

Общероссийский математический портал

А. Ю. Столяров, А. А. Гребенникова, Моделирование шкалы оценок состояния здоровья пациента с хронической сердечной недостаточностью на основе данных телемониторинга, *Вестник ВолГУ. Серия 1. Математика. Физика*, 2016, выпуск 6(37), 155–165

DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu1.2016.6.14>

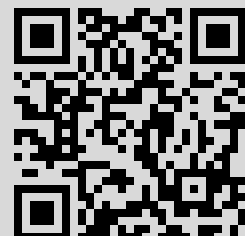
Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 188.233.16.120

26 сентября 2017 г., 09:28:59





DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu1.2016.6.14>

УДК 519.652

ББК 22.17

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ШКАЛЫ ОЦЕНОК СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАЦИЕНТА С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ТЕЛЕМОНИТОРИНГА<sup>1</sup>

**Александр Юрьевич Столяров**

Аспирант кафедры компьютерных наук и экспериментальной математики,  
Волгоградский государственный университет  
stolyarovalex@list.ru, kiem@volsu.ru  
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

**Анна Алексеевна Гребенникова**

Аспирант кафедры кардиологии с функциональной и лабораторной диагностикой,  
Волгоградский государственный медицинский университет  
greben50@rambler.ru  
площадь Павших Борцов, 1, 400131 г. Волгоград, Российская Федерация

**Аннотация.** В настоящей работе рассматривается вопрос оптимизации ведения пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН). В качестве такой оптимизации предложена система оценок состояния здоровья пациентов с ХСН. В статье определены критерии оценки по данным телемониторинга и их параметры. Составлены и заполнены докторами оценочные формы для формирования базы данных экспертных оценок. Далее проводится интерполяция полученных данных для частных случаев. В результате был получен готовый набор шкал для оценки состояния здоровья пациента по трем критериям.

**Ключевые слова:** экспертная система, шкала оценок, телемониторинг, интерполяция, хроническая сердечная недостаточность.

### Введение

В последнее время все большую популярность обретают междисциплинарные исследования, целью которых является создание новых подходов к решению классических задач. К их числу относятся и исследования в области построения экспертных систем в медицине, направленных на улучшение качества обслуживания и ведения пациентов.

Наиболее актуальным разделом медицины для построения таких систем является кардиология ввиду большого числа заболеваний и их критичности. В качестве объекта исследования было взято заболевание хронической сердечной недостаточности (ХСН), которое является огромной проблемой современности — в мире около 26 млн человек страдают ХСН, из них 7,9 млн проживают в России [2]. Высокая смертность среди пациентов с ХСН заставляет искать новые пути оптимизации ведения пациентов для улучшения качества и продолжительности жизни. Одним из эффективных способов такой оптимизации является своевременное предупреждение пациента о критичности состояния его здоровья.

Так, в рамках разработки платформы удаленного мониторинга пациентов с ХСН на базе мобильного приложения (рис. 1) было предложено создать систему оценок текущего состояния здоровья пациента на основе данных телемониторинга. Эта система позволила бы больным получать оценку своего состояния здоровья без участия доктора, а докторам иметь дополнительный инструмент рекомендательного характера, помогающий в обслуживании и ведении пациентов. В данной статье представлены результаты работы над созданием данной системы, которые являются следствием сотрудничества с работниками Волгоградского областного клинического кардиологического центра.

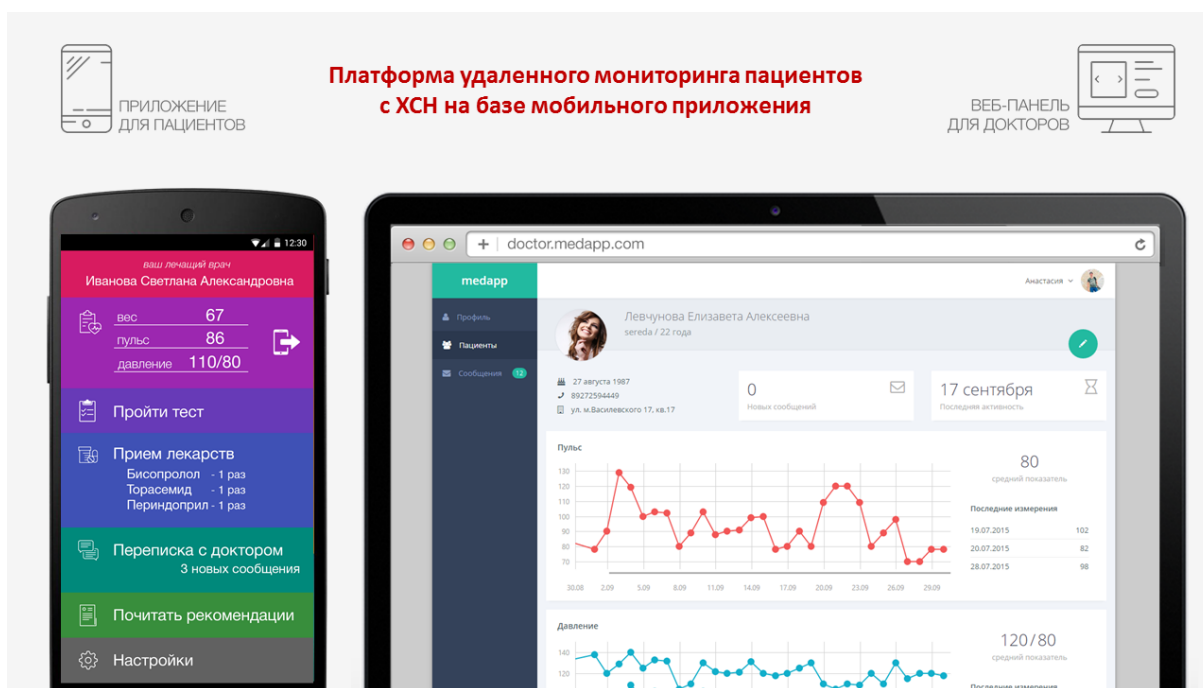


Рис. 1. Интерфейс платформы удаленного мониторинга пациентов, в рамках которого разрабатывается система оценок на основе данных телемониторинга

### 1. Определение критериев оценки состояния здоровья пациентов

Для начала нужно дать определение такому понятию, как телемониторинг. Телемониторинг — это беспроводная передача врачу цифровых медицинских данных о состоянии здоровья пациента не выходя из дома. К данным о состоянии здоровья обычно относят те, которые пациент сам в силах измерить или высчитать. В большинстве

случаев это данные о весе, пульсе и давлении. Именно на их оценку мы и будем ориентироваться в этой статье.

Заключение о состоянии здоровья пациента по каждому из критериев данных телемониторинга будет производиться в виде оценки от 0 до 10, где 0 обозначает смертельное или несуществующее состояние, а 10 — идеальное состояние, в котором у пациента будет происходить декомпенсация заболевания. Поэтому в ходе работы с докторами-кардиологами акцентировалось внимание на поиск параметров, которыми они руководствуются при заключении о состоянии здоровья пациентов.

Было выявлено, что оценка состояния по критерию ПУЛЬС состоит из двух параметров: максимальное и среднее значение пульса пациента за неделю. Однако при дальнейшей работе оказалось, что шкала оценки, представленная на рисунке 2, будет варьироваться в зависимости от сопутствующих болезней пациента, а именно при наличии аритмии или проблемах в легких. К примеру, для человека с ХСН и аритмией разброс в значениях нормального пульса будет больше, чем у человека с ХСН, но без аритмии. Поэтому параметр, отвечающий за наличие сопутствующих заболеваний у пациента, также будет взят в рассмотрение.

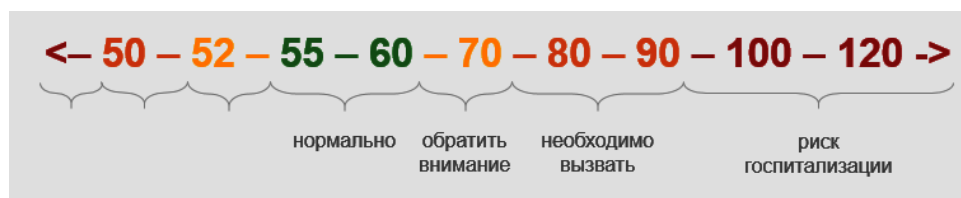


Рис. 2. Примерная шкала оценки, которой руководствуется доктор при заключении о состоянии здоровья пациента по данным о пульсе

Далее в рассмотрение возьмем критерий ВЕС. Кроме такого параметра, как индекс массы тела, доктору важны данные о прибавке пациента за неделю, так как большая прибавка говорит о несоблюдении правильного питания, что скажется на его самочувствии. Большая потеря веса при малом индексе массы тела также является тревожным знаком и заставляет доктора обратить внимание на образ жизни пациента.

Немного сложнее происходит оценка по критерию ДАВЛЕНИЕ (рис. 3), так как тут включается в рассмотрение сразу четыре параметра: среднее за неделю систолическое и диастолическое давление, возраст и сопутствующие заболевания. Такое разнообразие параметров прежде всего является следствием прямой зависимости значений нормального давления от возраста пациента. К числу сопутствующих заболеваний, влияющих на оценку, доктора относят диабет, заболевания почек и наличие ранее тяжелых госпитализаций из-за проблем с сердцем.

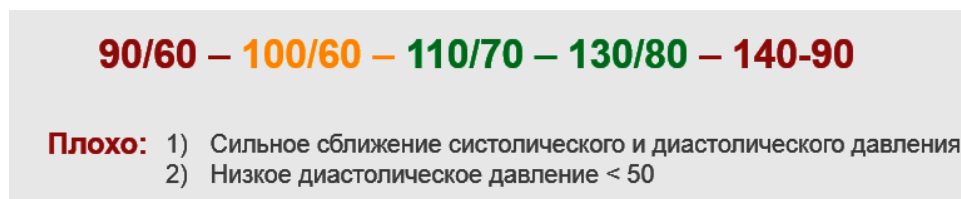


Рис. 3. Примерная шкала оценки, которой руководствуется доктор при заключении о состоянии здоровья пациента по данным о давлении

2. Наполнение базы данных экспертных оценок

Общение с докторами-кардиологами позволило понять примерный алгоритм оценки состояния здоровья и составить оценочные формы для заполнения базы знаний по каждому из критериев. Составление оценочных форм происходило с соблюдением следующих принципов [3]:

- в оценке каждого критерия должны фигурировать все параметры, оказывающие влияние на оценку;
- шаг в значении числовых параметров не должен быть слишком маленьким, для того чтобы сократить затраты на заполнение форм;
- оценочная форма должна иметь простой и понятный вид.

Для оценочных форм использовались Excel таблицы, которые позже были отправлены докторам-кардиологам на заполнение. Результаты заполнения демонстрируются на рисунках 4, 5, 6.

ВЕС	Прибавка за неделю														Шкала оценки				
	-7	-5	-4	-3	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2	3		4	5	7	
Индекс массы тела	16	1	1	3	3	3	5	5	6	8	7	7	6	4	3	3	3	2	0 смертельно
	17,5	1	2	3	3	3	5	5	7	8	7	7	6	4	3	3	3	2	1 критично
	18,5	1	2	3	3	4	4	5	8	10	8	5	5	3	3	2	2	1	2
	20	1	2	3	3	4	5	8	9	10	8	6	5	3	3	2	2	1	3 плохо
	22	1	2	3	3	5	6	8	9	10	8	6	5	3	3	2	2	1	4
	24	1	2	3	3	5	6	8	9	10	8	6	5	3	3	2	2	1	5 среднее стабильное
	25,5	1	2	3	3	5	7	8	9	10	8	6	5	3	3	2	2	1	6
	27	1	2	3	3	5	7	9	9	9	8	6	5	3	3	2	2	1	7 хорошо
	29	1	2	3	4	6	8	9	9	8	8	6	4	3	3	2	1	1	8
	31	1	2	3	5	7	9	10	10	7	6	5	4	3	3	2	1	1	9 отлично
	33	3	4	4	5	8	9	10	10	6	5	4	3	3	3	2	1	1	10 идеально
	35	3	5	5	9	10	9	8	7	5	4	4	3	3	3	2	1	1	
	37	4	5	5	9	10	9	8	7	5	4	4	3	3	3	2	1	1	
	40	6	6	6	9	10	9	8	7	5	4	4	3	3	3	2	1	1	

Рис. 4. Заполненная оценочная форма для критерия ВЕС и шкала оценки

Пациенты со следующими параметрами																	с аритмией		без проблем в легких																		
пульс	Среднее за неделю																	Среднее за неделю																			
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	
Максимальное за неделю	45	4	4	4	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	5	4	4	3	3	3	4	4	6	6	6	5	5	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	50	4	5	5	7	7	6	6	6	6	4	4	6	6	5	4	4	3	3	4	5	5	7	7	6	6	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	55	4	9	10	10	9	8	7	7	7	6	6	6	6	5	4	4	3	3	4	9	10	10	9	8	6	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	60	6	9	10	10	10	9	7	7	7	6	6	6	6	5	4	4	3	3	6	9	10	10	9	9	6	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	65	6	8	10	10	10	9	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	6	8	10	10	9	9	7	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	
	70	6	8	9	10	10	9	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	6	8	9	10	9	9	7	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	
	75	6	8	9	10	10	9	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	6	8	9	9	9	8	7	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	
	80	6	7	9	10	10	9	8	8	8	6	6	5	5	4	4	3	3	6	7	9	9	8	8	7	7	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	
	85	6	7	9	10	10	9	8	8	8	6	6	5	5	4	4	3	3	6	7	8	8	7	7	7	6	6	4	4	3	3	3	3	2	2	2	
	90	5	6	9	9	9	9	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	5	6	8	8	7	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	95	5	6	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5	5	4	4	3	3	5	6	7	7	7	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	100	5	6	7	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	4	4	3	3	4	4	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2
	105	5	6	7	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	4	4	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	
	110	5	6	7	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	4	4	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	
115	4	6	7	7	6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	3	3	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2		
120	4	6	6	6	6	6	6	6	6	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2		
125	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	5	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2		
130	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2		

Рис. 5. Часть заполненной оценочной формы для критерия ПУЛЬС

Заполненные оценочные формы далее переносятся в базу экспертных оценок. Стоит отметить, что запись в базу данных о сопутствующих заболеваниях пациента осуществ-

ляется по стандарту С99, позволяющему описывать данные на уровне битов. В итоге каждой из комбинации заболеваний пациента соответствует определенное число, в битовом представлении которого отдельный бит отвечает за наличие или отсутствие определенного заболевания. Используется следующее соответствие:

- 0-й бит — диабет;
- 1-й бит — проблемы с почками;
- 2-й бит — наличие в прошлом тяжелых госпитализаций (применение дофамина или левосимендана);
- 3-й бит — аритмия;
- 4-й бит — проблемы с легкими.

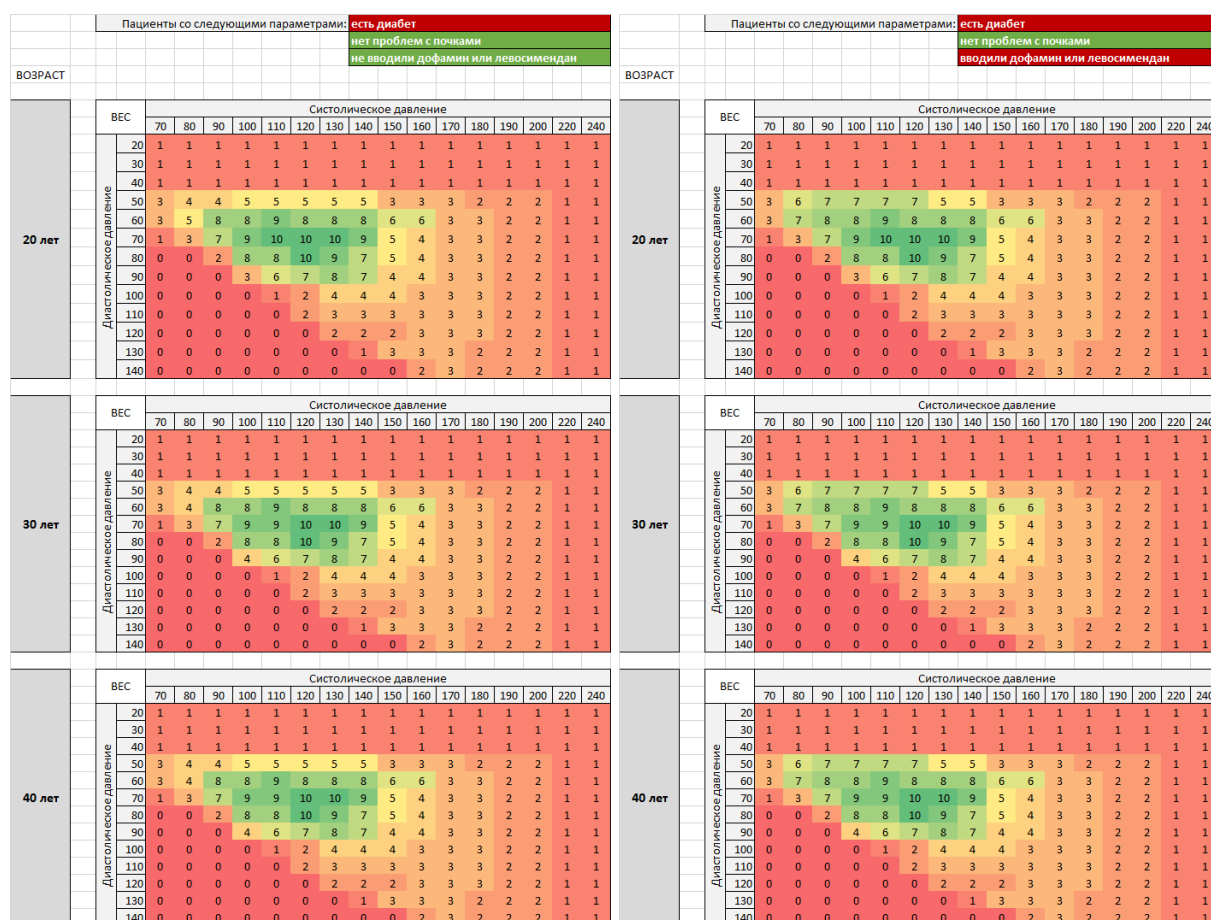


Рис. 6. Часть заполненной оценочной формы для критерия ДАВЛЕНИЕ

К примеру, для пациента, у которого есть проблемы с почками, диабет и аритмия, будет соответствовать последовательность бит 01011, что является числом 11. Такая схема упрощает хранение данных в базе и позволяет максимально быстро производить их выборку.

### 3. Интерполяция данных из базы и построение шкалы оценок

Ввиду того, что база экспертных оценок составляется только для определенных случаев, будем проводить интерполяцию полученных данных на сетке более мелкого

размера (частные случаи). Это позволит устанавливать оценку для более редких случаев без лишних затрат к заполнению со стороны докторов.

Первый этап заключается в усреднении всех собранных данных, что позволяет избавиться от субъективности произведенных оценок. Возможность усреднения оценок является следствием идентичных сеток, по которым происходило заполнение оценочных форм отдельными докторами.

Следующим шагом является разработка отдельных классов для каждого из критериев, отвечающих за выборку из базы данных, реализацию определенного метода интерполяции и оценку состояния здоровья по определенному набору значений параметров. Далее в тексте будет использоваться понятие «точка» как набор значений параметров по рассматриваемому критерию.

Оценку по критерию ВЕС определяют 2 параметра, на которые ориентируется доктор, что позволяет воспользоваться методом бикубической интерполяции. Обозначим за  $w_{i,j}$  среднее значение оценки в точке  $(x_i, y_j)$  заполненной докторами оценочной формы, тогда значение  $w$  оценки в произвольной точке  $(x, y)$  вычисляется через значения в 16 соседних точках по следующей формуле:

$$w = \sum_{a=-1}^2 \sum_{b=-1}^2 w_{i+a, j+b} \cdot \prod_{\substack{k=-1 \\ k \neq a}}^2 \frac{x - x_{i+k}}{x_{i+a} - x_{i+k}} \cdot \prod_{\substack{l=-1 \\ l \neq b}}^2 \frac{y - y_{j+l}}{y_{j+b} - y_{j+l}}.$$

В результате мы получим шкалу оценок по критерию ВЕС (рис. 7).

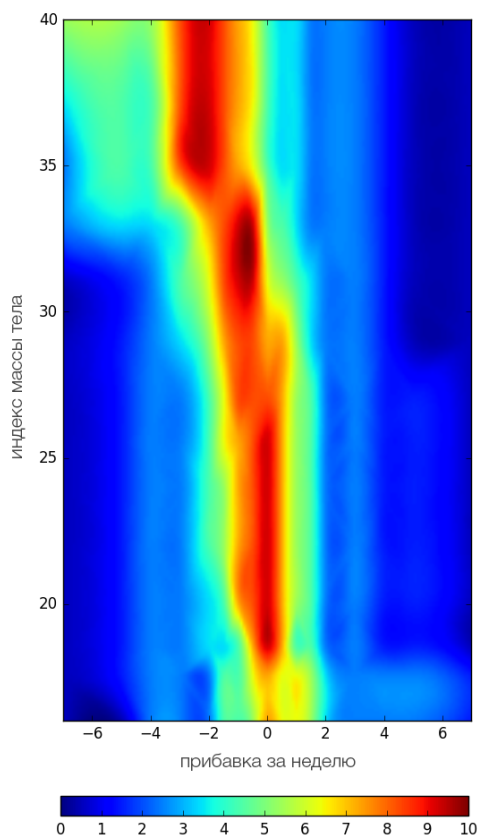


Рис. 7. Результат интерполяции оценок из базы данных по критерию ВЕС

Следующим критерием рассмотрим ПУЛЬС. Данный критерий определяют 3 параметра, однако один из них отвечает за сопутствующие болезни пациента и не нуждается в интерполяции ввиду охвата всего числа всевозможных значений параметра еще на стадии заполнения оценочных форм. Поэтому выборка из базы данных будет проводиться уже непосредственно с учетом значения  $s$  по параметру, отвечающему за сопутствующие болезни. Это означает, что в интерполяцию нужно включить только 2 параметра. В этом случае мы можем воспользоваться знакомой уже ранее бикубической интерполяцией. Обозначим за  $p_{i,j,s}$  среднее значение оценки в точке  $(x_i, y_j, s)$  заполненной докторами оценочной формы, где  $s$  — рассматриваемое значение параметра, отвечающего за сопутствующие заболевания. Тогда значение  $p$  оценки в произвольной точке  $(x, y, s)$  вычисляется через значения в 16 соседних точках плоскости  $z = s$  по следующей формуле:

$$p = \sum_{a=-1}^2 \sum_{b=-1}^2 p_{i+a, j+b, s} \cdot \prod_{\substack{k=-1 \\ k \neq a}}^2 \frac{x - x_{i+k}}{x_{i+a} - x_{i+k}} \cdot \prod_{\substack{l=-1 \\ l \neq b}}^2 \frac{y - y_{j+l}}{y_{j+b} - y_{j+l}}.$$

В результате мы получим следующую шкалу оценок по критерию ПУЛЬС (см. рис. 8).

Последним и обширным критерием является ДАВЛЕНИЕ. Для данного критерия было определено 4 параметра, однако, как и в случае с критерием ПУЛЬС, один из них отвечает за сопутствующие болезни, а значит не будет включен в интерполяцию. В результате появляется задача интерполяции по 3 параметрам, для решения которой воспользуемся методом трилинейной интерполяции [1]. Обозначим за  $r_{i,j,k,s}$  среднее значение оценки в узле сетки  $(x_i, y_j, z_k, s)$  заполненной докторами оценочной формы, где  $s$  — рассматриваемое значение параметра, отвечающего за сопутствующие заболевания. Тогда значение оценки  $r$  в произвольной точке  $(x, y, z, s)$  в этом методе вычисляется через значения в 8 соседних точках пространства  $t = s$  по следующей формуле:

$$\begin{aligned} r = & \frac{(x - x_{i+1})(y - y_{j+1})(z - z_{k+1})}{(x_i - x_{i+1})(y_j - y_{j+1})(z_k - z_{k+1})} r_{i,j,k,s} + \\ & + \frac{(x - x_i)(y - y_j)(z - z_k)}{(x_{i+1} - x_i)(y_{j+1} - y_j)(z_{k+1} - z_k)} r_{i+1,j+1,k+1,s} + \\ & + \frac{(x - x_i)(y - y_{j+1})(z - z_{k+1})}{(x_{i+1} - x_i)(y_j - y_{j+1})(z_k - z_{k+1})} r_{i+1,j,k,s} + \\ & + \frac{(x - x_{i+1})(y - y_j)(z - z_k)}{(x_i - x_{i+1})(y_{j+1} - y_j)(z_{k+1} - z_k)} r_{i,j+1,k+1,s} + \\ & + \frac{(x - x_{i+1})(y - y_j)(z - z_{k+1})}{(x_i - x_{i+1})(y_{j+1} - y_j)(z_k - z_{k+1})} r_{i,j+1,k,s} + \\ & + \frac{(x - x_i)(y - y_{j+1})(z - z_k)}{(x_{i+1} - x_i)(y_j - y_{j+1})(z_{k+1} - z_k)} r_{i+1,j,k+1,s} + \\ & + \frac{(x - x_{i+1})(y - y_{j+1})(z - z_k)}{(x_i - x_{i+1})(y_j - y_{j+1})(z_{k+1} - z_k)} r_{i,j,k+1,s} + \\ & + \frac{(x - x_i)(y - y_j)(z - z_{k+1})}{(x_{i+1} - x_i)(y_{j+1} - y_j)(z_k - z_{k+1})} r_{i+1,j+1,k,s}. \end{aligned}$$



В результате мы получаем трехмерную шкалу оценок с выборкой по определенному набору сопутствующих заболеваний у пациента. Рисунок 9 демонстрирует обилие числа параметров для данного критерия.

Как результат мы имеем готовый набор шкал для оценки состояния здоровья пациента по трем критериям.

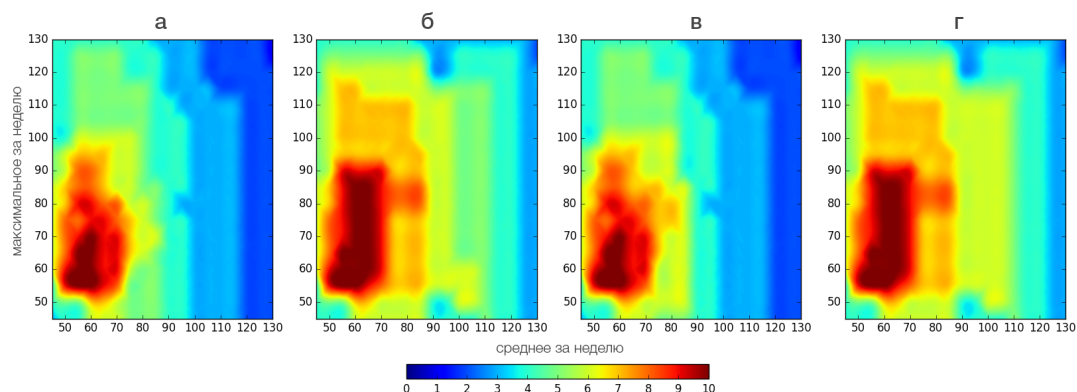


Рис. 8. Результат интерполяции оценок из базы данных по критерию ПУЛЬС, где *а* — шкала оценок для пациентов без сопутствующих болезней, влияющих на оценку; *б* — с аритмией; *в* — с проблемами в легких; *г* — с аритмией и проблемами в легких

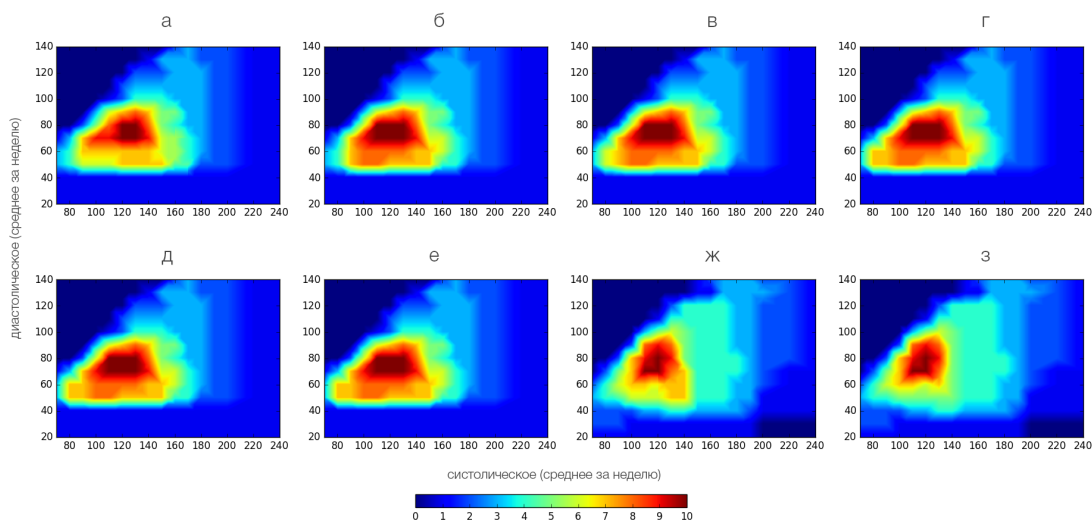


Рис. 9. Результат интерполяции оценок из базы данных по критерию ДАВЛЕНИЕ для возраста 65 лет, где *а* — шкала оценок для пациентов без сопутствующих болезней; *б* — с диабетом; *в* — с проблемами в почках; *г* — с диабетом и проблемами в почках; *д* — с тяжелыми госпитализациями ранее; *е* — с диабетом и тяжелыми госпитализациями ранее; *ж* — с проблемами в легких и тяжелыми госпитализациями ранее; *з* — с диабетом, проблемами в почках и тяжелыми госпитализациями ранее

#### 4. Анкетирование пациента и заключение о его состоянии здоровья

Для демонстрации возможностей составленной системы оценок состояния здоровья пациентов была составлена электронная анкета, заполнив которую пациент может получить заключение о своем состоянии здоровья (см. рис. 10, 11).

Программа была написана на языке Python с библиотекой SciPy и использовала собранную базу экспертных оценок и описанные выше алгоритмы интерполяции. Для отображения оценочных шкал использовалась библиотека matplotlib.

```

Ваш возраст: 64
Ваш рост: 171
Ваш вес: 69

Есть ли у вас диабет? (1-да, 0-нет): 1
Есть ли у вас проблемы с почками? (1-да, 0-нет): 0
Вводили ли вам дофамин или левосимендан? (1-да, 0-нет): 0
Есть ли у вас аритмия? (1-да, 0-нет): 1
Есть ли у вас проблемы с лёгкими? (1-да, 0-нет): 0

Среднее давление за неделю (систолическое): 117
Среднее давление за неделю (диастолическое): 75
Среднее значение пульса за неделю: 67
Максимальное значение пульса за неделю: 98
Прибавка веса за неделю (в кг.): 0.6

Оценка состояния здоровья по критерию ДАВЛЕНИЕ: 10.0
                                         ПУЛЬС: 6.87511319949
                                         ВЕС: 7.49134658041

```

Рис. 10. Анкетирование пациента и вывод заключения о его состоянии здоровья

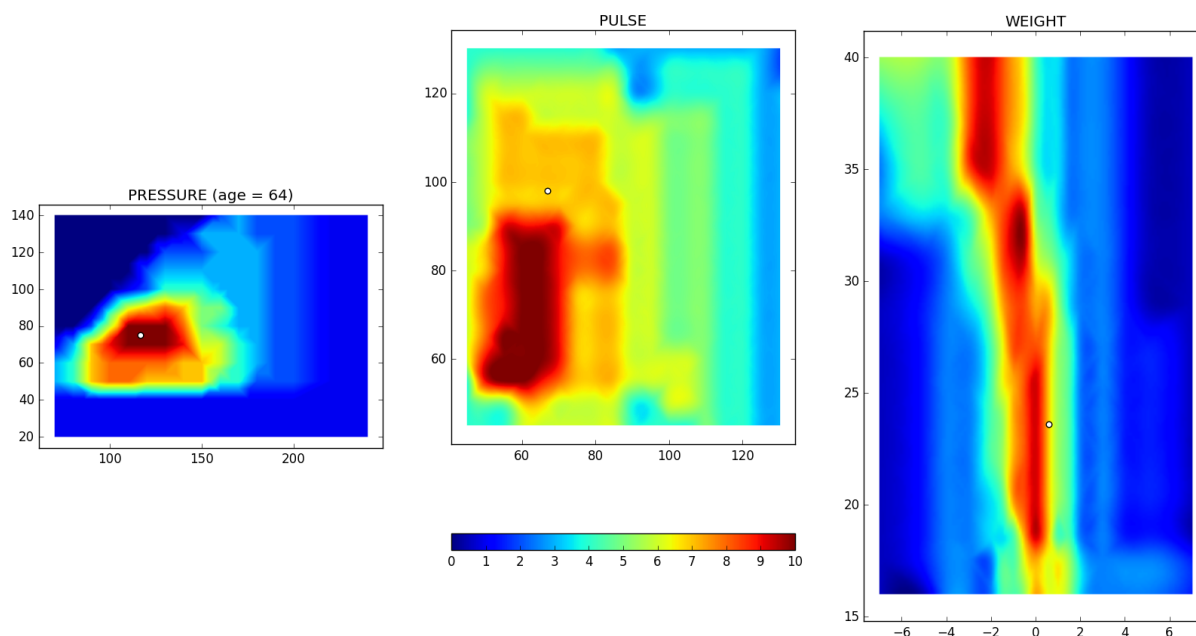


Рис. 11. Визуальная демонстрация произведенной оценки

Стоит отметить, что при интегрировании данной системы в платформу удаленного мониторинга пациентов некоторые из параметров пациента будут заполняться автоматически из карточки и не потребуют отдельных вычислений от пациента.

### **Заключение**

В данной статье представлены результаты работы над созданием системы оценок для пациентов с хронической сердечной недостаточностью. В рассмотрение были взяты 3 критерия: ВЕС, ПУЛЬС и ДАВЛЕНИЕ. Произведена работа по наполнению базы данных экспертных оценок по каждому из этих критериев и разработана программа просчета оценок для частных случаев путем интерполяции собранных данных. Наглядно продемонстрированы результаты работы, а также отображены области применения данной системы.

Полученные результаты раскрывают потенциал использования автоматизированного заключения о состоянии здоровья пациентов на основе базы экспертных оценок. Поэтому представленный список критериев оценки в дальнейшем может расширяться — так могут быть добавлены критерии САМОКОНТРОЛЬ, ЖИДКОСТИ и ПРИНИМАЕМЫЕ ЛЕКАРСТВА. Такое расширение позволит производить более точную оценку состояния здоровья пациента и поможет в акцентировании внимания как пациента, так и доктора на возникающие проблемы. В дальнейшем система будет интегрирована в платформу удаленного мониторинга пациентов и будет способствовать улучшению качества ведения пациентов на расстоянии.

### **ПРИМЕЧАНИЕ**

<sup>1</sup> Авторы выражают свою благодарность Ю.М. Лопатину за ценные консультации и руководству Волгоградского областного клинического кардиологического центра за сотрудничество.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Калиткин, Н. Н. Численные методы / Н. Н. Калиткин. — СПб. : БХВ-Петербург, 2011. — 511 с.
2. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр) / В. Ю. Мареев, Ф. Т. Агеев, Г. П. Арутюнов, А. В. Коротеев, Ю. В. Мареев, А. Г. Овчинников // Журнал Сердечная Недостаточность. — 2013. — Т. 14, № 7 (81). — С. 379–472.
3. Продеус, А. Н. Экспертные системы в медицине / А. Н. Продеус, Е. Н. Захрабова. — Киев : Век, 1998. — 320 с.

### **REFERENCES**

1. Kalitkin N.N. *Chislennyye metody* [Computational Methods]. Saint Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2011. 511 p.
2. Mareev V.Yu., Ageev F.T., Arutyunov G.P., Koroteev A.V., Mareev Yu.V., Ovchinnikov A.G. *Natsionalnye rekomendatsii OSSN, RKO i RNMOT po diagnostike i lecheniyu KhSN (chetvertyy peresmotr)* [National Recommendations SSHF, RCS and RSMST for the Diagnosis and Treatment of CHF (Fourth Revision)]. *Zhurnal Serdechnaya Nedostatochnost*, 2013, vol. 14, no. 7 (81), pp. 379-472.
3. Prodeus A.N., Zakhrabova E.N. *Ekspertnyye sistemy v meditsine* [Expert Systems in Medicine]. Kiev, Vek Publ., 1998. 320 p.

**MODELING OF HEALTH EVALUATIONS SCALE OF PATIENTS  
WITH CHRONIC HEART FAILURE BASED ON TELEMONITORING DATA****Alexander Yuryevich Stolyarov**

Postgraduate Student, Department of Computer Science and Experimental Mathematics,  
Volgograd State University  
stolyarovalex@list.ru, kiem@volsu.ru  
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

**Anna Alekseevna Grebennikova**

Postgraduate Student, Department of Cardiology  
with Functional and Laboratory Diagnostics,  
Volgograd State Medical University  
greben50@rambler.ru  
Pavshikh Bortsov Sq., 1, 400131 Volgograd, Russian Federation

**Abstract.** In this article the monitoring optimization issue of patients with chronic heart failure is considered. As such optimization we proposed to develop evaluation system, that will help patients obtain opinion of their health without the participation of doctors, and for doctors will give a recommendation tool to help in patient's treatment.

In the proposed system, the conclusion about patient health under a separate criterion of telemonitoring data is evaluated from 0 to 10. 3 evaluation criteria are defined: WEIGHT, PULSE, BLOOD PRESSURE. In the evaluation by criterion PULSE there are 3 parameters: the maximum and the average of patient heart rate per week, the patient's concomitant diseases (arrhythmia, a problem in the lungs); in the evaluation by criterion WEIGHT — 2 parameters: body mass index (BMI) and weight gain per week; in the evaluation by criterion BLOOD PRESSURE — 4 parameters: systolic and diastolic blood pressure, age and comorbidities (diabetes, kidney failure, the presence of the previously heavy hospitalizations due to heart problems).

Further, the article demonstrates the evaluation forms for each of the criteria that have been filled by cardiologists. Data from these forms became the basis of expert evaluations database. Since this database was compiled only for certain cases, it was proposed interpolate the received data on particular cases. For criteria WEIGHT and PULSE used bicubic interpolation, for criterion BLOOD PRESSURE — trilinear interpolation. At the end of the interpolation ready-made set of scales was obtained to evaluate patient health based to three criteria. To demonstrate the possibility of evaluations system of patient health questionnaire was prepared that the patient can fill out and get to know about their health condition.

The results disclose a potential of automated medical assessment based on expert evaluations database. In conclusion, the article proposed the expansion of criteria list and the use of final system in a remote patient monitoring platform.

**Key words:** expert system, evaluations scale, telemonitoring, interpolation, chronic heart failure.