



МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ

"НАУКИ О ЗЕМЛЕ"

INTERNATIONAL SCIENTIFIC, TECHNICAL
AND INDUSTRIAL ELECTRONIC JOURNAL
"GEO SCIENCE"

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

№ 2-3/2013

В НОМЕРЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ
РЕФРАКЦИИ ПО "ДРОЖАНИЮ" ЗВЕЗД

СХОДИМОСТЬ ОБРАТНЫХ
ЗАДАЧ В ГЕОДЕЗИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ
АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОБЪЕМА
ОЧАГА ГОТОВЯЩЕГОСЯ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ - ПУТЬ К ЕГО ПРОГНОЗУ

РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ В ГЕОИНФОРМАТИКЕ

ГЕОДИНАМИКА И ЭВОЛЮЦИЯ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ЛОВУШЕК НА ОСНОВЕ
ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ КАРТЫ

ЮБИЛЕЙНАЯ НАУЧНАЯ АССАМБЛЕЯ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 150-ЛЕТИЮ
МЕЖДУНАРОДНОЙ АССОЦИАЦИИ
ГЕОДЕЗИИ

Международный научно-технический и производственный электронный журнал «Науки о Земле» (International scientific, technical and industrial electronic journal «GeoScience») является периодическим электронным изданием, цель которого публикация статей ученых и специалистов, занимающихся изучением широкого круга проблем, объединенных общим объектом исследования – Землей. Выходит 4 раза в год.

Свидетельство Роскомнадзора Эл№Фс77-44805 от 29.04.2011, ISSN: 2223-0831, Журнал включен в Российский индекс научного цитирования, DOAJ (Directory of open access journals).

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

д.т.н., проф. Баранов Владимир Николаевич / Baranov Vladimir N.
д.т.н., проф. Батраков Юрий Григорьевич / Batrakov Yuriy G.
к.т.н., доц. Гаврилова Лариса Анатольевна / Gavrilova Larisa A.
академик РАН, НАНБ, д.г-м.н., проф. Гарецкий Радим Гаврилович / Garetsky Radim G.
к.т.н., гл.ред. Докукин Петр Александрович / Dokukin Petr A.
к.г-м.н., с.н.с. Докукина Ксения Александровна / Dokukina Ksenia A.
к.т.н., проф. Зайцев А.К. / Zaitsev A.K.
д.т.н., проф. Карпик Александр Петрович / Karpik Alexandr P.
д.т.н., г.н.с. Кафтан Владимир Иванович / Kaftan Vladimir I.
д.э.н., проф. Косинский Владимир Васильевич / Kosinskij Vladimir V.
к.т.н., проф. Левин Евгений / Levin Eugene
д.т.н., проф. Малинников Василий Александрович Malinnikov Vasily A.
д.с-х.н., проф. Нагорный Виктор Дмитриевич / Nagorny Victor D.
д.т.н., проф. Певнев Анатолий Кузьмич / Pevnev Anatoly K.
д.с-х.н., проф. Плющиков Вадим Геннадьевич / Plushikov Vadim G.
член-корр. РАН, д.т.н., проф. Савиных Виктор Петрович / Savinykh Victor P.
д.т.н., проф. Татевян Сурия Керимовна / Tatevian Suriya K.
д.ф-м.н., проф. Харченко Сергей Григорьевич / Kharchenko Sergey G.
к.э.н., проф. Чепурин Евгений Михайлович / Chepurin Eugene M.
к.т.н., проф. Юзефович Александр Павлович / Yuzefovith Alexandr P.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Докукин Петр Александрович / Dokukin Petr A.
Поддубский Антон Александрович / Poddubsky Anton A.
Поддубская Ольга Николаевна / Poddubsky Olga N.
Байрамов Айдын Намиг оглы / Bayramov Aydin N.

Главный редактор: Докукин Петр Александрович dokukin@geo-science.ru

Шеф-редактор: Поддубский Антон Александрович poddubsky@geo-science.ru

Редактор международного отдела: Поддубская Ольга Николаевна

Учредитель (издатель): ООО «ГеоДозор», Россия, Москва, 109129, а/я 39

Генеральный директор: Семисчастнов Олег Ярославович

Почтовый адрес учредителя/редакции: Россия, Москва, 109129, а/я 39
Russia, Moscow, index 109129, PoBOX 39

Электронный адрес: <http://geo-science.ru>

Электронная почта: jornal@geo-science.ru

Страница «В Контакте»: <http://vkontakte.ru/geoscience>

Страница на Facebook: <https://www.facebook.com/pages/edit/?id=297004870315291>

Размещение статьи в номере журнала на его официальном интернет-сайте <http://geo-science.ru> является свидетельством публикации. Авторские права сохраняются в соответствии с международными правилами. Авторы статей несут ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция не всегда разделяет мнения авторов и не несет ответственности за недостоверность публикуемых данных. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редакция вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи редакция сообщает автору, который представил статью, рецензенту и организации, где работа выполнялась.

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ГЛАВНАЯ ТЕМА / MAIN THEME	
<i>Кафтан В.И. На Юбилейной научной ассамблее Международной ассоциации геодезии (150 лет МАГ) / Kaftan V.I. At Anniversary IAG scientific assembly (IAG 150 years)</i>	6
АСТРОНОМИЯ / ASTRONOMY	
<i>Дементьев В.Е. Определение астрономической рефракции по «дрожанию» звезд / Dementiev V.E. Determination of astronomical refraction by "judder" stars</i>	26
ГЕОДЕЗИЯ / GEODESY	
<i>Байрамов А.Н. Исследование точности аналитического способа определения площадей земельных участков / Bayratov A.N. The accuracy of analytical method of land areas determination</i>	42
<i>Кулагин В.П., Максимова М.В. Сходимость обратных задач в геодезии / Kulagin V.P., Maksimova M.V. The convergence of inverse problems in geodesy</i>	47
ГЕОДИНАМИКА / GEODINAMIC	
<i>Певнев А.К. Исследование вариаций объема очага готовящегося землетрясения – путь к его прогнозу / Pevnev A.K. Investigation of variations focus volume of impending earthquake – path to his forecast</i>	51
ГЕОДИНАМИКА / GEODINAMIC	
<i>Дорохин К.А. Контроль состояния оползневого склона по данным изменения скоростей сейсмических волн в массиве / Dorokhin K.A. Monitoring the status of the sliding slope according to changes in the velocities of seismic waves in the array</i>	56
ГЕОИНФОРМАТИКА / GEOINFORMATICS	
<i>Майоров А.А. Развитие инфраструктуры пространственных данных / Mayorov A.A. Development spatial data infrastructure</i>	63
<i>Цветков В.Я. Представление пространственных знаний / Tsvetkov V.Ya. Spatial knowledge representation</i>	69
<i>Соловьёв И.В. Формирование интеллектуальных ресурсов в геоинформатике / Solovjev I.V. Formation of intelligent resources geoinformatics</i>	76
<i>Булгаков С.В. Модели информационной безопасности ГИС / Bulgakov S. V. GIS model of information security</i>	79
<i>Кудж С.А. Добыча геоданных / Kujja S.A. Geodata mining</i>	82
ГЕОЛОГИЯ / GEOLOGY	
<i>Асланов Б.С. Геодинамика и эволюция нефтегазовых ловушек Абшероно-Прибалханской зоны поднятий и загросской надвиговой системы на основе 3D моделировании гравиметрической карты / Aslanov B.S. Geodynamics and evolution of oil and gas traps of Absheron-Balkhan zone of uplifts and zagros overthrust system based on 3D modeling of gravity maps</i>	85
МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ / LAND MONITORING	
<i>Чинь Ле Хунг, Варварина Е.А. Мониторинг поверхностной температуры городской территории по данным многозональной съемки Landsat 8 / Trinh Le Hung, Varvarina E.A. Monitoring land surface temperature in urban area using multispectral image Landsat 8</i>	94
ГЕОЭКОЛОГИЯ / GEOECOLOGY	
<i>Шувалова О.А. Локальный аспект развития России: экологическая устойчивость Волгоградской области / Shuvalova O.A. Local development in Russia: environmental sustainability of the Volgograd region</i>	99
<i>Ширин-заде А.А., Ахмедов Р.А., Байрамова М.М. Использование метода многокритериальной оптимизации для фиторемедиации множества загрязненных нефтью озер в районах нефтедобычи / Shirin-zade A.A, Akhmedov R.A, Bayratova M.M. Utilization of multicriterial optimization method for phytoremediation of set of polluted with crude oil lakes in regions of oil production</i>	108

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ / REMOTE SENSING	
<i>Джавадов Н.Г., Ахмедов А.Ф., Ахундова Т.А. Новая методика дистанционного определения оптических параметров тонкой деградированной нефтяной пленки на поверхности моря / Javadov N.G., Akhmedov A.F., Akhundova T.A. New methodics for remote estimation of optical parameters of thin weathered oil films on the sea surface</i>	113
<i>Джавадов Н.Г., Мамедбейли А.Г., Байрамова М.М. Мультиспектральный экспериментально-модельный метод дистанционной оценки загрязненности морских вод взвешенными минеральными частицами / Javadov N.G., Madabeily A.G., Bayramova M.M. Multispectral experimental – model method for remote sensing assessment of pollution of sea waters with suspended mineral particles</i>	118

СХОДИМОСТЬ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ В ГЕОДЕЗИИ

THE CONVERGENCE OF INVERSE PROBLEMS IN GEODESY

**Кулагин В.П./ Kulagin V.P.**

Профессор, доктор технических наук, академик Российской академии естественных наук, заместитель директора МИЭМ НИУ ВШЭ, Россия, Москва./ Professor, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Deputy Director MIEM HSE, Russia

e-mail: kvp@miem.ru

**Максимова М.В. / Maksimova M.V.**

Аспирант, старший преподаватель кафедры прикладной геодезии Московского государственного университета геодезии и картографии. Россия/ the post-graduate student, the senior teacher of the chair of applied geodesy of the Moscow State University of Geodesy and Cartography, Russia

Аннотация

Рассмотрена проблема сходимости решения прямой и обратной задачи в области наук о Земле. Показаны особенности и применение этих задач. Раскрываются аналитические особенности прямой и обратной задач. Описаны критерии сходимости и условия для ее осуществления.

Ключевые слова

Науки о Земле, прямая задача, обратная задача, геодезия, фотограмметрия, сходимость, итеративные вычисления, преобразования координат.

Abstract

The article reveals the problem of convergence of direct and inverse problems. The article analyzes the area of Earth Sciences. The article describes the features of the forward and inverse problem. The article reveals the specificity of the analytical solution of the direct and inverse problems. The article describes the convergence criteria. The article describes the conditions for the existence of convergence.

Keywords

Earth sciences, direct problem, the inverse problem, surveying, photogrammetry, convergence, iterative calculations, the coordinate transformation.

Прямые и обратные задачи встречаются во многих науках. Прямые задачи связаны с получением неких величин на основе известной модели. Обратные задачи связаны с получением параметров модели на основе наблюдаемых данных. Примеры обратных задач можно найти в следующих областях: геодезия, фотограмметрия, картография, математика, квантовая механика, астрономия, дистанционное зондирование Земли, спектральный анализ и др.

Прямые и обратные задачи необходимо решать при получении координатно-временной информации для решения задач

мониторинга [1], при координатном обеспечении международной аэрокосмической системы глобального мониторинга [2], при инженерно геодезических изысканиях [3] и многих других.

Обе задачи часто представляется в виде отображения между метрическими пространствами. Линейная прямая и обратная задача может быть описана в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{обратная } A X_0 &= B; \\ \text{прямая } X_B &= A^{-1} B. \end{aligned} \quad (1)$$

где A — линейный оператор (часто матрица), описывающий явные отношения между

данными X и параметрами модели B .

Часто обратные задачи являются некорректно поставленными задачами. Напомним, что корректно поставленными задачами называют такие, решение которых имеет три свойства: существует, единственно и устойчиво. Термин «устойчиво» часто ассоциируют с термином сходимость. Из трёх условий в обратных задачах наиболее часто нарушается условие сходимости.

Сходимость достаточно детально изучена в области последовательностей и рядов. В этой области «сходимость» означает то, что бесконечная последовательность или сумма бесконечного ряда или несобственный интеграл имеют предел. В качестве критериев используют критерий Коши и Даламбера.

В прикладных науках говорят о сходимости результатов или о сходимости результатов вычислений. В математике и статистике, а также в геостатистике [4] говорят о поточечной сходимости. Поточечная сходимость — это последовательности функций на множестве. Это вид сходимости, при котором каждой точке данного множества ставится в соответствие предел последовательности значений элементов последовательности в этой же точке. Функция, определяемая таким образом, называется предельной функцией данной последовательности или её поточечным пределом, при этом говорится, что данная последовательность сходится поточечно к предельной функции. Именно на этом принципе строится метод интерполяции называемый «Кригингом» [5], который встроено в ряд ГИС типа ArcGis.

Поточечная сходимость является относительно слабым видом сходимости. Более сильный вид сходимости — равномерная сходимость: если функциональная последовательность сходится равномерно, то эта последовательность также сходится и поточечно, но не наоборот. Для того, чтобы поточечный предел последовательности функций был равномерным, должен выполняться критерий Коши.

В науках о Земле проблема сходимости возникает при решении обратной фотограмметрической засечки, обратной геодезической засечки, обратном преобразовании координат [6]. Кроме того

проблема сходимости возникает при слабой обусловленности матриц уравнений. Сходимость тесно связана с точностью вычислений [7].

Применительно к наукам о Земле прямая задача трактуется следующим образом. Известна прямая связь между пространством модели и реальным пространством, задаваемая оператором прямой связи α . По известным параметрам модели точкам пространства модели B (пространства $R1$) необходимо вычислить параметры X_e точек реального пространства (пространства $R2$)

$$X_e = \alpha B \quad (2)$$

Для этого случая имеет место отображение

$$\varphi(R1) \rightarrow R2 \quad (3)$$

Применительно к наукам о Земле обратная задача трактуется следующим образом. Имеется обратная связь между пространством модели (пространством $R1$) и реальным пространством (пространством $R2$), задаваемая оператором обратной связи A . По известным параметрам X пространства $R2$ необходимо вычислить параметры B точек пространства $R1$

$$A X = B_e; \quad (4)$$

Для этого случая имеет место отображение

$$\varphi^{-1}(R2) \rightarrow R1 \quad (5)$$

Если имеет место сходимость, то $A^{-1} = \alpha$ и

$$A \alpha = I \quad (6)$$

I — единичная матрица или условная единица.

В теоретико-множественном описании это дает

$$\varphi \varphi^{-1}(R1) \rightarrow R1 \quad (7)$$

$$\text{и } \varphi \varphi^{-1} = \varphi^{-1} \varphi \quad (8)$$

Выражения (6-8) определяют условие сходимости.

Если задача нелинейная, то применяют редуцирование модели

$$\varphi = \varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n \quad (9)$$

либо редуцирование обратного оператора

$$A=A_0 + A_1 + A_2 + \dots + A_n \quad (10)$$

Здесь φ_i A_i ($i=0, \dots, n$) набор преобразований.

Поскольку выражения (9, 10) представляют собой классический ряд, то это дает основание оценивать сходимость, используя принципы Даламбера или Коши.

Для сложных нелинейных зависимостей проблематично использовать простые разложения, поэтому сходимость обеспечивают эмпирически.

Для нелинейных задач при упрощении $A=A_0$ выражение (6) преобразуется в

$$A_0 \alpha = I + \Delta I \quad (11)$$

Применяя преобразование, заменяют A на ряд типа (10). При этом возможны два подхода: увеличение числа членов разложения или видоизменение функции, по которой разлагают оператор A .

Увеличение числа членов рядов (9, 10) равнозначно проведению итеративных вычислений. Главная задача – минимизировать ΔI до уровня допустимой технологической погрешности. В этом случае необходимо проводить оценки используя статистические методы [8].

Выше говорилось о пространстве модели реальном. Но можно все рассуждения отнести к преобразованиям координат. Все итерационные методы практически являются реализацией ряда (9).

Например, для преобразования координат пункта из одной системы отсчета в другую чаще всего применяют формулы преобразования Гельмерта (Friedrich Robert Helmert) по семи параметрам. Данный способ является итерационным. Разработан он был для приемоиндикаторов, работающих от ГНСС GPS, и хорошо зарекомендовал себя при решении задачи преобразования координат [9] из системы Пулково 42 (СК 42) в систему WGS 84 и наоборот. Он принадлежит к способам преобразования с использованием 7 параметров, так как использует три параметра взаимного линейного ориентирования, три параметра углового взаимного ориентирования и масштабный множитель, учитывающий разницу в расстояниях на поверхностях эллипсоидов.

У способа Гельмерта есть одна разновидность, называемая способом Бурсы-Вольфа (Bursa-Wolf). Она предполагает разворот осей другой пространственной прямоугольной геодезической системы. Поэтому в матрице углов поворота знаки элементов противоположны тем, что в способе Гельмерта.

Отсутствие точных параметров сдерживало широкое применение способа Гельмерта. Поэтому в своё время были разработаны альтернативные высокоточные способы преобразования координат, которые не учитывали линейные и угловые элементы взаимного ориентирования или учитывали их опосредованно. К числу таких относится регрессионный способ преобразования.

В настоящее время идут работы по выбору адекватных систем преобразования координат, но общие принципы остаются в рамках данного подхода, либо число членов ряда (итерации) либо видоизмененные функции преобразования.

Решение задачи сходимости и ее исследование важно при проведении многих вычислительных процессов и требует более пристального внимания, поскольку является теоретическим обоснованием многих геодезических расчетов.

Литература

1. Савиных В.П. Система получения координатно-временной информации для решения задач мониторинга // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». Выпуск 03-2012.- с. 5-10
2. Егоров В.М., Цветков В.Я. Координатное обеспечение международной аэрокосмической системы глобального мониторинга // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2012. № 4. С. 34-37.
3. Максимова М.В. Преобразования координат при инженерно-геодезических изысканиях // Инженерные изыскания.- 2013. - № 2. - С. 18-21.
4. Цветков В.Я. Геостатистика // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – №3. – с. 174–184.
5. Кужелев П. Д. О применении геостатистики в науках о Земле // Международный научно-технический и производственный журнал

- «НАУКИ О ЗЕМЛЕ». - №4-2012.- с.77-81.
6. Цветков В.Я., Шлапак В.В. Современные методы получения геодезической информации. // Инженерные изыскания. - 2013. - № 4. - с.14-17
7. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.
8. ГОСТ Р 50779.10-2000. Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.
9. ГОСТ Р 51794-2008 «Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек».

© Кулагин В.П., Максимова М.В., 2013

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ОБЪЕМА ОЧАГА ГОТОВЯЩЕГОСЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – ПУТЬ К ЕГО ПРОГНОЗУ

INVESTIGATION OF VARIATIONS FOCUS VOLUME OF IMPENDING EARTHQUAKE - PATH TO HIS FORECAST



Певнев А.К. / Pevnev A.K.

Доктор технических наук, главный научный сотрудник Института физики Земли РАН / Doctor of Tech. Sci., The senior research worker, Institute of Earth physics, Russian Academy of Science.

e-mail: an.pevnev@yandex.ru

Аннотация

На стадии подготовки землетрясения происходит уменьшение размеров его готовящегося очага, обусловленное процессом накопления упругих сейсмогенных деформаций (напряжений). Затем происходит существенное увеличение размеров при его разрушении, обусловленном достижением предельных упругих напряжений. Указанные вариации объема очага весьма значительны и вполне измеримы геодезическим и уровнемерным методами, что и открывает путь к реальному прогнозу землетрясений.

Ключевые слова

Упругость; сейсмогенная деформация; дилатансия; прогноз землетрясений.

Abstract

At the preparation stage of an earthquake dimensions of the earthquake centre decrease because of the process of accumulation of elastic seismic strains (stresses). Then they significantly increase during destruction of the center caused by achievement of ultimate elastic stresses. These variations of the earthquake centre volume are considerable. They are quite measurable by the geodetic and leveling methods. It opens a way to a real prediction of earthquakes.

Keywords

Elasticity; seismic strain; dilatancy; prediction of earthquakes.

Об уменьшении объёма очага готовящегося землетрясения в стадии его подготовки

Деформационные процессы подготовки и разрушения очага корового землетрясения являются разнонаправленными процессами. В стадии подготовки очага землетрясения имеет место накопление в нем упругих сейсмогенных деформаций (напряжений), в то время как в стадии разрушения очага имеет место обратное явление – сброс накопленных в нем указанных напряжений.

Возникает вполне закономерный вопрос – нельзя ли эти обстоятельства использовать в прогностических целях – в первую очередь в проблеме прогноза времени землетрясения. Совершенно очевидно, что начинать такие исследования нужно с определения реальных величин

изменения объёма очага землетрясения, обусловленных накоплением в нём сейсмогенных деформаций.

Как известно, при упругом деформировании, из-за приложенных напряжений, тело испытывает изменение формы и размеров. Отличительной особенностью упругого деформирования от пластического является то, что при нем не нарушаются межатомные связи и не создаются новые, т.е., в отличие от пластических деформаций, в упруго деформированном теле взаимное расположение атомов остается неизменным. Благодаря этому обстоятельству при снятии дополнительной нагрузки и происходит восстановление равновесного состояния. Следует отметить, что при упругом сжатии расстояния между атомами уменьшаются,