

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАТЕРИАЛЫ
VI Международной молодежной
научной конференции
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ,
ТЕХНИЧЕСКИХ
И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

Томск, 24–26 мая 2018 г.

Под общей редакцией
кандидата технических наук И.С. Шмырина

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КАРДИОЛОГИЧЕСКОЙ КРИВОЙ

С.И. Самохина, М.М. Шишкин

Томский государственный университет
sv.sam.tsk@gmail.com, mikhael.shishkin@gmx.com

Введение

Важность проблем, связанных с исследованием кардиологических заболеваний, не подвергается сомнению. Сердечно-сосудистые заболевания – основная причина смертности среди населения. По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) смертность от сердечно-сосудистых заболеваний составляет 31% и является наиболее частой причиной смертельных исходов во всем мире [1].

Одной из важнейших задач современной фармакологии является создание новых кардиотропных препаратов, с помощью которых можно было бы повысить эффективность лечения сердечно-сосудистых заболеваний и реализовать проблемы современной фармакотерапии.

В последнее время все большее внимание исследователей привлекает изучение компонентного сокращения миокарда, возникающего при действии определенных фармакологических соединений.

В научных трудах [2,3] исследована возможность использования двухкомпонентного сокращения миокарда с целью изучения механизма действия кардиотропных веществ. Для анализа механизма действия этих веществ была смоделирована математическая модель компонентной структуры сокращения методом регрессионного анализа и проведен статистический анализ модели.

Целью нашей работы является создание программного комплекса, предназначенного для двухкомпонентного разложения кардиологической кривой, полученной экспериментально и проведение статистического анализа исходных данных.

1. Описание программного комплекса моделирования двухкомпонентного разложения кардиологической кривой

Use-case – диаграмма вариантов использования разрабатываемой информационной системы изображена на рис. 1.

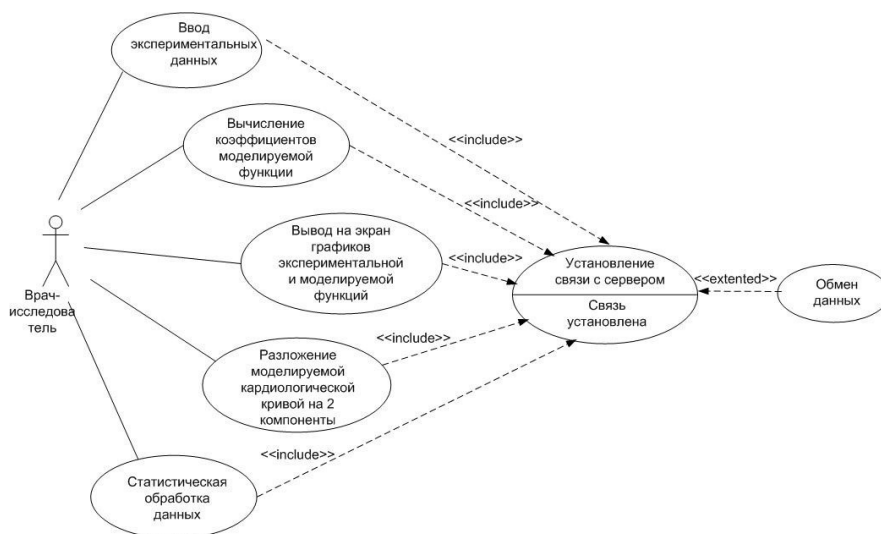


Рис. 1. Use-case схема вариантов использования

Пользователь (врач-исследователь) после запуска программы, нажав на кнопку «Загрузить данные из БД», устанавливает связь с сервером базы данных. При этом либо загружаются выбранные значения в программу, либо, если по какой-то причине не удается установить связь, возникает сообщение об ошибке.

При нажатии на кнопку «Расчёт коэффициентов», запускается модуль вычисления коэффициентов оптимизируемой функции. Вслед за этим, на основании полученных расчетных значений, автоматически строятся графики экспериментальной и двухкомпонентной моделируемой функций, а также осуществляется разложение моделируемой функции на две компоненты.

Пользователь может вычислить медицинские индексы, нажав на кнопку «Статобработка», после чего на основе найденных ранее коэффициентов и значений индексы вычисляются в автоматическом режиме.

Выбор средств разработки программного обеспечения

Программный комплекс реализован на языке программирования C# с использованием WinForms, а также СУБД MySQL.

C# – объектно-ориентированный язык программирования, базирующийся на программной платформе .NET Framework [4].

WindowsForms – интерфейс программирования приложений (API), отвечающий за графический интерфейс пользователя и являющийся частью Microsoft.NET Framework [5].

MySQL – свободная реляционная система управления базами данных [6].

Описание программного продукта

Программный комплекс включает все этапы от ввода данных, поступающих с аналого-цифрового преобразователя АЦП до получения конечных результатов обработки начальных данных и статистической обработки.

Исходными данными для программы являются экспериментальные значения, поступающие с АЦП и вводимые в базу данных. Устройство ввода данных представляет собой многоканальный аналоговый преобразователь, предназначенный для преобразования аналоговых сигналов в двенадцатиразрядный двоичный код. Эксперименты на установках проводятся сериями опытов. В каждом опыте находится по двадцать вводов. На основании введенных значений из базы данных программа осуществляет вычисление коэффициентов моделируемой функции методом градиентного спуска, а также расчёт максимумов аппроксимирующей функции для дальнейшего анализа сокращения миокарда. Рабочее окно программы представлено на рис. 2.

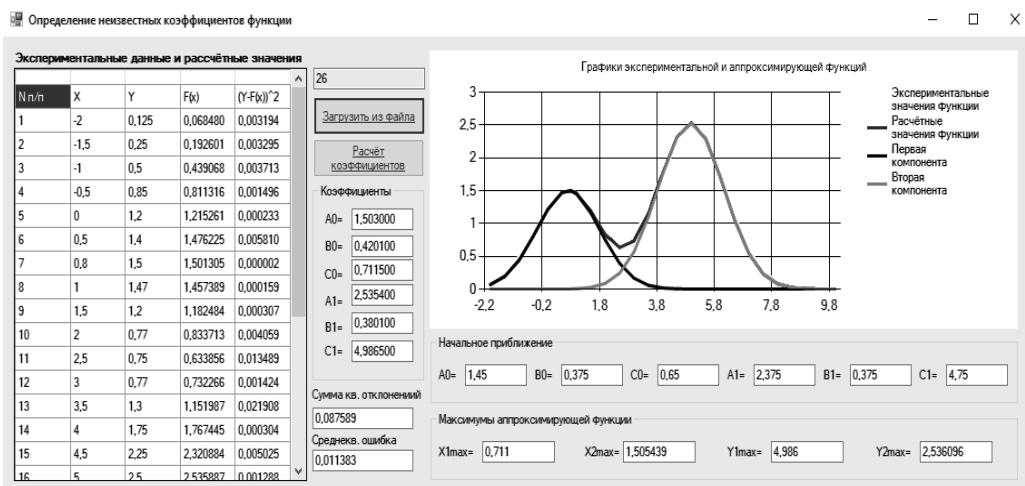


Рис. 2. Рабочее окно программы расчета моделируемой функции

В зависимости от действия введения определенного кардиотропного лекарственного препарата будет наблюдаться разложение сокращения сердечной мышцы на одну или две компоненты. После того, как будет проведено некоторое количество опытов и соберётся достаточно большой объём данных, можно провести статистический анализ – выяснить, имеется ли существенное влияние определенного лекарственного препарата на сердечную мышцу при помощи критерия Стьюдента.

2. Математическая модель компонентной структуры сокращения миокарда

Предложенная в [2–3] математическая модель компонентной структуры позволяет представить кривую сокращения миокарда в виде суммы двух отдельных модельных компонентов. Предполагается, что искомые компоненты сокращения принадлежат некоторому семейству функций $y(x, \vec{a})$, где x – время, \vec{a} – вектор параметров, определяющих конкретную форму кривой (функции), а моделью $f(x, \vec{a})$ наблюдаемой кривой силы сокращения $g(x)$ является сумма n компонентов, т.е. $f(x, \vec{a}) = \sum_{k=1}^n y(x, \vec{a}_k)$.

Поскольку на практике мы имеем дело со значениями функций в заданные моменты времени, то отсчётам наблюдаемой кривой $g(x_i)$ соответствуют отсчёты модели $f(x, \vec{a}) = \sum_{k=1}^n y(x_i, \vec{a}_k)$, $i = 1, N$, где N – количество моментов времени, в которые наблюдаются значения функций g и f .

Для оценки степени соответствия модели f и наблюдаемой кривой g выбран критерий F (среднее квадратичное отклонение), который определили как

$$F = (\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_n) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [g(x_i) - f(x_i, \vec{a})]^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[g(x_i) - \sum_{k=1}^n y(x_i, \vec{a}_k) \right]^2 \rightarrow \min.$$

При этом необходимо найти такие значения \vec{a} , при которых критерий F достигает наименьшей величины.

Были проанализированы периоды кривых сокращения сердечных мышц, которые в результате действий кардиотропных веществ, сравнивались однокомпонентными кривыми. Замечено, что кривые нарастания и спада такого одиночного компонента сокращения очень близки к экспоненциальной зависимости, при этом каждая из кривых явно отличается коэффициентами экспоненциальной функции, т.е. было выявлено, что этот период представляется в виде математической функции, задающейся в виде формулы $y = a_1 e^{-b_1(x-c_1)^2} + a_2 e^{-b_2(x-c_2)^2}$.

В случае, если регистрируемая кривая сокращения мышцы представляет собой сумму двух компонент, среднее квадратичное отклонение определится выражением

$$F = (x, a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[g(x_i) - \left(a_1 e^{-b_1(x-c_1)^2} + a_2 e^{-b_2(x-c_2)^2} \right) \right]^2.$$

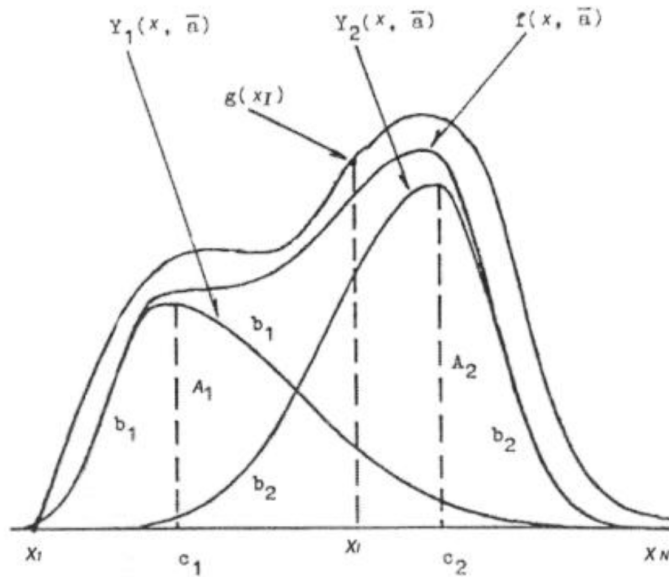


Рис. 2. Схема построения модели компонентной структуры сокращения миокарда: $g(x_i)$ – регистрируемая кривая сокращения, $f(x, \bar{a})$ – её математическая модель, $y_1(x, \bar{a})$ – первый модельный компонент, $y_2(x, \bar{a})$ – первый модельный компонент, A_1 и A_2 – амплитуды первого и второго модельных компонентов, b_1 и b_2 – коэффициенты, определяющие форму модельных кривых, c_1 и c_2 – время достижения максимумов модельных кривых, x_i и x_N – время начала и конца наблюдения.

Если разница между коэффициентами c_1 и c_2 незначительна, то на графике отчетливо виден лишь один максимум, однако в общем случае кривая имеет два максимума (рис. 2).

В модели имеется шесть оптимизационных переменных, которые полностью характеризуют две искомые компоненты. В исследовательских и научно-практических целях необходим алгоритм, осуществляющий нахождение коэффициентов a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , c_2 для того, чтобы в конечном итоге получить из функции, заданной табличным способом, разложение на отдельные компоненты.

3. Модуль вычисления коэффициентов оптимизируемой функции

Решая оптимизационным методом задачу нахождения минимальной величины критерия F , можно определить оптимальные значения этих переменных для каждой кривой сокращения мышцы. Для осуществления данной задачи воспользуемся методом градиентного спуска. Основная идея этого метода заключается в том, чтобы идти в направлении наискорейшего спуска, а это направление задается антиградиентом $-\nabla F$ [7].

Как известно, градиент функции в некоторой точке $x^{(k)}$ направлен в сторону наискорейшего локального возрастания функции. Вектор, противоположный градиенту $\nabla f(x^{(k)})$, называется антиградиентом, который направлен в сторону наискорейшего убывания функции $f(x)$.

Алгоритм метода поиска точки минимума состоит в следующем: на первом этапе берется произвольная точка $x^{(0)}$ и с помощью антиградиента $\nabla f(x^{(0)})$, вычисленного в этой точке, определяется направление, в котором функция $f(x)$ убывает с наибольшей скоростью, после этого, сделав небольшой шаг в найденном направлении, переходим в новую точку $x^{(1)}$. На следующем этапе вновь определяем наилучшее направление –

$\nabla f(x^{(1)})$, чтобы перейти в очередную точку $x^{(2)}$, и т.д. В результате проделанных действий получаем итерационный процесс следующего вида: $x^{(k+1)} = x^{(k)} - \alpha^{(k)} \nabla f(x^{(k)})$, $\alpha^{(k)} > 0$, $k = 0, 1, \dots, n$.

В данном методе величина шага $\alpha^{(k)}$ выбирается таким образом, чтобы было выполнено неравенство:

$$f(x^{(k)} - \alpha^{(k)} \nabla f(x^{(k)})) < f(x^{(k)}). \quad (1)$$

Значение функции должно убывать от итерации к итерации. Процесс выбора шага происходит следующим образом. Выбирается число, одно и то же для всех итераций. На k -й итерации проверяется выполнение неравенства (1) при шаге $\alpha^{(k)} = \alpha$. Если неравенство выполнено, полагаем шаг $\alpha^{(k)} = \alpha$ и переходим к следующей итерации. Если нет, то шаг $\alpha^{(k)}$ начинаем дробить, т.е. уменьшаем каждый раз, допустим в два раза, до тех пор, пока неравенство (8) не выполнится.

В качестве критерия останова итерационного процесса используется выполнение условия малости градиента: $\|\nabla f(x^{(k+1)})\| \leq \varepsilon$, где ε – заданная точность.

Блок-схема алгоритма расчёта коэффициентов оптимизируемой функции представлен на рис. 9.

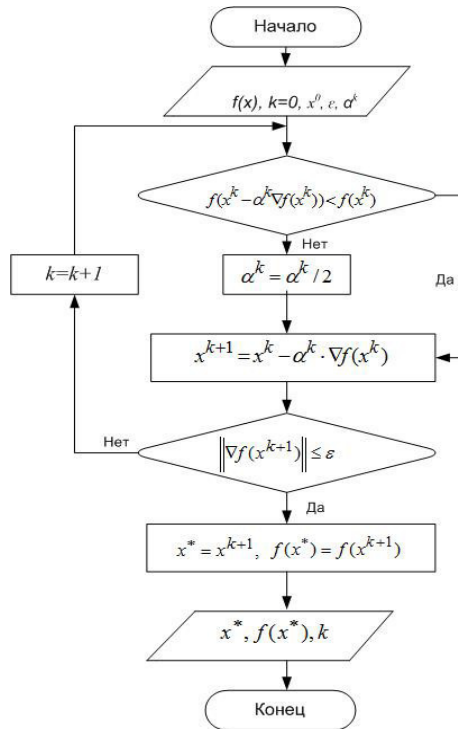


Рис. 9. Блок-схема алгоритма расчета коэффициентов оптимизируемой функции

Заключение

В ходе проделанной работы были реализованы поставленные цель и задачи:

1. Разработан программный комплекс, осуществляющий разложение кардиологической кривой на две компоненты и статистический анализ данных.
2. Реализован алгоритм вычисления коэффициентов оптимизируемой функции, описывающей разложения кардиологической кривой на две компоненты.

3. Исследована математическая модель двухкомпонентного разложения кардиологической кривой и её поведение в результате воздействия лекарственных кардиотропных препаратов.

4. Полученные результаты имеют прикладное значение, программа моделирования двухкомпонентного разложения кардиологической кривой используется для исследования сократительной активности миокарда в результате инотропного воздействия фармакологических агентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВОЗ | 10 ведущих причин смерти в мире [Электронный ресурс] – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/ru> (дата обращения 15.03.2018).
2. Богомаз С.А. Исследование действия кардиологических веществ на пулы кальция с помощью анализа компонентов структуры сокращения миокарда: дис. ... канд. мед.наук. – Томск, 1991. – 184 с.
3. Тарасенко В.Ф., Лантев Б.И. Способ компонентного анализа сокращения миокарда // Сборник трудов молодых ученых ТНЦ АМН. – 1991. – С. 44–47.
4. C Sharp [Электронный ресурс] – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/C_Sharp (дата обращения 03.04.2018).
5. Windows Forms [Электронный ресурс] – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_Forms (дата обращения 03.04.2018).
6. MySQL [Электронный ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MySQL> (дата обращения 03.04.2018).
7. Метод градиентного спуска [Электронный ресурс] – URL: <http://bukvasha.ru/referat/410263> (дата обращения 05.04.2018).

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА «H.TOGETHER»

В.А. Устинова, С.И. Самохина

Томский государственный университет
veronika.ustinova97@yandex.ru, svip@sibmail.com

Введение

Главной целью системы «H.TOGETHER» является создание информационного пространства, в котором будут предоставлены инструменты для улучшения общего самочувствия пользователя. Актуальность данного проекта обусловлена потребностью о социальном здоровье как неотъемлемой части современной общественной жизни. Программа рекомендуется для использования пользователями, которые заинтересованы в улучшении своего здоровья, также она сможет помочь специалистам в области нутрициологии, физической культуры и спорта автоматизировать расчёты, которые ранее были сделаны вручную на листке бумаги.

Здоровый образ жизни – это совокупность факторов, таких как питание, физическая активность и благоприятная окружающая среда. Человеку необходимо равновесие между поступающей с пищей энергией и энергией, расходуемой во время жизнедеятельности, т.е. баланса энергии [1].

За последние 10 лет тема здорового образа жизни стала очень популярной. В этом можно убедиться по итогам опроса, проведенного ВЦИОМ 21 марта 2018 г. [2]. По данным опросов, каждый четвертый россиянин (25%) регулярно занимается спортом, 19% граждан соблюдают специальную диету, а 41% – старается есть здоровую пищу. Отсюда можно утверждать, что забота о здоровье – очевидный тренд на рынке технологий.

Без разработки качественной ИС сейчас не обходится ни один вид деятельности, как в науке, так и в производстве и в повседневной жизни [3–7]. Наша информационная система позволяет пользователю внимательнее следить за самочувствием и регулярно отслеживать свои результаты. В качестве среды разработки использована версия Microsoft Visual Studio Express 2013 [8].