



С.А. Прохоров, И.М. Куликовских, Н.С. Филиппова

О НЕКОТОРЫХ АЛГОРИТМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

При решении прикладных задач часто требуется получение диагностических параметров исследуемой системы для принятия решения. В последнее время все большую популярность обретают системы интеллектуального анализа данных, которые не только позволяют получить диагностические показатели, но и упростить задачу принятия решения на основе полученных результатов.

Особое внимание уделяется решению прикладных диагностических задач, связанных с медициной, так, например, сердечно-сосудистая система с большой точностью отражает состояние регулярных процессов в организме человека. Оценка ее показателей, в частности фотоплетизмографического сигнала, предоставляет ценную информацию для диагностики, прогнозирования, лечения и предупреждения болезней [1].

При обработке и анализе фотоплетизмографических сигналов возникают новые задачи, требующие выявления из сигнала таких знаний, которые простыми традиционными ранее используемыми формализованными приемами извлечь не удастся. Одной из таких задач является определение биологического возраста человека. Для решения подобной задачи необходимо поставить частную задачу: диагностика обследуемого с проверкой соответствия реального возраста и биологического.

На основе поставленной задачи была разработана модель:

$$Q = \{0,1\}, Q = F(A_f, A_b / B, C, D), \quad (1)$$

где A_f – фактический возраст обследуемого; A_b – биологический возраст обследуемого; B – исходные данные, в виде фотоплетизмографического сигнала; C – алгоритмы для анализа исходных данных; D – вектор анализируемых параметров; F – оператор сравнения операндов A_f и A_b .

Рассмотрим алгоритмы C анализа исходных данных B для получения вектора анализируемых параметров D . Основой математического аппарата предлагаемых алгоритмов является метод ортогональных разложений частотно-временных характеристик в базисе Лагерра, что объясняется рядом преимуществ, связанных с простотой определения базовых характеристик [2].

Модель корреляционной функции сигнала представима в виде

$$\hat{\rho}_m(\tau) = \sum_{k=0}^m \beta_k L_k(\tau, \gamma); \quad \beta_k = \gamma \int_0^{\infty} \rho(\tau) L_k(\tau, \gamma) d\tau; \quad (2)$$
$$L_k(\tau, \gamma) = \sum_{s=0}^k C_k^s \frac{(-\gamma\tau)^s}{s!} \exp(-\gamma\tau/2).$$



По параметрам аппроксимирующего выражения (2) пересчитывается спектр сигнала

$$\hat{S}_a(\omega) = \frac{\cos \varphi(\omega)}{\gamma\pi} \sum_{k=0}^m \beta_k (-1)^k \cos((2k+1)\varphi(\omega)); \quad \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{2\omega}{\gamma}\right). \quad (3)$$

По моделям (2), (3) определяются обобщенные спектральные характеристики, которые входят в состав операнда D .

Проанализируем тестовый набор сигналов с известными значениями A_f , состоящий из набора фотоплетизмограмм для молодых и возрастных обследуемых. На основе проведенного анализа определим характерные параметры для последующей классификации обследуемых на возрастные группы с сопоставлением расчетного биологического возраста с фактическим. Результаты анализа тестового набора приведены на рис. 1.

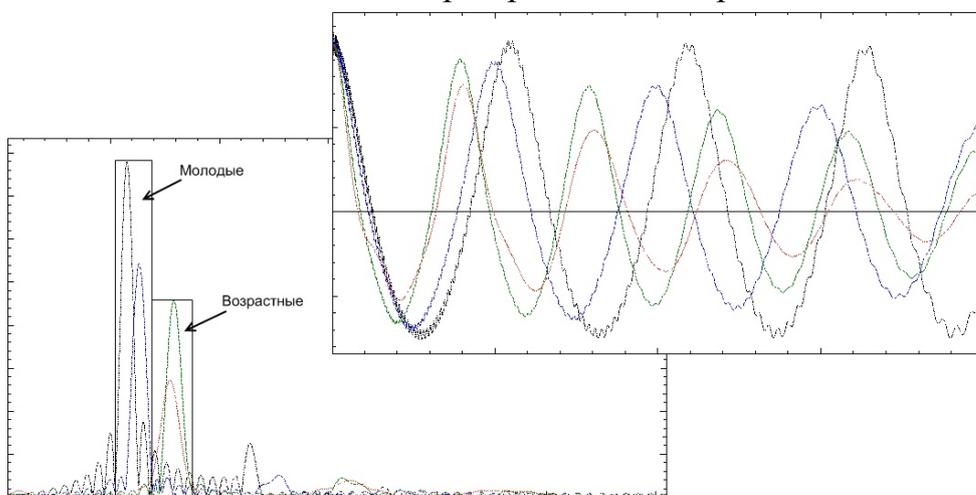


Рис.1. Результат частотно-временного анализа тестового набора

После определения квалификационных параметров перейдем к решению более общей задачи. Проведем анализ произвольного набора фотоплетизмограмм и по набору выделенных признаков произведем разбиение на возрастные группы в соответствии с биологическим возрастом. Результаты разбиения представлены на рис. 2.

Для решения поставленной задачи был создан программный комплекс, реализующий представленные в работе модели и алгоритмы. Ниже приведена экранная форма программного продукта с подсистемой спектрального анализа.

Следует отметить, что разработанный комплекс программ может применяться для решения прочих задач с определением квалификационных признаков и последующей классификацией.

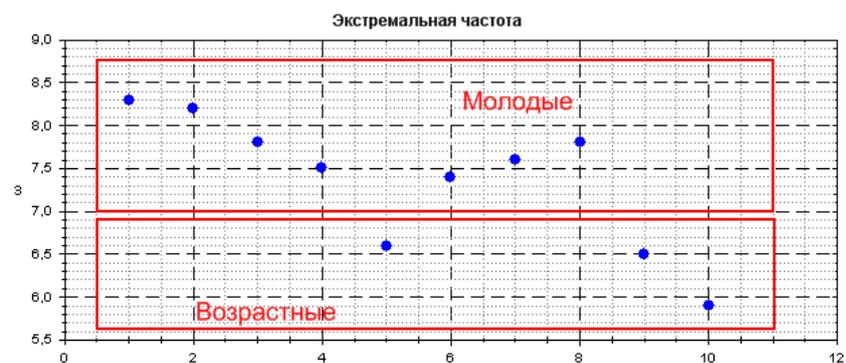


Рис.2. Классификация фотоплетизмограмм по возрастным группам

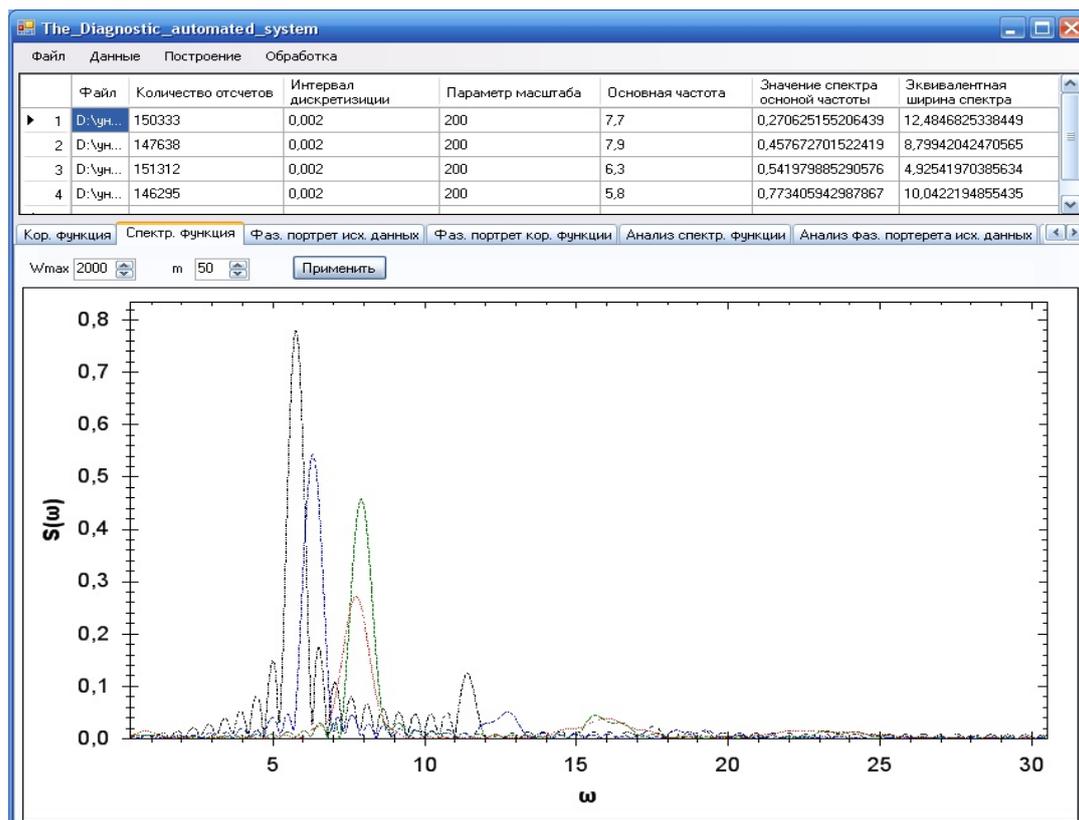


Рис. 3. Экранная форма спектрального анализа программного комплекса

Литература

1. Калакутский Л.И., Манелис Э.С. Аппаратура и методы клинического мониторинга: учеб. пособие. – М: Высш. шк., 2004. – 156 с.
2. Прикладной анализ случайных процессов/под ред. Прохорова С.А. – Самара: СНЦ РАН, 2007. – 582 с.