Кардиолог, применив динамический анализ величин амплитуд и временных величин зубцов, сегментов и интервалов, успешно выполнил безопасную рациональную коррекцию доз медикаментозной нагрузки в более короткий срок до 2-3-х суток, вместо обычных 5-6 дней.

Дальнейшая разработка и внедрение в практику экспертных систем структурного анализа кардиосигнала значительно повысит качество кардиологического мониторинга пациента с коморбидной патологией повышенной сложности на междисциплинарном уровне.

Литература:

1. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Гонсалес Р., Вудс Р. – Издание 3-е, исправленное и дополненное. – Москва: Техносфера, 2012. 1104 с.
2. *Ahlstrom M.L., Tomhins W.J.* Digital filters for real-time ECG signal processing using microprocessors // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1985. – V. 32. – P. 708-713.
3. *Murthy I.S.N., Rangaraj M.R.* New concepts for PVC detection // IEEE Trans. Biomed. Eng. 1979. V. 26, No. 7. P. 409-416.
4. *Pan J., Tomhins W.J.* A real-time QRS detection algorithm // IEEE Trans. Biomed. Eng. 1985. V. 32. P. 230-236.
5. *Khaled Daqrouq* QRS Complex Detection Based on Symmlets Wavwlwt Function / Khaled Daqrouq, Ibrahim N. AbuIsbeih, Abdel-Rahman Al-Qawasmi // 5th International MultiConference on Systems, Signals and Devices. 2008.
6. *Дубровин В.И.* Усовершенствование методов анализа ЭКГ-сигналов на основе вейвлет-преобразования в системе электрокардиографии высокого разрешения / В. И. Дубровин, Ю. В. Твердохлеб // Радіоелектроніка, інформатика, управління. № 1. 2011. с 91
7. *Gritzali F., Frangakis G., Papakonstantinou G. Detection* of the P and T waves in an ECG // Comput. Biomed. Res. 1976. V. 9. P. 125-132

Electrocardiosignal structure analysis expert system development

Kristina Andreevna Krasovitskaya, *master's student, Irkutsk National Research Technical University*

Evgeniy Aleksandrovich Cherkachin*, Senior reseacher, candidate of technical sciences, PhD,*

Irkutsk National Research Technical University, Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch Academy of Sciences

The paper deals with the process of a cardiological expert system development. The definition of an electrocardiogram is presented. Problems of ECG characteristics determination such as ECG data digitizing are considered. The problem of QRS complex recognition and P and T waves parameters measurement is discussed. A general outline of analysis technique for ECG using wavelet transformation is proposed.

Keywords: ECG, analysis, biomedical signal, Machine Learning

УДК 519.6

СЛЕДЫ МОРСКИХ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Михаил Александрович Курако*, ст. преподаватель,*
Тел.: 8 923 285 67 12, e-mail: mkurako@gmail.com
Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий
Константин Васильевич Симонов*, профессор, д.т.н,*
Тел.: 8 913 595 4902, e-mail: simonovkv@icm.krasn.ru
Институт вычислительного моделирования СО РАН,
Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий

***Надежда Олеговна Кудря**, аспирант,*
Сибирский федеральный университет, Институт космических и информационных технологий,

Предлагается новый подход к обработке пространственных данных — морфологический анализ линейных и нелинейных структур совместно со спектральной декомпозицией на основе вейвлет- и шиарлет-преобразований, применяемый к данным о природных катастрофах.

Ключевые слова: обработка данных, вейвлет-преобразование, шиарлет-преобразование, спектральная декомпозиция, морфологический анализ.


М.А. Курако

Введение

Современные вычислительные технологии позволяют обеспечивать производство, передачу и хранение больших объёмов данных в самых разнообразных сферах жизнедеятельности человека (медицина, астрономия, сейсмология, метеорология, интернет-трафик и т.д.). Все эти данные требуют глубокой обработки и анализа с целью получения новых знаний. Кроме того, важно не только обеспечить адекватность методик обработки различных типов данных, но и возможность анализа точности методов для более глубокого понимания внутренней структуры данных.

С точки зрения математики, задача сводится к разбиению исходных данных (одно- и многомерных сигналов) на блоки, независимой обработке каждого блока и объединению результатов в единое целое. Для исследования внутренней структуры сигналов предлагается использовать гармонический анализ. Для класса данных $l \subset L^2(\mathbb{R}^d), d \geq 1$, подбирается такое множество анализирующих функций $\{\varphi_i\}_{i \in I} \subset L^2(\mathbb{R}^d)$, где I – счётное множество индексов, что для всех $f \in l$ выполняется тождество $f = \sum_{i \in I} c_i \varphi_i$. Множество коэффициентов $\{c_i\}$ является, с одной стороны, разложением исходного сигнала по базису анализирующих функций и может быть проинтерпретировано при анализе входных данных. С другой стороны, эти коэффициенты могут использоваться для восстановления сигнала.


К.В. Симонов

Объектом исследования являются двумерные изображения. Отдельным вопросом анализа изображений является определение участков изображения, имеющих анизотропные характеристики и разрывы (контуры объектов, кривые линии), поскольку традиционные методы обработки изображений нечувствительны к подобного рода характеристикам.

В течение последних двадцати лет были предложены различные методы выделения анизотропных объектов, среди них: направленные вейвлеты, комплексные вейвлеты, контурлеты, курвлеты и т. п. В тоже время Донохо Д., Лабате Д., Кутинек Г. [1-2, 4-6] был предложен несколько иной подход к анализу анизотропных составляющих на основе шиарлет-преобразования данных. В отличие от вейвлетов или курвлетов, система шиарлетов строится в классе аффинных систем и обладает возможностью определения направленности благодаря дополнительно введённому параметру сдвига.


Н.О. Кудря

Шиарлеты обладают набором характеристик, выгодно выделяющих их на фоне других методов обработки изображений: конечное число порождающих функций; оптимальное представление анизотропных характеристик анализируемых данных; быстрая алгоритмическая реализация; единый подход к разложению непрерывных и дискретных данных.

Цель исследования состоит в сравнении алгоритмов дискретного шиарлет-преобразования (ДШП) и создание вычислительной технологии применения ДШП для обработки изображений катастрофических природных явлений.

Дискретное шиарлет-преобразование: основные понятия

Введём необходимые понятия. Дискретной системой шиарлетов, связанной с шиарлетом ψ, называется множество функций [1-6]:

$$\mathcal{SH}(\psi) = \left\{\psi_{j,k,m} = a_j\psi\left(S_{j,k}A_{2^j}(\cdot - t_m)\right): j,k \in \mathbb{Z}, m \in \mathbb{Z}^2\right\}.$$

В общем случае параметр масштаба выбирается из множества $\left\{a_j\right\}_{j\in\mathbb{Z}} \subset \mathbb{R}^+$. Параметры сдвига $\left\{s_{j,k}\right\}_{k\in\mathbb{Z}} \subset \mathbb{R}$ выбираются зависимыми от j, чтобы исследуемая направленность изменялась в соответстви с масштабом. Наконец, параметр смещения t_m выбирается из $c_1\mathbb{Z} + c_2\mathbb{Z}$ для некоторых $(c_1, c_2) \in \mathbb{R}$, что обеспечит необходимую гибкость конструкции для некоторых применений. Для изображения размера $M \times N$ принято определять дискретные значения параметров следующим образом:

$$a_j = 2^{-2j} = 4^{-j},\ j = 0, \dots, j_0 - 1$$

$$s_{j,k} = k2^{-j}, \qquad -2^j \le k \le 2^j \quad ,$$

$$t_m = \left(\frac{m_1}{M}, \frac{m_2}{N}\right), \quad m \in I$$

где $j_0 = \left\lfloor \frac{1}{2}\log_2 N \right\rfloor, I = \{(m_1, m_2) \mid m_1 = 0,1, \dots, M-1, m_2 = 0,1, \dots, N-1\}$.

Преобразование Фурье элемента дискретной системы шиарлетов выражается как

$$\widehat{\psi}_{a,s,t}(\omega) = \widehat{\psi}\left(A_{a_j}^T S_{s_{j,k}}^T \omega\right) \exp(-2\pi i\langle\omega, t_m\rangle) =$$

$$\widehat{\psi}_1\left(4^{-j}\omega_1\right)\widehat{\psi}_2\left(2^j\frac{\omega_1}{\omega_2} + k\right)\exp\left(-2\pi i\left\langle\omega, \begin{pmatrix} m_1/M \\ m_2/N \end{pmatrix}\right\rangle\right), \omega \in \Omega,$$

где $\Omega = \left\{(\omega_1, \omega_2) \mid \omega_1 = -\left\lfloor\frac{M}{2}\right\rfloor, \dots, \left\lceil\frac{M}{2}\right\rceil - 1, \omega_2 = -\left\lfloor\frac{N}{2}\right\rfloor, \dots, \left\lceil\frac{N}{2}\right\rceil - 1\right\}$.

Введем понятие дискретного шиарлет-преобразования. Для некоторой функции $\psi \in L^2(\mathbb{R}^2)$ дискретным шиарлет-преобразованием функции $f \in L^2(\mathbb{R}^2)$ называется отображение:

$$f \mapsto \mathcal{sh}_\psi f(j,k,m) = \langle f, \psi_{j,k,m}\rangle, (j,k,m) \in \mathbb{Z} \times \mathbb{Z} \times \mathbb{Z}^2.$$

Таким образом, $\mathcal{sh}_\psi$ ставит в соответствие некоторой функции f коэффициенты $\mathcal{sh}_\psi f(j,k,m)$, связанные с масштабом j, сдвигом (направлением) k и смещением m. Восстановление функции по коэффициентам возможно, если система $\mathcal{SH}(\psi)$ образует фрейм Парсеваля в $L^2(\mathbb{R}^2)$. Показывается следующее предложение: если $\psi \in L^2(\mathbb{R}^2)$ — классический шиарлет, то $\mathcal{SH}(\psi)$ образует фрейм Парсеваля в $L^2(\mathbb{R}^2)$. Перенесём принцип разбиения области частот на конусы на дискретную систему шиарлетов.

Дискретной системой шиарлетов на конусах $\mathcal{SH}\left(\phi, \psi, \widetilde{\psi}; c\right)$ для функций $\phi, \psi, \widetilde{\psi} \in L^2(\mathbb{R}^2)$ и $c = (c_1, c_2) \in \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^+$ называется множество

$$\mathcal{SH}\left(\phi, \psi, \widetilde{\psi}; c\right) = \Phi(\phi; c_1) \cup \Psi(\psi; c) \cup \widetilde{\Psi}\left(\widetilde{\psi}; c\right),$$

$$\Phi(\phi; c_1) = \{\phi_m = \phi(\cdot - c_1 m): m \in \mathbb{Z}\}$$

$$\Psi(\psi; c) = \left\{\psi_{j,k,m} = 2^{\frac{3}{4}}\psi\left(S_k A_{2^j} \cdot - M_c m\right): j \ge 0, |k| \le \left\lceil 2^{\frac{j}{2}} \right\rceil, m \in \mathbb{Z}^2\right\},$$

$$\widetilde{\Psi}\left(\widetilde{\psi}; c\right) = \left\{\widetilde{\psi}_{j,k,m} = 2^{\frac{3}{4}}\widetilde{\psi}\left(S_k \widetilde{A}_{2^j} \cdot - \widetilde{M}_c m\right): j \ge 0, |k| \le \left\lceil 2^{\frac{j}{2}} \right\rceil, m \in \mathbb{Z}^2\right\}$$

где $M_c = \begin{pmatrix} c_1 & 0 \\ 0 & c_2 \end{pmatrix}$ и $\widetilde{M}_c = \begin{pmatrix} c_2 & 0 \\ 0 & c_1 \end{pmatrix}$.

Функция ϕ называется масштабирующей функцией шиарлета, а функции $\psi, \widetilde{\psi}$ — образующими. Как и в случае непрерывной системы, $\Phi(\phi; c_1)$ соответствует области низких частот, а $\Psi(\psi; c)$ и $\widetilde{\Psi}(\widetilde{\psi}; c)$ относятся к областям $\ell_1 \cup \ell_3$ и $\ell_2 \cup \ell_4$ соответственно.

Пусть $\Lambda = \mathbb{N}_0 \times \left\{-\left\lceil 2^{\frac{j}{2}}\right\rceil, \dots, \left\lceil 2^{\frac{j}{2}}\right\rceil\right\} \times \mathbb{Z}^2$. Дискретным шиарлет-преобразованием на конусах функции $f \in L^2(\mathbb{R}^2)$ для функций $\phi, \psi, \widetilde{\psi} \in L^2(\mathbb{R}^2)$ называется отображение:

$$f \mapsto \mathcal{SH}_{\phi,\psi,\widetilde{\psi}} f\left(m', (j,k,m), (\tilde{j}, \tilde{k}, \tilde{m})\right) = \langle\langle f, \phi_{m'}\rangle, \langle f, \psi_{j,k,m}\rangle, \langle f, \widetilde{\psi}_{\tilde{j},\tilde{k},\tilde{m}}\rangle\rangle,$$

где $\left(m', (j,k,m), (\tilde{j}, \tilde{k}, \tilde{m})\right) \in \mathbb{Z}^2 \times \Lambda \times \Lambda$.

В [4] доказано, что $\Psi(\psi)$ образует фрейм Парсеваля для $L^2(\ell_1 \cup \ell_3)^\vee = \{f \in L^2(\mathbb{R}^2): \operatorname{supp}(\hat{f}) \subset \ell_1 \cup \ell_3\}$. То же утверждение справедливо и для $\widetilde{\Psi}(\widetilde{\psi})$ в $L^2(\ell_2 \cup \ell_4)^\vee$. Таким образом, фрейм Парсеваля для всего пространства $L^2(\ ^2)$ строится объедини фреймов Парсеваля, относящихся к различным конусам в области частот. Следует отметить, что при таком построении фреймов Парсеваля коэффициенты шиарлет-преобразования, перекрывающиеся в области частот на прямых $\xi_1 = \pm\xi_2$, могут образовать разрывы.

Поскольку одной из главных причин, побудивших к построению системы шиарлетов, является возможность приближённого представления исходного изображения и возможность эффективной алгоритмической реализации, важно знать, какова точность аппроксимации исходной функции в данном базисе. Обозначим за f_N приближение, полученное восстановлением N наибольших коэффициентов шиарлет-преобразования исходной функции f. В [4] приводится следующая оценка:

$$\|f - f_N\|_{L_2}^2 \leq CN^{-2}(\log N)^3, N \to \infty,$$

где константа C не зависит от N. Оценка показывает улучшение точности приближения функции (изображения) шиарлетами по отношению к Фурье- и вейвлет-приближению.

Алгоритмы дискретного шиарлет-преобразования

Рассмотрим основные алгоритмические решения. На общем принципе дискретизации шиарлет-преобразования, описанном в предыдущем разделе, построены существующие алгоритмические реализации ДШП. Это делает возможным обработку двумерных массивов данных, в том числе и цифровых изображений.

Рассмотрим две известные реализации ДШП. В [3] представлен алгоритм FFST (fast finite shearlet transform). В его основу положено дискретное быстрое прямое и обратное преобразования Фурье. В качестве материнского вейвлета используется вейвлет Мейера. Область частот разбивается на четыре конуса и область низких частот.

Согласно формуле Планшереля:

$$\langle f, g\rangle = \frac{1}{MN}\langle \hat{f}, \hat{g}\rangle.$$

Тогда для конусов $\ell_1 \cup \ell_3$ имеем:

$$\mathcal{SH}_\psi f(j,k,m) = \langle f, \psi_{j,k,m}\rangle = \frac{1}{MN}\langle \hat{f}, \hat{\psi}_{j,k,m}\rangle = \frac{1}{MN}\sum_{\omega\in\Omega} \hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\psi}\left(4^{-j}\omega_1, 4^{-j}k\omega_1 + 2^{-j}\omega_2\right) \exp\left(-2\pi i \left\langle \omega, \begin{pmatrix} m_1/M \\ m_2/N \end{pmatrix}\right\rangle\right).$$

Введём обозначение: $\hat{g}_{j,k}(\omega) = \hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\psi}\left(4^{-j}\omega_1, 4^{-j}k\omega_1 + 2^{-j}\omega_2\right)$, тогда:

$$\mathcal{SH}_\psi f(j,k,m) = \frac{1}{MN}\sum_{\omega\in\Omega} \hat{g}_{j,k}(\omega) \exp\left(-2\pi i \left\langle \omega, \begin{pmatrix} m_1/M \\ m_2/N \end{pmatrix}\right\rangle\right),$$

и шиарлет-преобразование функции f можно вычислить как обратное двумерное преобразование Фурье:

$$\mathcal{sh}_{\psi}f(j,k,m) = \mathrm{ifft2}(\hat{g}_{j,k}) = \mathrm{ifft2}\left(\hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\psi}(4^{-j}\omega_1, 4^{-j}k\omega_1 + 2^{-j}\omega_2)\right).$$

Аналогичные выражения можно получить и для других областей. В конечном итоге, шиарлет-преобразование функции f вычисляется следующим образом:

$$\mathcal{sh}_{\phi,\psi,\tilde{\psi},\psi^{\times}}f(j,k,m) = \begin{cases} \mathrm{ifft2}\left(\hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\phi}(\omega_1,\omega_2)\right), & \text{в области низких частот} \\ \mathrm{ifft2}\left(\hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\psi}(4^{-j}\omega_1, 4^{-j}k\omega_1 + 2^{-j}\omega_2)\right), & \text{для } \ell_1 \cup \ell_3 \\ \mathrm{ifft2}\left(\hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\tilde{\psi}}(4^{-j}\omega_2, 4^{-j}k\omega_2 + 2^{-j}\omega_1)\right), & \text{для } \ell_2 \cup \ell_4 \\ \mathrm{ifft2}\left(\hat{f}(\omega_1,\omega_2)\hat{\psi}^{\times}(4^{-j}\omega_1, 4^{-j}k\omega_1 + 2^{-j}\omega_2)\right), & \text{при } |k| = 2^j \end{cases}.$$

Для «проблемной» области на стыке конусов ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 и ℓ_4 преобразование вычисляется отдельно, где $\hat{\tilde{\psi}}$ и $\hat{\psi}^{\times}$ есть образы соответствующих преобразований на расчетном конусе. В [3] отмечается, что в теории указанный алгоритм применим к изображениям произвольных размеров, однако данная реализация принимает на вход только квадратные изображения, поскольку возникают затруднения при обращении с коэффициентами на диагоналях.

Следующий подход к вычислению шиарлет-преобразования реализован в библиотеке ShearLab и описан в работах [1; 7; 8]. Данная реализация основывается на дискретном быстром преобразовании Фурье, однако несколько иным образом интерпретирует область частот. Плоскость, согласно общей схеме, разбивается на конусы, область низких частот и множество точек, оказавшихся на стыках конусов. Затем осуществляется переход к псевдополярным координатам, в которых вычисляется модифицированное преобразование Фурье. Поскольку переход к псевдополярным координатам не является изометрическим отображением, возникает необходимость в восстановлении «плотности» фрагментов, получающихся при дискретизации области частот. В качестве выхода из этой ситуации предлагается компенсировать искажение плотности при помощи довешивающих функций (weighting functions). Целью компенсации является восстановление структуры координатной сетки таким образом, чтобы для преобразования Фурье вновь была справедлива формула Планшереля.

Вычислительная методика обработки пространственных данных

Дискретное шиарлет-преобразование применимо для обработки изображений. Известны следующие результаты, которых можно добиться, применяя к коэффициентам шиарлет-преобразования различные фильтры: выделение контуров объектов на изображениях, шумоподавление, разделение изображений (геометрический анализ).

Выполняя анализ результатов действия алгоритма ДШП для последнего (максимального) масштаба и всевозможных сдвигов, можно заметить следующую особенность: на указанном масштабе совокупность шиарлет-коэффициентов представляет собой фрагменты контуров объектов на исследуемом изображении.

Исходя из описанных выше теоретических и методических представлений, рассмотрим модификацию метода геометрического анализа визуальных данных, позволяющую решать широкий класс задач обработки сложных изображений экологического мониторинга.

Решаются следующие задачи экологического мониторинга: разделение точек и кривых на изображениях; выделение контуров; визуализация данных. Предлагаемая вычислительная методика решения указанных задач состоит из трёх этапов:

–*подготовительный этап* — исходное изображение разбивается на отдельные блоки и выбирается последовательность расчётных процедур для оптимального решения поставленной задачи в зависимости от характеристик конкретного изображения;

–*расчётный этап* — собственно обработка пакета изображений при различных расчётных условиях в зависимости от поставленной задачи;

–*этап анализа полученных расчётных изображений* — на последнем этапе результаты шиарлет-преобразования изображений контрастируются и проводиться анализ выделенных особенностей и объектов.

В исследовании рассматривались следующие алгоритмы: алгоритм FFST [3]; алгоритм, реализованный в пакете Matlab Shearlet Toolbox [5]; алгоритм, реализованный в Matlab ShearLab [1]; алгоритм TGVSHCS [8].

Заключение

Шиарлет-преобразование является новым методом многомерного анализа. Этот метод отличается возможностью определения анизотропной составляющей в анализируемых данных, что может быть практически применимым для задач обработки изображений. Идея шиарлет-преобразования опирается на существующую методику вейвлет-анализа и является в свою очередь её естественным расширением. Так, параметрами шиарлет-преобразования являются не только смещение и коэффициент масштабирования, но и сдвиг.

Для построения системы шиарлетов необходимы материнский вейвлет и функция рельефа, однако шиарлеты должны удовлетворять условию допустимости. Система шиарлетов образует базис пространства $L^2(\mathbb{R}^2)$, что позволяет осуществлять преобразование элементов из этого пространства — представлять их в виде разложения $f = \sum_{i\in I} c_i\, \varphi_i$. При ограничении на жёсткость системы становится возможным однозначное восстановление исходного элемента f. Благодаря вытянутости шиарлетов вдоль некоторого направления, зависящего от параметров, становится возможным анализ анизотропных объектов на изображении.

Основными из приложений дискретного шиарлет-преобразования являются алгоритмы решения задач шумоподавления, выделения контуров на изображениях, разделения изображений на объекты различной природы (морфологический анализ), улучшения визуального качества изображений. Имеющиеся подходы к анализу изображений могут быть перенесены в пространство больших размерностей (видеоизображения), а также оказаться полезными для решения задач в областях обработки данных геомониторинга природных катастроф.

Литература

1. *Donoho D. L., Kutyniok G.* Geometric separation using a wavelet-shearlet dictionary // SampTA'09 (Marseille, France, 2009), Proc., 2009.
2. *Guo K., Kutyniok G., Labate D.* Sparse multidimensional representations using anisotropic dilation and shear operators. Wavelets and Splines (Athens, GA, 2005). – Nashboro Press, Nashville, TN, 2006. P. 189–201.
3. *Hauser S.* Fast Finite Shearlet Transform. – Режим доступа: http://www.mathematik.uni-kl.de/fileadmin/image/haeuser/software/FFST.zip.
4. *Kutyniok G., Labate D.* Construction of regular and irregular shearlet frames. J. Wavelet Theory and Appl. 2007. N. 1. P. 1–10.
5. *Labate D., Easley G., Lim W.* Sparse directional image representations using the discrete shearlet transform. Applied Computational Harmonic Analysis. 2008. V. 25. P. 25–46.
6. *Labate D., Lim W.-Q., Kutyniok G., Weiss G.* Sparse multidimensional representation using shearlets. Wavelets XI (San Diego, CA, 2005). SPIE Proc. 5914, SPIE – Bellingham, WA. 2005. P. 254–262.
7. *Lim W.-Q.* The discrete shearlet transform: a new directional transform and compactly supported shearlet frames. IEEE Trans. Imag. Proc. 2010. V. 19. P. 1166–1180.

8. *Zhuang X.* University of Osnabrueck. ShearLab: A rationally designed digital shearlet transform. [сайт]. Режим доступа: http://shearlab.org.

Traces of marine natural disasters: a numerical data analysis

Mikhail Alexandrovich Kurako*, senior lecturer, Siberian federal university, Institute of space and information technologies*

Konstantin Vasilievich Simonov*, professor, leading researcher, Institute of computational modelling SB RAS, Siberian federal university, Institute of space and information technologies*

Nadezhda Olegovna Kudrya*, postgraduate student, Siberian federal university, Institute of space and information technologies*

We propose a new approach for processing spatial data — the morphological analysis of linear and non-linear structures in conjunction with a spectral decomposition based on the wavelet and shearlet transformations applied to the data about natural disasters.

Keywords: data processing, wavelet transform, shearlet transform, spectral decomposition, morphological analysis.

УДК 519.688

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Елена Владимировна Кучунова*, к.ф.-м.н., доцент*
E-mail: HKuchunova@sfu-kras.ru
Андрей Викторович Рулев*, студент*
тел. 8-983-166-9043, e-mail: rulandrei99@mail.ru
Институт математики и фундаментальной информатики СФУ
http://www.sfu-kras.ru

В работе представлен вычислительный алгоритм построения поверхности рельефа местности по данным, записанным в векторных картах в польском формате. Исходными данными выступает набор изолиний. По этим данным строится сеточная функция высот при помощи интерполяционных сплайнов.

Ключевые слова: векторные карты, польский формат, интерполяционные сплайны.

Введение

В последнее время интенсивное развитие получила геоинформатика. Важными объектами исследования современных геоинформационных систем являются трехмерные поверхности земного рельефа [1].

Все навигационные системы, поддерживающие загрузку карт, используют исключительно закрытые и недокументированные форматы (например, Garmin IMG). Однако в начале 2000-г годов появился формат представления геоданных, имеющий простую и хорошо документированную структуру. Этот формат получил название "польский формат" или формат MP. Польский формат – это текстовый формат хранения данных, ис-