поля, создаваемого двумя шарообразными объектами в однородной среде

тепловых характеристик поля Земли независимо от доступности территории исследования и рельефа местности. Внедрение программного ком-

плекса позволит в дальнейшем снизить стоимость и повысить производительность геологоразведочных работ при анализе больших площадей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кронберг, П. Дистанционное изучение Земли. Основы и методы дистанционных исследований в геологии [Текст] / П. Кронберг; пер. с нем. —М.: Мир, 1988. —343 с.
2. Шилин Б.В. Тепловая аэросъемка при изучении природных ресурсов [Текст] / Б.В. Шилин. —Л.: Гидрометеиздат, 1980. —247 с.
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. —М.: Техносфера, 2005. —1072 с.
4. Валеев, С.Г. Регрессионное моделирование при обработке данных [Текст] / С.Г. Валеев. —Казань: ФЭН, 2001. —296 с.
5. Егоров, В.И. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности: Учеб. пособие [Текст] / В.И. Егоров. —СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2006. —77 с.

УДК 004.93

А.А. Захаров, М.И. Ткачук

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ СЦЕН ПО ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Возросший интерес к системам технического зрения (СТЗ) в значительной мере объясняется тем, что прогресс цифровой техники привел к

доступности СТЗ, способных решать актуальные задачи, возникающие в различных областях промышленности, сервиса, медицины, индустрии