

**КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**  
**СЕКЦИЯ С**  
**ДИАГНОСТИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД**  
**И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**НЕРЕКУРСИВНАЯ ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КАРАЦУБЫ**  
**ДЛЯ БЫСТРОГО ВЫЧИСЛЕНИЯ СВЕРТКИ**

**С.С. Алсаткин, А.Л. Воронов**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
alss@iszf.irk.ru

**NON-RECURSIVE PROGRAM REALIZATION OF KARATSUBA ALGORITHM**  
**FOR FAST CONVOLUTION COMPUTATION**

**S.S. Alsatkin, A.L. Voronov**

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В данной работе представлена нерекурсивная программная реализация алгоритма Карацубы. Необходимость в разработке подобной реализации возникла в связи с тем, что прямая рекурсивная реализация приводит к неконтролируемому расширению памяти и вследствие этого к резкому увеличению времени исполнения по сравнению с теоретическими выкладками, которые учитывают лишь общее число операций сложения и умножения. Нерекурсивная реализация позволит увеличить производительность по сравнению с рекурсивной реализацией за счет контроля распределения динамической памяти. Данный алгоритм используется при обработке больших объемов данных, получаемых на Иркутском радаре некогерентного рассеяния.

In this paper we present non-recursive program realization of Karatsuba algorithm. The necessity of this version development is caused by the fact that direct recursion gives rise to uncontrollable memory extension and as a consequence, to sharp runtime increase comparing to runtime obtained from theoretical bounds which accounts only for numbers of additions and multiplications. Non-recursive realization allows us to shorten runtime comparing with direct recursive realization with a help of dynamic memory control. This algorithm is used for processing of large data volumes produced by Irkutsk Incoherent Scatter Radar.

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОГРЕШНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**  
**И ИОННОГО СОСТАВА ИОНОСФЕРНОЙ ПЛАЗМЫ**  
**МЕТОДОМ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЙНИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**А.В. Богомаз**

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина  
albom85@yandex.ru

**RANDOM ERRORS IN THE ESTIMATION OF TEMPERATURE AND ION COMPOSITION**  
**OF THE IONOSPHERE PLASMA BY MEANS OF INCOHERENT SCATTERING.**  
**THE SIMULATION RESULTS**

**О.В. Bogomaz**

Institute of Ionosphere NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Несмотря на то что метод некогерентного рассеяния (НР) используется для исследования ионосферы уже более 50 лет, определение точности решения обратной радиопизической задачи для различных высотных интервалов исследуемых областей ионосферы, гелиогеофизических условий, помеховой обстановки, сезона и времени суток, режимов работы радара остается актуальным. Грубую оценку точности определения параметров плазмы можно произвести путем анализа большого объема экспериментальных данных, полученных на радаре НР. Более точная оценка невозможна без теоретического моделирования.

Проведенное статистическое моделирование заключалось в формировании сигнала, подобного смеси НР-сигнала и шума, и последующей обработке этого сигнала с использованием процедур, аналогичных тем, которые применяются на радаре НР. В результате были получены доверительные интервалы оценок температуры и ионного состава плазмы, закономерности величины разброса оценок, порядок величины возникающих смещений оценок при отношении сигнал/шум 10, 1 и 0.1 и времени накопления корреляционных функций НР-сигнала 1, 15 и 60 мин.

Determining the accuracy of the parameters by means of incoherent scattering for different altitude ranges of ionosphere, heliogeophysical conditions, etc. is a topical problem. A rough estimate of the accuracy of the plasma parameters can be obtained by analyzing a large amount of experimental IS data. A more accurate estimate is impossible without theoretical modeling. Statistical simulation lied in generation of the signal, similar to a mixture of IS signal and noise, and processing of this signal as in the IS radar. As a result we obtained confidence intervals of temperature and ion composition of plasma, regularities in the dispersion of the estimates, magnitude of the displacement of the estimates when a signal-to-noise ratio was 10, 1 and 0.1 and the integration time of correlation functions of the IS signal was 1, 15 and 60 min.

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОДИНОЧНЫХ МОЛЕКУЛ ПОСРЕДСТВОМ КОНФОКАЛЬНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ**

**С.В. Бойченко, С.А. Зилов**

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
ste89@yandex.ru

## **ARBITRARY ORIENTED SINGLE MOLECULE IMAGING BY MEANS OF SCANNING CONFOCAL FLUORESCENCE MICROSCOPY**

**S.V. Boichenko, S.A. Zilov**

Irkutsk Branch of Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В некоторых приложениях возникает необходимость визуализации одиночных квантовых систем (ОКС) произвольной ориентации. Однако во многих случаях анизотропия поглощения исследуемых ОКС препятствует этому. В лазерной конфокальной сканирующей флуоресцентной микроскопии (ЛКСФМ) одиночных молекул данная проблема решается за счет применения возбуждающего луча с пространственно-неоднородной поляризацией. Некоторые ОКС поглощают и испускают свет как электрические ротаторы. Мы ищем расчетным путем возбуждающий луч, способный обеспечить возбуждение одиночного ротатора вне зависимости от ориентации его плоскости. Расчет показал, что максимум интенсивности ЛКСФ изображения ротатора практически не зависит от ориентации плоскости ротатора при использовании в схеме ЛКСФМ в качестве возбуждающего луча с распределением электрического вектора в сечении  $\mathbf{E}_0 = \mathbf{E}_\varphi + a\mathbf{E}_r$ .  $\mathbf{E}_\varphi$  и  $\mathbf{E}_r$  – векторы азимутальной и радиальной поляризации. Параметр  $a$  зависит от угловой апертуры микроробъектива  $\theta_{\max}$  и, например, для объектива с  $\theta_{\max} = 64^\circ$  составляет 0.26.

In some applications one needs to visualize single quantum systems (SQSs) of arbitrary orientations. However, the SQS absorption anisotropy precludes arbitrary oriented SQS imaging in many cases. In laser-scanning confocal fluorescence microscopy (LSCFM) of single molecules one can solve this problem using spatially inhomogeneously polarized exciting beam. Some SQSs absorb and emit light as electrical rotators. We find using calculative methods exciting beam that makes available single rotator excitation regardless of rotator plane orientation. The calculations showed that, when an exciting beam with light vector cross-section distribution  $\mathbf{E}_0 = \mathbf{E}_\varphi + a\mathbf{E}_r$  was used in LSCFM setup, LSCF image intensity maximum of a rotator practically didn't depend on the rotator plane orientation.  $\mathbf{E}_\varphi$  and  $\mathbf{E}_r$  are azimuthal and radial polarization vectors. The parameter  $a$  depends on micro objective angular aperture  $\theta_{\max}$ . For example, for  $\theta_{\max} = 64^\circ$ ,  $a = 0.26$ .

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧИСЛА СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И МЕТОДА МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ**

**Д.С. Волосков, Ю.С. Масленникова**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
voloskovdmitriy@gmail.com

## **THE SUNSPOT NUMBER PREDICTION, USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND THE MAXIMUM LIKELIHOOD METHOD**

**D.S. Voloskov, Y.S. Maslennikova**

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

Прогнозирование солнечной активности является одной из старейших проблем в физике Солнца. Тем не менее нельзя сказать, что за прошедшие годы она была успешно решена. В данной работе была поставлена задача прогнозирования числа солнечных пятен, которое является одним из основных показателей солнечной активности. Для решения задач прогнозирования широко используются авторегрессионные методы, в частности искусственные нейронные сети (ИНС), обучение которых основано на минимизации некоторой целевой функции, в качестве которой обычно выступает среднеквадратичная ошибка (СКО). В случае, когда распределение ошибок отлично от нормального, минимизация среднеквадратичной ошибки не является оп-

тимальным методом обучения. В данной работе предлагается обобщенный подход к обучению нейронной сети на основе метода максимального правдоподобия. Предложенный подход показал свою эффективность по сравнению с минимизацией СКО при краткосрочном прогнозировании среднего значения числа солнечных пятен.

The solar activity prediction is one of the oldest problems of the solar physics. Nevertheless, we can not say that this problem has been solved in the past years. The task of this work is the prediction of the sunspot number which is one of the main solar activity indices. Autoregression models, artificial neural networks (ANN) in particular, whose training is based on some performance function minimization, are widely used for solving prediction problems. The performance function is usually the mean square error (MSE) function. But in the case where an error distribution is different from the normal one, the MSE minimization is not the optimal training method. In this work the generalized ANN training approach, based on the maximum likelihood method, is proposed. Proposed approach has shown its effectiveness in comparison with the MSE minimization in the short-term prediction of the average sunspot number.

### **ВЫДЕЛЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ИОНОГРАММАХ СРЕДСТВАМИ ПОРОГОВОЙ ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРАЦИИ**

**Р.Р. Гайбадуллина, В.В. Бочкарев, А.Д. Акчурин**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
rita.gaibadullina@gmail.com

### **ISOLATION OF THE MANIFESTATIONS OF TRAVELING IONOSPHERIC DISTURBANCES ON IONOGRAMS BY THRESHOLD WAVELET FILTERING**

**R.R. Gaybadullina, V.V. Bochkarev, A.D. Akchurin**

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

В работе исследуются данные наблюдений, полученные в Казанском университете с помощью цифрового ионозонда вертикального зондирования «Циклон». Особенностью анализируемого цикла измерений является высокое временное разрешение – 1 мин. Такое разрешение по времени позволяет исследовать процессы, связанные с перемещающимися ионосферными возмущениями, обусловленными внутренними гравитационными волнами и другими процессами. Типичные периоды внутренних гравитационных волн на ионосферных высотах составляют от пяти до нескольких десятков минут. Для полученных серий ионограмм выполняется 3-мерное вейвлет-преобразование (в координатах частота – задержка – время зондирования). После этого с помощью пороговых алгоритмов фильтрации подавляются шумы и другие незначимые детали и выделяются квазипериодические вариации. Результаты обработки экспериментальных данных показывают, что использование 3-мерного вейвлет-преобразования дает более широкие возможности для анализа ионограмм.

This paper investigates the observational data obtained by digital ionosonde of vertical sounding “Cyclone” in Kazan University. The peculiarity of the analyzed measurement cycle is the high time resolution – 1 minute. This time resolution allows us to investigate processes associated with traveling ionospheric disturbances caused by internal gravity waves and other processes. Typical periods of internal gravity waves at ionospheric heights range from 5 up to several tens of minutes. To produce a series of ionograms performed 3-dimensional wavelet transform (in the coordinates frequency – delay – time sensing). Then, using the threshold filtering algorithm suppresses noise and other insignificant details and quasi-periodic variations are allocated. The results of the experimental data show that the use of 3-dimensional wavelet transform gives better analysis of ionograms.

### **ВАРИАЦИИ ГРУППОВОГО ПУТИ СИГНАЛА В ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ**

**Е.М. Вдовин, В.А. Голыгин, В.И. Сажин**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
vigol@sel.ru

### **VARIATIONS OF SIGNAL GROUP PATH IN GLOBAL SATELLITE NAVIGATION SYSTEM**

**Е.М. Vdovin, V.A. Golygin, V.I. Sazhin**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Моделируются вариации групповых задержек, связанные с влиянием ионосферы. Модель ионосферы описывается функцией Чапмена, при этом градиенты критической частоты ( $f_0$ ) и высоты максимума ( $h_m$ ) вдоль трассы близки к линейным. Использовалась программа численных расчетов траекторий и групповых

задержек сигналов на трассе «ИСЗ – наземный приемный пункт» методом характеристик. Моделирование проведено для различных значений зенитных углов ИСЗ. Получены изменения группового пути сигнала для набора указанных ситуаций. Представлены значения разности  $\Delta P$  группового пути сигнала и геометрической дальности между ИСЗ и наземным пунктом. С целью определения степени влияния вариаций параметров ионосферы на величину группового пути проведено моделирование относительных изменений  $\Delta P$  при различных относительных изменениях  $f_0$  и  $h_m$ . Выполнен сравнительный анализ степени влияния вариаций  $f_0$  и  $h_m$  на изменения  $\Delta P$ .

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 8388 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.).

We simulate variations of group delays associated with the ionosphere impact. The ionosphere model is described by Chapman function where the gradients of critical frequency ( $f_0$ ) and maximum height ( $h_m$ ) along the path are close to linear. For this model we use the program of numerical calculations of trajectories and group delays of signals at the satellite – ground receiving center path by the method of characteristics. Simulation is made for different satellite zenith angles. Changes in the signal group path are obtained for a number of specified situations. The  $\Delta P$  differences of the group signal path and geometric distance between the satellite and ground point are given. Simulation of relative changes in  $\Delta P$  for different relative changes in  $f_0$  and  $h_m$  was made to determine the degree of the influence of variations of the ionosphere parameters on the group path value. The comparative analysis of the degree of the influence of  $f_0$  and  $h_m$  variations on  $\Delta P$  changes was made.

This work was supported of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (Agreement # 8388 of the Federal Target Program «Scientific and Scientific-Pedagogical Personnel of Innovative Russia» for 2009–2013).

### **КВАЗИОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ УДАЛЕННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ**

**М.В. Тинин, С.И. Книжин**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
sergeiknizhin@mail.ru

### **THE QUASI-OPTIMAL PROCESSING TO IMPROVE THE DIAGNOSTIC RESOLUTION OF THE REMOTE IRREGULARITY**

**M.V. Tinin, S.I. Knizhin**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Рассматривается диагностика неоднородностей, расположенных на относительно большом расстоянии от источника и наблюдателя, с помощью двойного взвешенного преобразования Фурье для удаленной неоднородности и преобразования Френеля. Приводятся результаты численного моделирования пространственной обработки сигнала, повышающей разрешающую способность при диагностике неоднородных сред. С помощью однократного взвешенного фурье-преобразования получены фазовые проекции при условии сильных флуктуаций фазы.

The diagnostics of irregularities situated on a relatively large distance from the source and the observer is considered using the double weighted Fourier transform for a remote irregularity and the Fresnel transform. The results of numerical modeling of the spatial signal processing that improves the resolution of the diagnostics of inhomogeneous media are demonstrated. Through the using of the single weighted Fourier transform are obtained the phase projections in the case of strong phase fluctuations.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАЗМЫ В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА И ПАРАМЕТРИЗАЦИИ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СИГНАЛОВ НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**В.А. Командовский, Р.В. Васильев, А.В. Медведев, А.А. Щербakov**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
komandovskiy@mail.iszf.irk.ru

### **DETERMINATION OF THE PLASMA TEMPERATURE IN UPPER ATMOSPHERE BASED ON ANALYSIS AND PARAMETERIZATION OF AUTOCORRELATION FUNCTION OF INCOHERENT SCATTERING SIGNALS**

**V.A. Komandovskiy, A.V. Medvedev, A.A. Sherbakov, R.V. Vasilev**

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Определены наименее подверженные воздействию искажающих факторов параметры автокорреляционной функции (АКФ) сигналов некогерентного рассеяния (НР). Найдены выражения для вычисления температуры электронов и ионов на основе регрессионного анализа параметров АКФ для теоретической модели рассеянного сигнала. Проведено сравнение значений температуры, рассчитанных по этим выражениям по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР), со значениями, полученными на основе Международной справочной модели ионосферы (IRI) для соответствующего региона. Также сравнение проводилось со значениями, полученными на среднеширотном радаре НР в Миллстоун-Хилле, для того же периода времени.

Parameters of autocorrelation function (ACF) of incoherent scattering (IS) signals that least affected by distortion factors are determined. Expressions for computing electron and ion temperature obtained by regression analysis of ACF parameters for simulation of scattered signal are founded. It was made a comparison between values of temperature obtained in Irkutsk Incoherent Scattering Radar (IISR) by this expressions and values computed by International Reference Ionosphere (IRI) model in this local region. Also it was made a comparison with middle-latitude IS radar in Millstone-Hill at the same time period.

### **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПРИЕМНИКА В ДВУХЧАСТОТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ГНСС**

**М.В. Тинин, Е.В. Конецкая**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
mtinin@api.isu.ru, cpb7.12.2010@gmail.com

### **IMPROVING ACCURACY OF THE RECEIVER COORDINATES DETERMINATION AT DUAL-FREQUENCY GNSS MEASUREMENT**

**Е.В. Konetskaya, M.V. Tinin**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Работа посвящена анализу возможностей повышения точности определения координат приемника радиосигнала глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС). Описывается методика учета ионосферной ошибки второго порядка в двухчастотных измерениях ГНСС для повышения точности местопределения. В рамках исследования проверяются границы применимости предлагаемой методики с использованием как компьютерного моделирования, так и анализа экспериментальных данных. Также исследуется влияние неоднородностей, вытянутых вдоль линии магнитного поля, на качество принимаемого сигнала.

The paper is devoted to analysis of the possibilities of improvement of the accuracy for the receiver coordinates determination at dual-frequency measurements of the global navigational satellite systems. The method of the second-order ionospheric errors accounting at GNSS dual-frequency measurements is described. In the study the limits of applicability of the proposed method are verified using both a computer simulation, and analysis of experimental data. Also the effect of irregularities stretched along the magnetic field lines to the quality of the received signal is investigated.

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КВ-РАДИОВОЛН В ТРЕХМЕРНО-НЕОДНОРОДНОЙ ИОНОСФЕРЕ**

**<sup>1</sup>Д.С. Котова, <sup>2</sup>М.В. Клименко, <sup>2</sup>В.В. Клименко, <sup>1</sup>В.Е. Захаров**

<sup>1</sup>Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

<sup>2</sup>Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия  
darshu@yandex.ru

### **MATHEMATICAL MODELING OF HF RADIO WAVE PROPAGATION THROUGH THREE-DIMENSIONAL INHOMOGENEOUS IONOSPHERE**

**<sup>1</sup>D.S. Kotova, <sup>2</sup>M.V. Klimenko, <sup>2</sup>V.V. Klimenko, <sup>1</sup>V.E. Zakharov**

<sup>1</sup>Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

<sup>2</sup>West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Kaliningrad, Russia

Представлены результаты совместного использования двух моделей:

- 1) модели распространения КВ-радиоволн, разработанной в БФУ им. И. Канта, использующей приближение геометрической оптики;
- 2) Глобальной самосогласованной модели термосферы, ионосферы и протоносферы (ГСМ ТИП), разработанной в ЗО ИЗМИРАН, используемой для описания параметров среды распространения радиоволн.

Были получены результаты модельных расчетов различных радиотрасс КВ-диапазона в трехмерно-неоднородной ионосфере, проведено исследование особенностей возмущений ионосферы в периоды геомагнитных бурь 2–3 мая 2010 г. и 26–29 сентября 2011 г. и их влияния на распространение радиоволн. Также исследованы поведение обыкновенной и необыкновенной мод радиоволны в области экваториальной аномалии, влияние F1- и F3-слоев на характер КВ-радиотрасс и интегральное поглощение сигнала на трассах в высокоширотной ионосфере.

We present the results obtained by joint using of two models:

- 1) HF radio propagation model, developed in the IKBFU, using the geometrical optics approximation;
- 2) the Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP), developed in WD IZMIRAN that used to describe the parameters of the propagation medium.

We obtained the model simulation results of various HF radio ray-traces in three-dimensional inhomogeneous ionosphere. We studied the characteristics of the ionospheric disturbances during geomagnetic storms on 2–3 May 2010 and 26–29 September 2011 and their effects on the radio wave propagation. Also, we have investigated the behavior of the ordinary and extraordinary modes of radio waves in the equatorial anomaly region, the influence of F1 and F3 layers on the HF radio ray-traces and the integral attenuation of ray-traces in the high-latitude ionosphere.

### **ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ДЧХ СИГНАЛОВ В ИОНОСФЕРНОМ КАНАЛЕ С ФЛУКТУИРУЮЩИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

**Н.И. Михайлов, Е.Т. Агеева, Д.Б. Ким**

Братский государственный университет, Братск, Россия  
nikita-oxford@mail.ru

### **NUMERICAL-ANALYTICAL SYNTHESIS OF RFR SIGNALS IN THE IONOSPHERE CHANNEL WITH FLUCTUATING PARAMETERS**

**N.I. Mikhailov, E.T. Ageeva, D.B. Kim**

Bratsk State University, Bratsk, Russia

Практическое решение проблемы передачи сигналов по информационным каналам особенно актуально. Важное место в решении данной проблемы занимают вопросы передачи сигналов в информационных каналах с регулярными и случайными неоднородностями. Примерами таких каналов являются каналы ионосферного радиозондирования (наклонного, возвратно-наклонного, трансionoсферного). В результате прохождения сигналом большого пути в канале могут возникнуть физические эффекты, описать которые можно только с определенной долей вероятности. В этих условиях для понимания физики явлений особенно важным представляется математическое моделирование дистанционно-частотных характеристик сигналов (ДЧХ) при распространении в протяженном канале с регулярными и случайными параметрами. В работе предложен комплекс оперативных методик расчета ДЧХ сигналов при распространении в ионосферных каналах различного типа с использованием численных и аналитических методов. Приведены результаты моделирования ДЧХ в каналах ионосферного радиозондирования, подверженных регулярным и случайным воздействиям.

Practical solution to the problem of signaling through information channels is especially important. An important role in solving this problem, take the transfer of signals in the data paths to regular and random in homogeneities. Examples of such channels are channels of ionospheric radio sounding (oblique, back-and-tilt, transionospheric). As a result of the passage of the large signal path in the channel may have physical effects that can only be described with a certain degree of probability. In these conditions it is especially important mathematical modeling of remotely-frequency characteristics of the signal propagation in a long channel with regular and random parameters. With the use of numerical and analytical methods in the paper, a set of operational methods of calculating RFR signals propagating in different types of ionospheric channels. Simulation results of RFR in the channels of the ionospheric radio sounding subject to regular and random effects.

### **ОБОБЩЕННЫЕ ПАРТОННЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В МОДЕЛИ «БАРИОН КАК СОЛИТОН»**

**И.А. Перевалова, А.К. Сокольников, Н.О. Митрофанов, К.А. Тресков**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
kafedra\_theor@mail.ru

### **GENERALIZED PARTON DISTRIBUTIONS IN THE MODEL “BARION AS A SOLITON”**

**I.A. Perevalova, A.K. Sokolnikova, N.O. Mitrofanov, K.A. Treskov**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Обобщенные партонные распределения (ОПР) представляют собой распределения партонов по доле продольного импульса и расстоянию в поперечной плоскости от центра адрона. Это одна из характеристик, которая позволяет наглядно представить внутреннюю структуру адрона. В настоящий момент ОПР могут наблюдаться в эксперименте и, следовательно, могут служить инструментом проверки правильности построенной теоретической модели для описания адрона. Таких моделей сейчас существует несколько, каждая имеет свои плюсы и минусы, но ни одна не описывает структуру адрона полностью. В данной работе мы развиваем модель бариона как устойчивого возмущения пионных полей – так называемого солитона. В такой модели мы построили ОПР для протона. Для этого необходимо было выбрать вид кваркового оператора, который в соответствующих обкладках определил бы искомое распределение. Мы воспользовались оператором, построенным группой профессора М.В. Полякова. В результате построения такого ОПР мы получили ограничения на поведение функции, образующей указанный кварковый оператор, что позволило расширить и уточнить существующую модель структуры адронов.

Generalized parton distribution (GPD) represents distribution of hadron components by the part of longitudinal momentum and distance from the center of the hadron in a transverse plane. The GPD is one of the characteristics allowing describing the internal structure of hadrons. In our days we can observe and measure the GPDs by experimental way. Therefore it can be means of checking considered theoretical model for studying hadrons. There are some such models now, they all have advantages and disadvantages, but don't describe the structure of hadrons completely. In our investigation we develop the model of barion as a constant perturbation of a pion field called soliton. Within the model we have constructed the GPD for proton. There was necessity to choose the form of a quark operator. The operator would define required distribution of partons in the corresponding facings. We have used the operator constructed by the team of Prof. M. Polyakov. As a result of our investigation we have obtained some restrictions for the function formed the operator. These restrictions will allow to increase and precise existent model of hadron structure.

## КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И ИХ СВЯЗИ С СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

<sup>1</sup>А.В. Бальзаминов, <sup>1</sup>В.М. Бардаков, <sup>1</sup>Б.О. Вугмейстер, <sup>1</sup>М.А. Егоров, <sup>1</sup>А.В. Петров, <sup>2</sup>А.А. Храмцов

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Байкальский филиал Геофизической службы СО РАН, Иркутск, Россия  
rts\_lab@istu.edu

## COMPLEX INVESTIGATIONS OF GEOPHYSICAL FIELDS AND THEIR RELATIONSHIP WITH SEISMIC ACTIVITY

<sup>1</sup>A.V. Balzaminov, <sup>1</sup>V.M. Bardakov, <sup>1</sup>B.O. Vugmeister, <sup>1</sup>M.A. Egorov, <sup>1</sup>A.V. Petrov, <sup>2</sup>A.A. Hramtsov

<sup>1</sup>National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Baikal branch of Geophysical survey of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

1. В атмосфере над зарождающимся очагом землетрясения возникают всплески аномального электромагнитного излучения (ЭМИ). В докладе рассмотрены модели генерации ЭМИ, в том числе основы предложенной авторами новой модели.

Создана регистрирующая аппаратура, использующая широкую полосу частот. Приводятся экспериментальные результаты. ЭМИ появляется за некоторое время до сейсмического события. Длительность его существования пропорциональна мощности готовящегося землетрясения. Спектральный состав сигнала связан с расстоянием до фокальной зоны землетрясения.

2. Проводится изучение возможности прогноза землетрясения, основанного на известной реакции ионосферы на повышение сейсмической активности подстилающей поверхности. Создана система регистраторов, обеспечивающих контроль параметров сигнала на наклонных трассах, проходящих через сейсмоактивные зоны. Обсуждаются полученные результаты.

1. The bursts of abnormal electromagnetic radiation (EMR) appear in the atmosphere above incipient earthquake source. The models of EMR generation, including the foundations of the new model proposed by the authors are considered.

The recording equipment using a broad frequency band has been created. Experimental results are presented. EMR appears some time before a seismic event. The EMR duration is proportional to the forthcoming earthquake power. A signal spectral composition is associated with a distance to the earthquake focal zone.

2. Based on the known reaction of the ionosphere to an underlying surface seismic activity increase, we study an earthquake forecast possibility. The system of recorders has been created. It provides monitoring of the signal parameters on the oblique radio paths, passing over seismically active zones. The findings are discussed.

## **ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ СРЕДЫ НА ИСКАЖЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЗАДЕРЖКИ МОЩНОСТИ МНОГОМЕРНОГО ИОНОСФЕРНОГО РАДИОКАНАЛА**

**В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова**

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия  
RyabovaMI@volgatech.net

## **THE INFLUENCE OF THE FREQUENCY DISPERSION OF THE MEDIUM ON THE DISTORTION OF THE POWER DELAY PROFILE OF A MULTIDIMENSIONAL IONOSPHERIC RADIO CHANNEL**

**V.A. Ivanov, D.V. Ivanov, M.I. Ryabova**

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Профиль задержки мощности (ПЗМ), представляющий собой интеграл от функции рассеяния канала по всем доплеровским частотам, является важной характеристикой стохастического ионосферного радиоканала.

В рамках работы рассмотрены дисперсионные искажения ПЗМ. Разработана методика экспериментального определения ПЗМ различных парциальных высокочастотных радиоканалов при квазивертикальном зондировании ионосферы непрерывным ЛЧМ-сигналом. Представлены результаты экспериментальных исследований разработанных методик на трассах Йошкар-Ола–Яльчик и Нижний Новгород–Йошкар-Ола. Эксперименты показали, что в спокойных условиях ионосферы рассеяние по задержке в парциальных каналах увеличивается с уменьшением протяженности трассы и возрастает при переходе от дня к ночи. Для моды 1F оно больше, чем для моды 1E.

Power delay profile representing the integral of the channel scattering function for all Doppler frequencies, is an important characteristic of the stochastic ionospheric radio channel.

In the framework of the considered dispersion distortion of power delay profile of the stochastic of the multidimensional channel. The technique of experimental determination of the power delay profile of different partial high-frequency radio channel quasi-vertical sounding of the ionosphere in a continuous chirp signal. The results of experimental research developed techniques on the slopes of Yoshkar-Ola–Yalchik and Nizhny Novgorod–Yoshkar-Ola. Experiments have shown that under calm conditions for ionosphere scattering delay in the partial channels increases with decreasing path length and increases with the transition from day to night. For mode 1F it more for than mode 1E.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ С ВНУТРИИМПУЛЬСНОЙ ЧАСТОТНОЙ МАНИПУЛЯЦИЕЙ**

**<sup>1</sup>А.Г. Сетов, <sup>2</sup>Л.В. Просвирякова, <sup>2</sup>В.Е. Засенко**

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск  
someanothetas@mail.ru, Россия, lar\_prosv@mail.ru

## **THE PRACTICAL APPLICATION OF COMPLEX SIGNALS WITH A FREQUENCY OF INTRAPULSE MANIPULATION**

**<sup>1</sup>A.G. Setoy, <sup>2</sup>L.V. Prosviryakova, <sup>2</sup>V.E. Zasenko**

<sup>1</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

Описано устройство формирования сложных сигналов с внутриимпульсной минимальной кодочастотной модуляцией несущей частоты (без разрыва фазы) путем суммирования модулированных по амплитуде и фазе колебаний квадратурных каналов (с применением кодов Баркера). Приведен сравнительный анализ используемых шумоподобных сигналов и сигналов с внутриимпульсной частотной манипуляцией. Описаны способы применения полученных помехозащищенных шумоподобных сигналов в измерительных устройствах гидроакустики и при изучении атмосферы.

The article describes the way of obtaining a Barker-coded complex signal with minimum-shift-keying modulation of carrier frequency by adding the modulated amplitude and phase oscillations of the quadrature channels. A comparative analysis of the nowadays pseudonoise signals and signals with an intrapulse frequency manipulation were provided. The methods of application of the obtained anti-interference pseudonoise signals in the measurement devices in the study of hydroacoustics and atmosphere were described.



## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ПОЧВЕ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕНОСНОГО МЮОННОГО ПЛОТНОМЕРА**

**М.М. Сизов**

Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия  
Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, Новосибирск, Россия  
sizov.m.m@gmail.com

## **METHOD FOR INHOMOGENEITY LOCALIZATION IN SOIL BY PORTABLE MUON DENSITOMETER**

**M.M. Sizov**

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia  
Institute of Automation and Electrometry SB RAS, Novosibirsk, Russia

Один из способов измерения плотности, исследуемый в Институте автоматизации и электрометрии СО РАН, – с помощью мюонного скважинного плотнoмера. В мюонных плотнoмерах используется абсорбционный метод, основанный на замере ослабления потока мюонов при прохождении через вещество. Работа посвящена разработке метода определения неоднородностей в почве с помощью мюонного плотнoмера.

Сделана оценка объема грунта, влияющего на измерения плотнoмера. Использовано приближение, в котором область грунта, участвующего в измерениях, имеет форму конуса с высотой равной глубине, на которой проводится измерение, и телесным углом 1.6 ср.

Предложен итерационный метод восстановления плотности грунта по серии измерений, основанный на учете взаимовлияния одного измерения на другое и конусовидной формы исследуемой области грунта. При наличии пространственно разделенных серий измерений (при условии пересечения исследуемых объемов) становится возможной локализация неоднородности.

Portable muon densitometer is a means to measure soil density that is being developed in the Institute of Automation and Electrometry SB RAS. It uses the absorption method based on the muon flow intensity reduction in matter. The article discusses the method for inhomogeneity localization with muon densitometer.

The article estimates the soil volume and its shape densitometer measures. In assumption the significant volume has a cone shape with height of measuring depth and solid angle 1.6 steradian.

The article describes iterative method for soil density calculation from measurement data. The method is based on the account of the mutual influence of measurements and cone shape of the volume. Using of spatially separated data localization of inhomogeneity can be found.

## **УЧЕТ НЕУПРУГИХ ВКЛАДОВ В ПРОЦЕСС УПРУГОГО PP-РАССЕЯНИЯ**

**А.Н. Валл, И.А. Перевалова, А.К. Сокольников, К.А. Тресков**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
AEdemsk@gmail.com

## **ANALYSIS OF THE INELASTIC CONTRIBUTIONS TO THE ELASTIC PP-SCATTERING**

**A.N. Vall, I.A. Perevalova, A.K. Sokolnikova, K.A. Treskov**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В работе используется разработанный ранее механизм выражения неупругой функции перекрытия через упругую амплитуду процесса pp-рассеяния. Данный механизм основан на условии унитарности S-матрицы. Указанная неупругая функция перекрытия вычислена в модели дипольного померона для упругой амплитуды. Получена зависимость плотности неупругой функции перекрытия от энергии сталкивающихся протонов и от пространственного параметра  $\mu$ . Этот параметр является квантовым аналогом прицельного параметра и служит инструментом корректного описания малой окрестности центра столкновения протонов. Вычисленная в данной работе неупругая функция перекрытия является основой для нахождения зависимости средней множественности рождения частиц от пространственного параметра  $\mu$ . Средняя множественность, в свою очередь, является одним из параметров, наблюдаемых на Большом адронном коллайдере, и может служить для проверки и уточнения теоретических моделей упругой амплитуды.

In this work we use our previous mechanism of expressing an inelastic overlap function via elastic amplitude of pp-scattering. The mechanism is based on the unitarity condition for S-matrix. Mentioned inelastic overlap function is obtained in the dipole Pomeron model of elastic amplitude. Dependence the inelastic overlap function on energy of colliding protons and spatial parameter  $\mu$  is received. The  $\mu$  parameter represents quantum analogue of usual impact parameter. It serves for correct description of a small area around proton collision center. Obtained in this work inelastic overlap function is a foundation for finding the dependence average plurality on the spatial parameter. But

the average plurality is one of the observed parameters on the Large Hadron Collider. It can be useful for checking and making more precise existent models of elastic amplitude.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ АНАЛИЗА КАРТ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ**

**И.В. Скворцов, В.В. Бочкарев, Ю.С. Масленникова**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
skvorcov\_ilya@mail.ru

## **APPLICATION OF NONLINEAR PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS MAPS THE TOTAL ELECTRON CONTENT OF THE IONOSPHERE**

**I.V. Skvortsov, V.V. Bochkaev, Yu.S. Maslennikova**

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

В данной работе представлены результаты анализа вариаций пространственного распределения полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы нелинейным методом главных компонент (МГК). МГК применяется в обработке данных для уменьшения их размерности при минимальной потере полезной информации. Для того чтобы исследуемые данные могли быть представлены набором некоррелированных компонент, распределение флуктуации данных должно быть близко к нормальному. Анализ данных ПЭС с учетом суточных и сезонных периодичностей показал наличие флуктуаций с распределением, отличным от нормального. Поэтому для анализа вариаций данных ПЭС было разработано нелинейное обобщение МГК на основе кластеризирующей нейронной сети Кохонена. Самоорганизующаяся нейронная сеть Кохонена используется в качестве аналога главных многообразий для выявления наиболее значимой компоненты из исходного набора данных. Использование нелинейного МГК применительно к данным ПЭС позволило уменьшить корреляционную связь между модами разложения, что способствует проведению более качественного анализа для выявления причин различных флуктуаций ПЭС в ионосфере Земли.

This report presents the results of analysis of variance of the spatial distribution of the total electron content (TEC) of the ionosphere nonlinear principal components method (PCM). PCM method used in data processing to reduce their dimensions with minimum loss of useful information. To investigated data can be represented by a set of uncorrelated components fluctuation distribution data should be close to the normal distribution. Analysis of TEC data with the daily and seasonal periodicities showed the presence of fluctuations in the distribution different from normal. Therefore, to analyze variations in TEC data was developed nonlinear generalization of principal component analysis based on Kohonen neural network clustering. Kohonen network is used as an analogue of the main varieties to identify the most important components of the original data set.

## **О СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЯХ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ НА ПУНКТЕ НАБЛЮДЕНИЙ «МИКИЖА» В ПЕРИОД 2006–2011 ГГ.**

**А.А. Солдчук**

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Россия  
aleksandra@ikir.ru

## **ON GEOACOUSTIC EMISSION DIURNAL VARIATIONS AT MIKIZHA SITE DURING 2006–2011**

**А.А. Solodchuk**

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Paratunka, Russia

На Камчатке с 1999 г. производится мониторинг сигналов геоакустической эмиссии. Сбор данных осуществляется с помощью измерительного комплекса, особенностью которого является использование пьезо-керамических гидрофонов, установленных у дна озера Микижа. Комплекс регистрирует сигналы геоакустической эмиссии на фоне естественных шумов, при этом наблюдается суточный ход эмиссии. Данная работа посвящена его исследованию. Для более точного выделения суточного хода была произведена очистка исходных данных от шумов на основе вейвлет-разложения. Для выявления периодических составляющих был проведен спектральный анализ. Установлено, что периодичность суточных вариаций составляет 24 ч, суточный ход наблюдается в течение года с короткими перерывами. Также существуют периоды, когда интенсивность суточных вариаций существенно увеличивается. Исследовано влияние приливных волн, метеорологических процессов и землетрясений на поведение суточного хода.

Since 1999, monitoring of geoacoustic emission has been carried out at Kamchatka. Data acquisition is realized via the measurement complex the peculiarity of which is the application of piezo-ceramic hydrophones installed nearly at the bottom of Mikizha Lake. The complex records geoacoustic emission signals against the background of

natural noise, besides the emission diurnal variation is observed. The paper presents its investigation. Denoising of the initial data was carried out on the basis of wavelet expansion. To determine periodic components, the spectral analysis was done. The diurnal variation periodicity was found to be 24 hours, and the diurnal variation is observed during a year with some short gaps. There are also periods of significant increases of diurnal variation intensity. The effects of tidal waves, meteorological processes and earthquakes on diurnal variation were investigated.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЛЯ СРЕДНЕЙ И ВНЕШНЕЙ ИОНОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**А.В. Богомаз, Д.В. Котов, М.Н. Сюсюк**

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина  
syusyuk.marina@mail.ru

## **METHODICAL FEATURES OF THE ANALYSIS OF DATA OBTAINED FOR THE MIDDLE AND OUTER IONOSPHERE BY MEANS OF INCOHERENT SCATTER RADAR**

**O.V. Bogomaz, D.V. Kotov, M.M. Syusyuk**

Institute of Ionosphere NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Общей особенностью средней и внешней ионосферы является многокомпонентность ионного состава. Вследствие этого автокорреляционная функция (АКФ) некогерентно рассеянного сигнала зависит не только от температур ионов и электронов, но и от относительных концентраций ионов различных сортов. При этом увеличивается вероятность неоднозначного истолкования результатов эксперимента. Результаты проведенного моделирования показывают, что в такой ситуации для получения достоверных оценок параметров ионосферной плазмы необходимо применять специфический подход к анализу данных. Для средней ионосферы (150–300 км) приходится привлекать дополнительную экспериментальную информацию и модельные данные (значения температур ионов и электронов, измеренных в области доминирования ионов  $O^+$ , и температуры нейтральной атмосферы на высоте 120 км). При анализе данных для внешней ионосферы недопустимо дополнительное усреднение АКФ по высоте, а недостаточное количество доступных решений обратной радиопизической задачи может привести к недопустимо большим смещениям оценок параметров плазмы. Установлено оптимальное количество доступных решений обратной радиопизической задачи и оценена чувствительность искомых параметров плазмы к неопределенностям привлекаемых априорных данных.

A common feature of the middle and outer ionosphere is a multicomponent ion composition. Consequently, the autocorrelation function (ACF) of the incoherently scattered signal depends not only on the temperature of the ions and electrons, but the ion fractions. The probability of ambiguous interpretation of the experimental results is bigger than in case of plasma of the one ion species. The results of the simulation show that, in this situation, to obtain reliable estimates of the parameters of the ionosphere plasma it is necessary to apply a specific approach to data analysis. For a middle ionosphere it is necessary to attract additional experimental and model data. And it turned out that it is unacceptable additional altitudinal averaging of ACFs, and an insufficient number of available solutions of the inverse problem can lead to unacceptably large displacements of the estimates of the parameters of the plasma.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ ДЛЯ ИРКУТСКОГО РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

**<sup>1</sup>В.П. Ташлыкков, <sup>2</sup>С.С. Алсаткин, <sup>2</sup>Р.В. Васильев, <sup>2</sup>А.А. Щербakov**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, Иркутск, Россия

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
tashlycov.victor@gmail.com

## **MODELING OF INCOHERENT SCATTERED SIGNAL FOR IRIS**

**<sup>1</sup>V.P. Tashlykov, <sup>2</sup>S.S. Alsatkin, <sup>2</sup>R.V. Vasiljev, <sup>2</sup>A.A. Scherbakov**

<sup>1</sup>National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В работе приведены результаты численного моделирования рассеянного радиосигнала Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Модель ионосферы представляет пространство, условно разделенное на заданное количество слоев, в каждом из которых находится определенное число рассеивателей. Рассеянным радиосигналом является импульс заданной длительности и частоты, свернутый с пространственным распределением плазмы. Вклад в такой отраженный сигнал вносит каждый из рассеивателей, осуществляя сдвиг частоты, обусловленный эффектом Доплера, и задавая случайную начальную фазу отраженного от рассеивателя импульса. Сдвиг частоты задается случайно согласно закону распределения, которому соответствует теоретический спектр мощности для плазмы, состоящей из ионов и электронов одного сорта, с

ростом высоты представленный спектр меняется пропорционально линейному градиенту температуры. Начальное значение фазы распределено равномерно, а интенсивность рассеяния может определяться отдельно для каждого слоя. Также в модель добавлен нормально-распределенный шум, имитирующий шумы приемной аппаратуры. Целью данной работы является проверка работоспособности алгоритмов, определяющих характеристики плазмы по реальным данным ИРНР, с использованием детерминированных модельных данных, приближенных к реальным условиям.

Results of the numerical modeling of scattered signal which is gained and treated with Irkutsk Radar of Incoherent Scattering are performed in the presented article. The model undertakes space, conditionally divided on set quantity of layers, each of which has a definite number of scatters. Scattered signal is an impulse for set length and frequency, reflected of widespread plasma. Every scatter makes a contribution to such signal putting through shift of frequency, conditioned by Doppler's effect, and setting steadily spread odd phase of reflected impulse. Phase shift is set randomly according to the law of distribution that corresponds to the theoretical power spectrum of plasma which consists of ions and electrons of the same kind. Fitting soared height spectrum changes according to the linear temperature gradient, and intensity changes through the each layer. Normally distributed noise is also added to the model as a real noise of receiver. The target of this course work is checking how properly existing algorithms work using determined modeling data that is close to real conditions and defining the peculiarities of plasma according to real data acquisitions of IRIS.

### **ОСОБЕННОСТИ ОШИБОК ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

**А.А. Холмогоров, В.Б. Иванов**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
holmogorovandrey@gmail.com, ivb@ivb.baikal.ru

### **ESPECIALLY ERRORS IN POSITIONING SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS**

**A.A. Kholmogorov, V.B. Ivanov**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В работе рассмотрены временные вариации ошибок позиционирования объектов в спутниковых радионавигационных системах. Была обнаружена и исследована в различных условиях повторяемость в соседних сутках временного хода ошибки местоопределения. Показано, что повторяемость не связана с регулярными суточными вариациями ионосферы и не порождается многолучевостью. Обнаружено, что повторяемость количественно подобна для пунктов приема, разнесенных на километры – десятки километров. Выявлено, что явление связано с ошибкой расчета положений навигационных спутников. Предлагается использовать рассматриваемый феномен для повышения точности определения координат приемника.

The paper discusses the temporal variations positioning errors of the object in satellite navigation systems. Has been found and studied in different conditions repeatability in neighboring day temporal variations of positioning errors. It is shown that the frequency is not associated with regular daily variations of the ionosphere and is not generated by multipath. It was found that the frequency quantitatively similar to collection points, separated by miles - tens of kilometers. Revealed that the phenomenon is associated with an error of calculation of the provisions of navigation satellites. It is proposed to use the phenomenon under consideration to improve the accuracy of the coordinates of the receiver.

### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С РАЗРЕЖЕННОЙ ТОПОЛОГИЕЙ**

**С.В. Христофоров, В.В. Бочкарев**

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия  
stnslv91@gmail.com

### **PREDICTION OF IONOSPHERIC PARAMETERS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH SPARSE TOPOLOGY**

**S.V. Khristoforov, V.V. Bochkarev**

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

В настоящее время прогнозирование свойств ионосферы является актуальной задачей, решение которой необходимо для обеспечения устойчивой радиосвязи. В данной работе рассматривается прогнозирование полного электронного содержания ионосферы и критической частоты слоя F2. В качестве системы прогнозирования используется искусственная нейронная сеть с разреженной топологией. Из-за большого количе-

ства входной информации и, как следствие, большого количества нейронов входного слоя в стандартных нейронных сетях наблюдается эффект переобучения практически на первых же эпохах обучения. В результате сеть недостаточно хорошо обучается для решения задачи такого типа. В данной работе на основе метода сингулярного разложения матриц мы уменьшаем общее количество связей при сохранении количества нейронов. Рассмотрена реализация данного подхода с применением существующих библиотек нейросетевых вычислений. За счет большей устойчивости к переобучению сеть с разреженной топологией способна к предсказанию параметров ионосферы с меньшей ошибкой.

Currently, prediction of the properties of the ionosphere is an urgent task, which is to ensure stable radio communication. In this paper we consider the prediction of the total electron content of the ionosphere and the critical frequency of the layer F2. As a forecasting system used an artificial neural network with sparse topology. Due to the large amount of input information, and as a result, a large number of neurons in the input layer of the standard neural networks observed overfitting effect practically on the first training epochs. So the network is not well trained to deal with problems of this type. In this paper, based on a method of singular value decomposition of matrices we reduce the total number of connections, while maintaining the number of neurons. We considered the realization of this approach with the use of existing libraries of neural computation. Due to the greater resistance to overfitting, the network with a sparse topology is capable of predicting the ionospheric parameters with less error.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТЕЙ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СРЕДНЕЙ ЗАДЕРЖКИ И РАССЕЯНИЯ ПО ЗАДЕРЖКЕ В ЗАДАЧЕ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СИСТЕМ НАКЛОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**В.А. Иванов, А.А. Чернов**

Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия  
ChernovAS@volgatech.net

### **RESEARCH OF RANGES OF PRIOR UNCERTAINTY OF MEAN DELAY AND DELAY SPREAD IN THE PROBLEM OF TIME-FREQUENCY SYNCHRONIZATION OF OBLIQUE SOUNDING SYSTEMS**

**V.A. Ivanov, A.A. Chernov**

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Для современных систем наклонного зондирования многомерных многолучевых высокочастотных радиоканалов важными задачами являются автоматическое вхождение и поддержание синхронизма с высокой точностью. Поэтому необходимо разработать и исследовать соответствующие методики и алгоритмы, построить программные модули.

Синхронизация передатчика и приемника системы наклонного зондирования с общих позиций сводится к процедурам сведения шкал времени и согласования параметров информационно-технических характеристик системы с параметрами характеристик радиоканала. Наиболее важными из этих параметров для решаемой задачи являются рассеяние по задержке и средняя задержка. Решать задачу оценки областей априорной неопределенности этих параметров рассогласования в многомерном многолучевом радиоканале в режиме вхождения в синхронизм предлагается расчетным путем, для чего необходимо построение оптимальных моделей, учитывающих координаты передатчика и приемника, а также состояние ионосферного радиоканала в контрольной точке зондирования. Для решения задачи поддержания синхронизма предложен алгоритм оценки необходимых параметров по результатам экспериментального наклонного зондирования.

For modern oblique sounding systems of multidimensional multipath high-frequency radio channels important tasks are automatic synchronization establishment and maintenance with high accuracy. Synchronization of the transmitter and receiver of oblique sounding systems from common positions reduces to procedures of time scales synchronizing and parameters of information technical characteristics of system with parameters of characteristics of radio channel matching. To solve the problem of estimation of a priori uncertainty ranges of these parameters mismatch in multidimensional multipath radio channel in a synchronization establishment mode is offered by means of calculation, which requires develop of optimal models that take into account coordinates of the transmitter and receiver location as well as condition of an ionospheric radio channel in a control point of sounding.