

Оценка корреляции и взаимосвязи параметров состояния пациента

А.В. Павловский, А.А. Филипас

Научный руководитель: доцент, к.т.н., А.А. Филипас

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: avp135@tpu.ru

Assessment of correlation and interrelation of patient state parameters

A.V. Pavlovsky, A.A. Filipas

Scientific Supervisor: Ass. Prof., Ph.D., A.A. Filipas

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: avp135@tpu.ru

***Abstract.** This paper describes the estimation of correlation and interrelation of patient state parameters. Patient parameters and a demonstration of the algorithms are presented.*

***Keywords.** Diagnostics, medicine, automation, estimation.*

Введение

Мониторинг и поиск корреляции и взаимосвязи параметров пациента является необходимой дополнительной информационной поддержкой при постановке диагноза и терапии. Современные средства измерения и обработки информации позволяют проводить анализ взаимосвязи между измеряемыми показателями. Кроме того, станет возможен поиск многокомпонентной связи параметров состояния пациента по интегральным показателям. В основном в медицинских учреждениях контролируют следующие жизненные показатели (Vital signs) пациента [1]: температуру тела, частота сердечных сокращений, частота дыхания, артериальное давление, процент кислорода в крови и т.д. Область значений данных показателей ограничена, и они измеряются с большим интервалом времени [1]. Измеряемая информация (сырые данные) для врача недостаточны для принятия решения о состоянии и терапии пациента. Кроме этого, у каждого человека значения и взаимосвязь параметров индивидуальны. Для подобной информационной системы поддержки врачебных решений требуется специальная обработка измеряемых показателей. Исследование на модели дыхательной системы человека, как объекта автоматизации научных исследований, позволяет провести предварительный анализ измеряемых параметров и их корреляцию, и взаимосвязь, что несомненно расширяет возможности врача [2].

Оценка корреляции и взаимосвязи параметров состояния пациента

В предыдущих исследованиях [2] на имитационной структурной модели отслеживались следующие параметры пациента: температура тела, артериальное давление, процент кислорода в крови и пульс. В данной работе к приведенным выше показателям добавлены параметры дыхательной системы: объем, поток и частота дыхания (рис. 1). Даже на основе визуального анализа некоторые взаимосвязи между показаниями явно заметны. Например, при увеличении пульса растет артериальное давление [3], что в свою очередь влияет на изменение процента кислорода в крови [4] и т.д. Более сложные взаимосвязи в том числе и многокомпонентные требуют специального анализа для их выявления и оценки. Исходя из рис. 1, были взяты следующие показатели состояния пациента: артериальное давление, процент кислорода в крови, пульс и частота дыхания, так как они статистические.

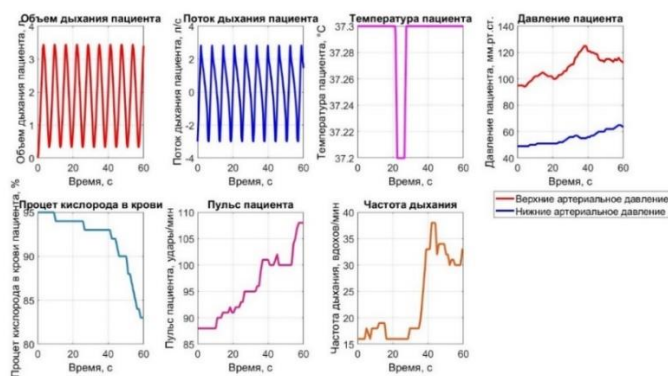


Рис. 1. Работа имитационной модели (параметры пациента)

Исходя из вышеизложенного выдвигается гипотеза, что показатели состояния пациента могут коррелировать. Разработан алгоритм для исследования корреляции между двумя параметрами состояния пациента методом проверки факторов коррелированности [5]. В результате получены следующие лучшие оценки корреляции (табл. 1), значения близкие к единице означает, что корреляция линейна.

Таблица 1

Оценки корреляции

Pulse и PDia	Pulse и PSys	Resp и PDia	Resp и PSys	Resp и Pulse
0.89	0.47	0.29	0.45	0.25

Наблюдаем, что практически линейная корреляция присутствует только между пульсом и нижним артериальным давлением, в других случаях стремится к линейной в меньшей степени. В других комбинациях линейная корреляция не обнаружена. Однако если данные между собой линейно не коррелируют это не отрицает их взаимосвязь. Для этого разработан алгоритм для исследования взаимосвязи параметров пациента на основе метода подбора полиномиальных кривых. Данный алгоритм использует существующую в библиотеке специализированного инженерного ПО для математического моделирования функцию интерполяции, для поиска коэффициентов полинома 2-го порядка. По фактическим данным пациента [6, 7] построена поверхность, описывающая взаимосвязь между тремя параметрами, и представлена на рис. 2, которая описывается полиномом (1).

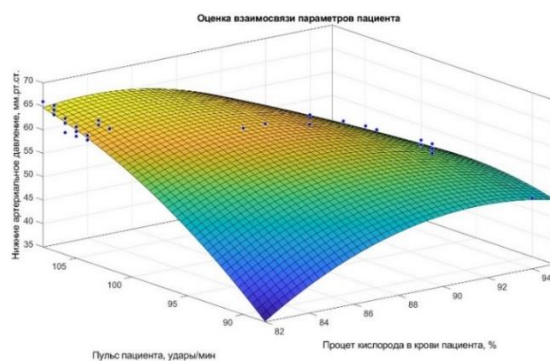


Рис. 2. Зависимость нижнего давления от процента кислорода в крови и пульса

$$PDia_h(Spo2h, Pulseh) = a_1 + a_2 \cdot Spo2h + a_3 \cdot Pulseh + a_4 \cdot Spo2h^2 + a_5 \cdot Spo2h \cdot Pulseh + a_6 \cdot Pulseh^2 \quad (1)$$

где $PDia_h$ – нижнее артериальное давление; $Spo2h$ – процент кислорода в крови; $Pulseh$ – пульс пациента. В таблице 2 представлены коэффициенты выражения (1).

Коэффициенты выражения (1)

a1	a2	a3	a4	a5	a6
61.022	-1.39	3.961	-5.115	-4.793	-1.964

Результаты

Исходя из представленного математического описания обнаружилась взаимосвязь между параметрами пациента, для подтверждения этого проведен анализ статистики согласия (табл. 3). Показатель суммы квадратов отклонения (SSE) невысокий, что говорит о незначительном отклонении модели и это подтверждается среднеквадратической ошибкой (RMSE). Рассматривая показатели R-квадрат (Rsquare) и скорректированный R-квадрат (AdjRsquare), следует, что модель описывает реальные данные на 96 %. Однако, данный метод чувствителен к объему выборки и при ее изменении качество модели может исказиться.

Таблица 3

Критерии согласия

SSE	Rsquare	AdjRsquare	RMSE
112.433	0.966	0.964	1.088

Заключение

В результате данного исследования подтвердилась гипотеза как теоретически, так и практически о корреляции и взаимосвязи параметров состояния пациента. Подтверждением этому являются удовлетворительные показания оценки корреляции (табл. 1) и критериев согласия для оценки взаимосвязи (табл. 3). Разработаны два алгоритма в специализированном инженерном ПО для математического моделирования, которые применимы в области поиска линейной корреляции и взаимосвязи. В дальнейшем будет проведены исследования, в которых будет определяться устойчивость представленных методов от объема выборки параметров состояния пациента.

Список литературы

1. Vital Signs // Physiopedia: сайт. – 2024. – URL: https://www.physio-pedia.com/Vital_Signs. (дата обращения: 27.03.2024).
2. Павловский А., Филипас А.А. Моделирование дыхательной системы человека как объекта автоматизации научных исследований в области легочных терапий // Сборник трудов XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук». – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – Т. 7. – С. 112–114.
3. Wilkinson I.B., MacCallum H., Flint L., Cockcroft J.R., Newby D.E. and Webb D.J. The influence of heart rate on augmentation index and central arterial pressure in humans // The Journal of Physiology. – 2000. – Vol. 525. – P. 263–270.
4. Kyriacou P. A., Shafqat K., Pal S. K. Arterial blood oxygen saturation during blood pressure cuff-induced hypoperfusion // Journal of Physics: Conference Series. – 2007. – Vol. 85. – P. 012026.
5. Храмов А.Г. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных: учеб. пособие – Самара : Изд-во Самарского университета, 2019. – 176 с.
6. Трифонов Е.В. Антропология: дух-душа-тело-среда человека, или Пневмапсихосоматология человека. Русско-англо-русская энциклопедия. 18-е изд. – Текст: электронный – 2015. – URL: <http://www.tryphonov.ru/tryphonov2/terms2/sgfvp2.htm>. (дата обращения: 27.03.2024).
7. Moody G., Mark R.A. Database to Support Development and Evaluation of Intelligent Intensive Care Monitoring // Computers in Cardiology. – 1996. – Vol. 23. – P. 657–660.