

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДСТВА В ЗАДАЧЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОДБОРА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ПРЕПАРАТОВ

Л.С. Файнзильберг, Т.Ю. Лебедушко

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем
НАН и МОН Украины

Сердечно-сосудистые заболевания уже давно лидируют среди других болезней, а их несвоевременное лечение остается одной из главных причин инвалидности и смерти трудоспособного населения. В то же время, согласно статистике [1], применяемые в мире лекарства, в том числе сердечно-сосудистые препараты, помимо пользы, довольно часто (от 30 до 70 % случаев) вызывают побочные действия, наносящие вред организму. Поэтому актуальным является разработка современных компьютерных средств, обеспечивающих индивидуальный подбор сердечно-сосудистых препаратов для получения требуемого лечебного эффекта при минимальных побочных действиях.

В докладе предлагается подход к решению сформулированной задачи, основанный на использовании интеллектуальных вычислительных алгоритмах анализа и интерпретации электрокардиограмм (ЭКГ). Предполагается, что математическая модель порождения ЭКГ имеет вид

$$y(t) = \Phi[\mathfrak{f}(t), \zeta(t)] + h(t), \quad (1)$$

где $\mathfrak{f}(t)$ – ненаблюдаемая периодическая функция, $\zeta(t)$ – внутреннее возмущение, $h(t)$ – внешняя аддитивная помеха, а $\Phi(\cdot)$ – неизвестная функция.

Допускается, что каждый i -й фрагмент m -го цикла ЭКГ – результат операторного преобразования над соответствующим фрагментом эталонного цикла $y_0(t)$. При таких предположениях модель порождения ЭКГ можно представить в виде

$$y_m^{(i)}(t) = (1 + \xi_m)y_0^{(i)}(\theta) + h(t), \quad m = 1, 2, \dots, \quad i = 1, \dots, K_F, \quad (2)$$

где нелинейная величина θ , имеющая размерность времени, определяется соотношением

$$\theta = \frac{t - (m-1)T_0 + (1 + \delta_m^{(i)})t_0^{(i-1)} - \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{K_F} (t_0^{(i)} - t_0^{(i-1)})\delta_j^{(i)} - \sum_{l=1}^{i-1} (t_0^{(l)} - t_0^{(l-1)})(1 + \delta_m^{(l)})}{1 + \delta_m^{(i)}}, \quad (3)$$

а $\delta_m^{(i)}$ – последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и ограниченной дисперсией.

Стохастическая модель (2),(3) позволила обосновать эффективность оригинальных компьютерных алгоритмах обработки ЭКГ, основанных на их отображении на «фазовой» плоскости $y(t) - dy(t)/dt$ [2]. Поскольку наблюдаемая ЭКГ не является периодической функцией, то траектории отдельных циклов «размываются» в фазовом пространстве, притягиваясь к некоторой локальной области – аттрактору в виде предельного цикла (рис. 1).

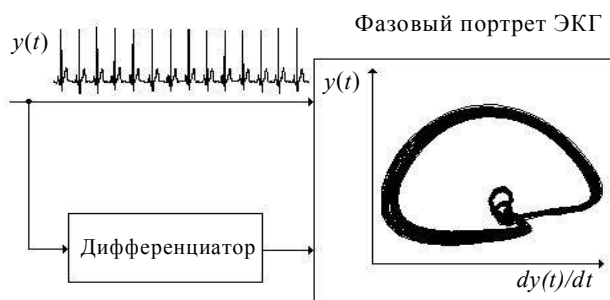


Рис. 1 – Отображение ЭКГ в координатах $y(t) - dy(t)/dt$

Предложен конструктивный алгоритм оценки эталонного цикла $y_0(t)$, основанный на усреднении ЭКГ в фазовом пространстве с использованием матрицы $D = \|R_H(Q_i, Q_j)\|$ хаусдорфовых расстояний

$$R_H(Q_i, Q_j) = \max \left\{ \max_{z_j \in Q_j} \min_{z_i \in Q_i} \rho(z_i, z_j), \max_{z_i \in Q_i} \min_{z_j \in Q_j} \rho(z_i, z_j) \right\}$$

между парами фазовых траекторий отдельных циклов, где $\rho(z_i, z_j) = \|z_i - z_j\|$ – евклидово расстояние между точками z_i и z_j на фазовой плоскости.

На рис. 2 представлена диаграмма прецедентов экспертной системы, которая ориентирована на индивидуальный подбор сердечно-сосудистых препаратов на основе компьютерной оценки динамики изменения фазовых портретов ЭКГ в процессе лечения назначенным препаратом.

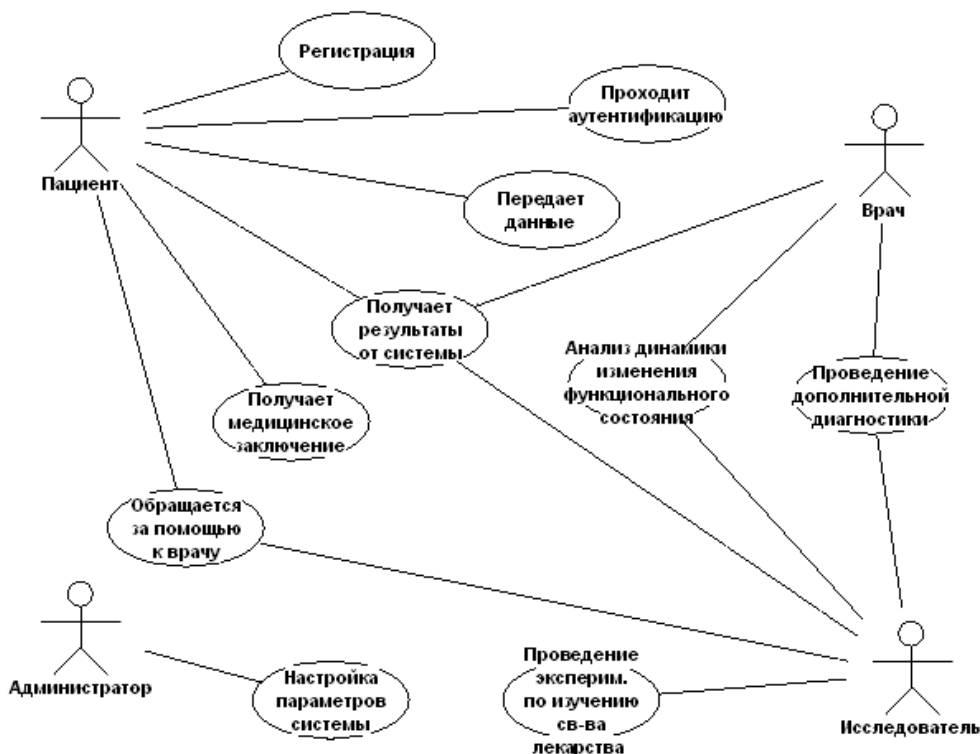


Рис. 2 – Use-case диаграмма экспертной системы для индивидуального подбора сердечно-сосудистых препаратов

В системе реализуются правила, которые по фазовым портретам ЭКГ позволяют получить дополнительную информацию о процессе лечения сердечно-сосудистыми препаратами и тем самым оптимизировать необходимые дозы и индивидуальный график приема препарата.

Литература

1. Власова И. У лекарств обнаруживается все больше побочных эффектов // Коммерческая биотехнология.– 2007. –№ 10.– С.14-19.
2. Файнзильберг Л.С. Информационные технологии обработки сигналов сложной формы. Теория и практика. – Киев: Наукова Думка, 2008.– 330 с.