

## ВЫДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПУЛЬСОВЫХ КРИВЫХ

© 2013 В.А. Алексеев<sup>1</sup>, А.А. Дюпин<sup>2</sup>, С.И. Юран<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ижевский государственный технический университет

<sup>2</sup>Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

В статье рассмотрена методика отбора приоритетных параметров пульсовой кривой, полученной методом фотоплетизмографии. Выбранные параметры пульсовых кривых позволяют уменьшить время определения изменений состояния сердечно-сосудистой системы при обследовании большого числа животных.

Ключевые слова: база данных, пульсовая кривая, фотоплетизмография, приоритетные параметры, целевая функция.

При использовании ряда автоматизированных систем и комплексов, например, диагностических пользователь (оператор) часто сталкивается с анализом большого числа параметров, что существенно снижает оперативность принятия решений. Такая проблема возникает, например, перед биологами, врачами, ветеринарными специалистами, работающими с большим числом биообъектов [1]. Поэтому при создании таких систем встает задача ограничения информационной нагрузки на оператора за счет выделения наиболее важных параметров, с которыми он в дальнейшем и работает. Однако при решении данной задачи нередко возникает проблема сравнения разнородных параметров, имеющих различную природу.

Для ее решения в работе предложена методика многоуровневого отбора параметров для базы данных (БД). Методика разработана для выделения приоритетных параметров пульсовых кривых, косвенно отражающих объемные изменения пульсового кровенаполнения сосудов биологической ткани организма, и несущих важную информацию о состоянии сосудистой системы человека и животных [2]. Пульсовая кривая измеренная, например, методом фотоплетизмографии [3], содержит более 50 информативных параметров, обработка и интерпретация которых для большого числа биообъектов, например, животных на ферме является сложной задачей.

В основу методики положены следующие принципы:

- Параметры, хранимые в БД, должны быть

наиболее информативны.

- Параметры при вычислении должны быть менее требовательны к аппаратной части техники.

Предложено сравнительную оценку параметров пульсовой кривой проводить в следующей последовательности:

1. Формирование рабочей группы и экспертной комиссии.
2. Определение целевого назначения БД.
3. Деление параметров на группы.
4. Определение критериев оценки параметров и весовых коэффициентов.
5. Расстановка количественных и качественных значений параметров.
6. Расчет комплексных показателей параметров.
7. Проведение графического отбора параметров.

Одним из основных критериев, определяющих количество параметров вносимых в БД пульсовых кривых, является ее целевое назначение. БД может использоваться:

- в исследовательских целях. Для этого в ней должно храниться как можно больше параметров и функций. Такая БД имеет сложный интерфейс и может использоваться только квалифицированными специалистами;

- для диагностики заболеваний. В этом случае БД должна содержать только те параметры, которые используются для диагностики конкретных заболеваний, на которые она рассчитана;

- для обнаружения и своевременного оповещения об изменениях микроциркуляции в биотканях человека или животного. Для этого необходимо хранить и обрабатывать только те параметры, изменение которых информирует пользователя об отклонении состояния биообъекта от нормы с целью дальнейшей своевременной диагностики и если требуется лечения.

Разработанная БД [4] предназначена для использования в условиях животноводческих комплексов с большим числом животных и служит

*Алексеев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, ученый секретарь. E-mail: alekseev@istu.ru*  
*Дюпин Александр Алексеевич, кандидат технических наук, руководитель отдела разработки и сопровождения программного обеспечения. E-mail: adupin@mail.ru*  
*Юран Сергей Иосифович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник. E-mail: yuran-49@yandex.ru*

для реализации третьей из указанных целей.

Согласно методике (пункт 3), параметры были разбиты на группы.

Первая группа - это параметры, которые используются для вычисления других параметров; они являются первичными и должны храниться в БД. В данную группу входят измеряемые параметры (параметры которые непосредственно определяются на пульсовой кривой (рис. 1)).

Вторая группа - это визуальные параметры, которые невозможно задать числовым значением (они описывают вид определенных участков кривой).

Третья группа содержит вычисляемые параметры (параметры, вычисляемые на основе первичных параметров).

Далее были определены критерии, по которым проведена оценка параметров. Такими критериями являются (см. табл. 1):

*Зависимость от первичного параметра других параметров.* Данный критерий оценивает, какие

параметры вычисляются с помощью текущего параметра. В данном критерии анализируется количество появлений первичного параметра в формуле вычисляемого параметра.

*Принадлежность к группе.* Он оценивает важность группы параметров. Например, группа "Первичные параметры" наиболее важна, так как на ее основе вычисляются параметры из группы "Вычисляемые параметры". В результате данный критерий определяет значимость группы.

*Важность внутри группы.* Данный критерий показывает значимость параметра внутри группы. Экспертами проставляется уровень важности.

*Частота определения параметра.* Данный критерий определяет, насколько часто появляется параметр на пульсовой кривой.

*Сложность вычисления параметра.* Он учитывает количество арифметических операций, необходимых для вычисления параметра.

*Целевая функция.* Данный критерий опреде-

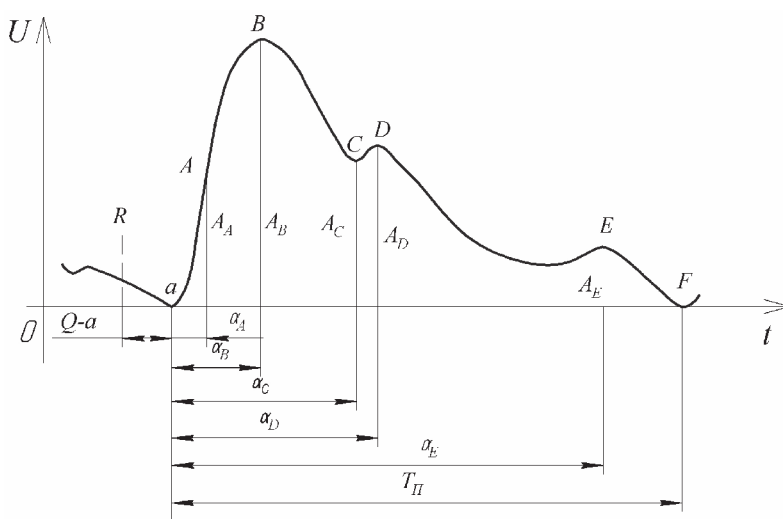


Рис. 1. Измеряемые параметры пульсовой кривой

Таблица 1. Классификация критериев определения приоритетности параметров

Критерий	Количество	Весовой коэффициент	Количественные или качественные значения критериев i-го параметра для установленных границ и их оценка в баллах			
			1	2	3	4
Зависимость от параметра	Количество	0,1	1	До 5	До 9	Более 9
	Баллы		1	2	3	4
Принадлежность к группе	Группа	0,3	I	II	III	
	Баллы		8	5	2	
Важность внутри группы	Уровень	0,2	I	II	III	IV
	Баллы		4	3	2	1
Частота определения	Количество	0,05	Очень редко	Редко	Часто	Постоянно
	Баллы		1	2	3	4
Сложность вычисления	Количество	0,05	1 или менее	До 2	До 4	Более 4
	Баллы		4	3	2	1
Целевая функция	Уровень	0,3	I	II	III	
	Баллы		5	3	1	

ляет влияние параметра на целевое назначение БД, то есть он характеризует состояние микроциркуляции животного. Уровень влияния параметра проставляется следующим образом: чем он ниже, тем более значим параметр для целевой функции.

Экспертами рабочей группы рассчитывались показатели и баллы, а правильность расчета показателей и баллов проверялась рабочей группой. Затем группа экспертов определяла коэффициенты весомости. Исходя из значений этих коэффициентов, присвоенных каждым экспертом, рассчитывался определяющий показатель, который является основой для принятия решения об определении наиболее информативных параметров.

Комплексный показатель  $F_k$ , служащий для сравнительной оценки параметров экспертами, имеет вид:

$$F_k = \sum_{j=1}^N (\alpha_j \cdot K_j), \quad (1)$$

где  $\alpha_j$  – весовой коэффициент  $j$ -го критерия;  $N$  – принятое число критериев, по которым проводится оценка параметра пульсовой кривой;  $k$  – порядковый номер параметра в конкурсной группе ( $k=1, 2, 3$  и т.д.);  $K_j$  – оценка параметра для  $j$ -го критерия.

Коэффициент  $\alpha_j$  определялся методом экспертных оценок, а критерии ( $K_j$ ) вычислялись.

Комплексный показатель  $F_k$  рассчитывался в баллах и позволял сочетать экспертные методы с расчетно-аналитическими при проведении оценки предлагаемых параметров пульсовой кривой.

Представленные выше условия формирования комплексного показателя дали возможность количественно осуществить оценку параметров пульсовой кривой, представленных на конкурс.

Также проводилось ранжирование параметров по определенным выше критериям (пункт 5 методики).

Рассмотрим параметры первой группы. От этих параметров зависят параметры третьей группы, так как вычисляются на их основе. В результате анализа частоты появления первичного параметра в формуле вычисляемого параметра экспертами были расставлены уровни важности от I до IV, а также частота определения и целевое назначение параметров данной группы. Сложность вычисления всей группы равна нулю, так как данные параметры не вычисляются.

От параметров второй группы не зависят другие параметры. Невозможно также определить сложность их вычисления, так как при вычислении этих параметров не выполняются арифметические действия. В результате значения дан-

ных критериев равны нулю. Параметры второй группы необходимо рассматривать с точки зрения важности внутри группы, частоты определения, а также с точки зрения целевой функции (насколько данный параметр может помочь в определении заболевания или отклонения от нормального состояния животного).

Третья группа оценивалась по всем критериям, перечисленным в табл. 1.

Перечисленные количественные показатели не всегда дают исчерпывающую информацию о характере пульсовой волны, поэтому немаловажное значение для диагностики имеет качественная оценка формы пульсовой кривой, нередко имеющая решающее значение.

Качественные характеристики учитываются в критерии “целевая функция”. В нашем случае необходимо отобразить параметры, изменение которых наиболее точно характеризует нарушение микроциркуляции животного. Для этого все параметры разбиты на три уровня взаимной степени зависимости параметров. В них указаны связи параметров, изменение которых ведет к изменению других параметров. Изменения параметров высшего уровня изменяют параметры низших групп. В связи с этим параметры, находящиеся на высшем уровне, получили наибольший балл.

Определение уровня зависимости происходило в несколько этапов.

На первом этапе все параметры были проанализированы с использованием математической модели целевой функции:

$$L_K = \sum_{i=1}^U a_i, \quad (2)$$

$$a_i = \begin{cases} 0; P_K \neq f(P_i) \\ 1; P_K = f(P_i) \end{cases}, \quad (3)$$

где  $L_K$  – степень зависимости  $K$ -го параметра пульсовой кривой  $P_K$ , для которого производится анализ степени зависимости значения целевой функции ( $K = 1, 2, 3 \dots U$ );  $U$  – количество параметров пульсовой кривой;  $f(P_i)$  – функция от  $i$ -го параметра пульсовой кривой;  $a_i$  – логическое значение зависимости.

Данная модель определяет степень взаимозависимости параметров. Если параметр зависит только от самого себя, то степень зависимости ( $L_K$ ) равна единице. Параметрам, которые получили степень зависимости равную 1, был присвоен первый уровень.

На втором этапе параметры, которые получили степень зависимости больше единицы, были повторно проанализированы согласно форму-

лам (2), (3), при этом в анализе не участвовали параметры первого уровня. Параметрам, которые получили степень зависимости равную 1, был присвоен второй уровень.

На следующем этапе был проведен аналогичный анализ, как и на втором этапе, при этом в анализе не участвовали параметры первого и второго уровней. Параметрам, получившим степень зависимости равную 1, был присвоен третий уровень.

Анализ проводится до тех пор, пока все параметры не будут распределены по уровням.

Алгоритм расчета показателей для проведения сравнительной оценки параметров пульсовых кривых включал:

1. Расчет показателя зависимости  $G_1$

$$G_1 = \alpha_1 KЗ$$

где КЗ – количество повторений параметра в формулах;  $\alpha_1$  – весовой коэффициент показателя.

2. Расчет показателя принадлежности к группе  $G_2$

$$G_2 = \alpha_2 КП$$

где КП – номер группы, относящейся к параметру;  $\alpha_2$  – весовой коэффициент показателя.

3. Расчет показателя важности внутри группы  $G_3$

$$G_3 = \alpha_3 KB$$

где KB – количество баллов важности, определенных комиссией для параметра;  $\alpha_3$  – весовой коэффициент показателя.

4. Расчет показателя частоты определения  $G_4$

$$G_4 = \alpha_4 КЧ$$

где КЧ – количество баллов, определенных для данной частоты появления параметра;  $\alpha_4$  – весовой коэффициент показателя.

5. Расчет показателя сложности вычисления  $G_5$

$$G_5 = \alpha_5 КС$$

где КС – количество арифметических операций для определения параметра;  $\alpha_5$  – весовой коэффициент показателя.

6. Расчет показателя целевой функции  $G_6$

$$G_6 = \alpha_6 КЦ$$

где КЦ – количество баллов, определенных комиссией для параметра;  $\alpha_6$  – весовой коэффициент показателя.

Все весовые коэффициенты  $\alpha$ , выставяемые экспертами, должны принимать значения от 0 до 1 и быть одинаковыми для всех сравниваемых параметров пульсовой кривой. Сумма их значений равна 1. Полученные результаты анализировались методами математической статистики и находились средние значения коэффициентов  $\alpha$ .

По приведенной выше методике были рассчитаны значения критериев в баллах для каждого параметра ФПГ, после чего рассчитывался комплексный показатель качества для каждого параметра ФПГ. При этом формула (1) принимает вид:

$$F_k = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6,$$

На основе полученных результатов построены графики изменения комплексного показателя от параметров.

На рис. 2 представлены графики зависимости комплексного показателя от параметра пульсовой кривой для каждой из групп параметров, где по оси абсцисс отложены порядковые номера параметров пульсовой кривой в каждой группе, а по оси ординат – значения комплексных показателей. На графиках видны границы резкого снижения значений комплексных показателей. Параметры, оказавшиеся за пределами отмеченных границ, были отброшены ввиду их относительно малой значимости для БД параметров пульсовых кривых. В результате для хранения в БД оставлено 16 первичных параметров, 5 визуальных и 7 вычисляемых параметров.

На графиках видны границы резкого снижения значений комплексных показателей. Параметры, оказавшиеся за пределами отмеченных границ, были отброшены ввиду их относительно малой значимости для БД параметров пульсовых кривых. В результате для хранения в БД оставлено 16 первичных параметров, 5 визуальных и 7 вычисляемых параметров. В табл. 2 приведен ряд выбранных параметров со значениями комплексного показателя.

Сформированный на основе предложенной методики перечень заносимых в разработанную БД параметров пульсовых кривых использован в созданном автоматизированном комплексе для исследования сосудистой системы животных на основе метода фотоплетизмографии [3]. Это позволило более чем на 50% уменьшить объем памяти для хранения параметров фотоплетизмограмм и сократить время получения необходимой информации при обследовании животных, особенно при формировании запросов, отражающих динамику изменения параметров во времени.

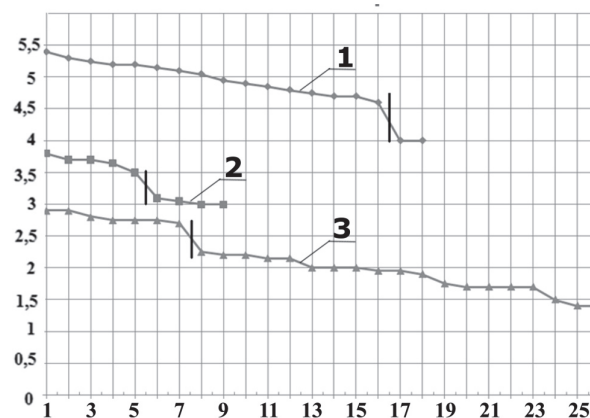


Рис. 2. Комплексные показатели параметров:

- 1 – первичные параметры;
- 2 – визуальные параметры;
- 3 – вычисляемые параметры

**Таблица 2.** Ряд приоритетных параметров, подлежащих занесению в БД

Наименование параметра	Значение комплексного показателя
Максимальная амплитуда пульсовой кривой $A_B$	5,40
Время $\alpha_D$ наступления дикротического зубца в точке $D$	5,25
Частота сердечных сокращений	5,20
Высота дикротической волны $A_D$	5,15
Высота инцизуры $A_C$	4,95
Время наступления инцизуры $\alpha_C$	4,75
Форма или конфигурация фотоплетизмограммы	3,80
Форма вершины пульсовой кривой	3,70
Длительность анакротической фазы пульсовой кривой $\alpha_B$	2,90
Длительность катакротической фазы пульсовой кривой $T_{II}-\alpha_B$	2,80
Дикротический индекс	2,75
Диастолический индекс	2,75

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" (Государственный контракт № 16.740.11.0468 от 13.05.2011).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компьютерные информационные системы в агропромышленном комплексе: монография / [В. В. Альт и др.]; под ред. В. В. Альта; РАСХН, Сиб. отд-ние; Новосибирск, ГНУ Сиб. физико-техн. ин-т аграр. проблем, 2008. 219 с.
2. Палеев Н.Р., Каевицер И.М. Атлас гемодинамических исследований в клинике внутренних болезней. М.: Медицина, 1975. 240 с.
3. Алексеев В.А., Юран С.И. Проектирование устройств регистрации гемодинамических показателей животных на основе метода фотоплетизмографии: монография. Ижевск: ИЖГСХА, 2006. 248 с.
4. Алексеев В.А., Дюпин А.А., Юран С.И. База данных параметров фотоплетизмограмм // Свидетельство "Об официальной регистрации базы данных" № 2008620029. 2008. Бюл. Пр. ЭВМ, БД, ТИМС №1.

#### THE SEPARATION PRIORITY PARAMETER FOR DATABASE PULSE CURVES

© 2013 V.A. Alekseev<sup>1</sup>, A.A. Dyupin<sup>2</sup>, S.I. Yuran<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Izhevsk State Technical University

<sup>2</sup> Izhevsk State Agricultural Academy

In article the technique of selection of priority parameters of the pulse curve received by a method photoplethysmography (PPG) is considered. Selected options pulse curves allow to reduce a time of definition of a change of state of cardiovascular system at diagnostic study of the big number of animals. Key words: database, pulse curve, photoplethysmography, priority parameters, goal function.

Vladimir Alekseev, Doctor of Technics, Professor; Scientific Secretary of University. E-mail: alekseev@istu.ru

Aleksandr Dyupin, Candidate of Technics, head at the Development and Accompaniments of Software Department. E-mail: adupin@mail.ru

Sergey Yuran, Doctor of Technics, Professor, Chief Research Fellow. E-mail: yuran-49@yandex.ru