

CREATION OF A CARDIOLOGY DATABASE ARCHIVE

Galya Georgieva-Tsaneva¹, Paskal Piperkov²

¹*Institute of Robotics at the Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria*

²*Institute of Mathematics and Informatics at the Bulgarian Academy of Sciences, Bulgaria*

galitsaneva@abv.bg; ppiperkov@yahoo.com

СЪЗДАВАНЕ НА АРХИВ НА КАРДИОЛОГИЧНА БАЗА ДАНИИ

Abstract: *The paper presents an information platform for working with cardiac data registered with ECG, PPG, Holter device. The platform enables input, editing, processing and storage of the registered data and the results of the analyzes carried out on them. The report presents the options for creating an archive of the cardiology database.*

Keywords: *ECG; PPG; Holter; Cardio Database; Information Platform; Archive.*

1. Въведение

Сърдечносъдовите заболявания са рисков фактор за настъпване на смърт. Затова е необходимо те да бъдат наблюдавани и да бъдат взети всички възможни превантивни мерки срещу тяхното настъпване и развитие. Един от ефективните методи за това са профилактичните прегледи и наблюдения върху диагностицираните пациенти. Създаването на информационни платформи за анализ на кардиологичните данни и архиви на бази от регистрирани данни, както и на получените от проведените анализи резултати могат да окажат помощ на лекуващите лекари и наблюдаващите лечението кардиолози.

Вариабилността на скоростта (ВСЧ) е биомедицинска мярка, която често се използва в изследванията за наблюдаване на автономната нервна система (ВНС). Методите за анализ на ВСЧ могат да направят разлика между активирането на парасимпатиковата нервна система, което предполага релаксиращо състояние и добро здраве, и симпатиковата нервна система, което предполага стресово състояние, и влошено здравословно състояние. Сърдечната честотата се определя с броят средни сърдечни удари в минута (bpm), докато ВСЧ отразява променливостта на тази сърдечната честота във времето.

ВСЧ може да измерва неинвазивно с помощта на малко преносимо устройство. Това дава възможност за използване на ВСЧ методите за определяне на редица резултати в ежедневните условия на хората. Методите на ВСЧ се използват вече доста дълго време, но въпреки това има останали много въпроси около измерването, физиологична интерпретация и оценката на клиничните изследвания, свързани с вариабилността.

Целта на статията е да представи резултатите от проекта „Изследване на приложението на нови математически методи за анализ на сърдечни данни“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“. Резултатите са получени със създадена за това демонстрационна информационна платформа за съхраняване на регистрираните данни и резултатите от проведения линеен, нелинеен, фрактален и уейвлет анализ на кардио сигнали.

2. Изложение

2.1. Обзор

През 1996 г. съвместна работна група на Европейското дружество по кардиология и Северноамериканското дружество по електрофизиология публикуваха стандарт и препоръки за измерване, анализ и интерпретация на ВСЧ данните [8]. Първата препоръка е оборудването, използвано за регистриране на данни от електрокардиограф (ЕКГ), да отговаря на стандартите за сигнал, съотношение на шума, и честотна лента [8]. Второ, при проучванията трябва да се използва пет минутен запис за анализ и оценка в честотната област и двадесет и четири часов запис при времевите методи. Трето, трябва да се направи визуална проверка и ръчни корекции на RR интервалите извлечени от ЕКГ данните, когато се използват времеви и честотни методи за анализ. Авторите на работната група заключиха, че ВСЧ има потенциала да отразява ролята на автономната нервна система при както при здрави индивиди, така и при хора със сърдечно-съдови нарушения [8]. Двете най-често срещани техники за анализ на ВСЧ са времева област и честотна област. Анализът на времевата област се фокусира върху вариациите на RR интервали във времето [8]. Анализът на честотната област използва обособени честотни ленти и броят на нормалните интервали във всяка изследвана честотна лента. Основните променливи, свързани с тези два анализа техники са стандартизирани [8]. ВСЧ анализът е полезен за разбиране на дейността на сърдечно-съдовата система и човешкото здраве [1], [6], [9], [10], [11]. Стресът е фактор, който значително влияе върху сърдечно-съдовата реакция [12], и това може да се оцени с помощта на методите на ВСЧ [7]. Намалената ВСЧ е рисков фактор за смъртност, а по-високата ВСЧ се свързва с намален риск от редица хронични заболявания, в това число сърдечно-съдови.

2.2. Информационна платформа

Представената информационна кардиологична платформа „Cardiovision“ е създадена в редактора с отворен код Visual Studio Code, с който могат да се създават приложения в Интернет, има интегрирана функция за актуализиране и поддържа

мениджъри на бази от данни. Езикът, използван за създадената платформа, е C#. Реализирани са функциите добавяне, коригиране и изтриване на кардио записи, отпечатване на резултатите от математическия анализ на конкретен запис, съхраняване на резултатите от математическия анализ в отделен файл. Създаденият графичен потребителски интерфейс е удобен, предлага меню за избор на данни; за добавяне, коригиране и изтриване на записи; преглед на информацията за всеки кардио запис; преглед на резултатите от математическия анализ във времева, честотна, времево-честотна област и от извършения нелинеен анализ (DFA, експонента на Хърст, диаграма на Поанкаре, рекурентен метод и други). Данните могат да бъдат записани чрез електрокардиограф (краткосрочни записи, от 5 до 15 минути), холтер мониторинг (непрекъснати кардио записи 24 часа и повече), или чрез фотоплетизмографски метод [2], [4]. Данните, получени чрез Холтер мониториране, са за пациенти със сърдечни заболявания, при които е необходимо да се извършва дългосрочно наблюдение на сърдечната дейност. Холтерът се поставя в болнични условия от специалист, обикновено сутрин. Дългосрочното наблюдение се провежда в домашни условия, като наблюдаваните лица продължават да извършват обичайните си дейности.

Чрез методите за анализ на ВСЧ може да се направи оценка на следните параметри, които отразяват здравословното състояние [8]:

Във времевата област:

- MeanRR/PP (средна стойност на RR/PP интервалите);
- SDNN (стандартно отклонение на нормалните NN интервалите);
- SDANN (стандартно отклонение на усреднените NN интервали за всеки пет минути от направения запис);
- RMSSD (стандартно отклонение на интервалите, отразява високочестотните колебания на ВСЧ и се определя от средноквадратичното на разликите между последователните интервали);
- SDNN index (средна стойност на NN интервалите в 5 минутни сегменти). Във времевата област за да могат параметрите да се сравняват те трябва да са получени от сигнали с еднаква продължителност (обикновено 24 часа).

В честотната област се определя мощността на регистрирания сигнал в следните диапазони:

- много нискочестотен (VLF) от 0 до 0.04 Hz;
- нискочестотен (LF) от 0.04-0.15 Hz и
- високочестотен (HF) от 0.15-0.4 Hz.

Параметри, определяни чрез нелинейни методи [5] – експонента на Хърст (R/S статистически метод); alpha, alpha и alpha2 (DFA) и други.

Холтерните записи, които са съхранени в базата от данни са направени в Медицински Университет град Варна, България. Изследвани са няколко групи пациенти с различни сърдечносъдови заболявания, което позволява научното изследване на ВСЧ параметрите на кардио записи на различни заболявания. Съхранени са и записи на здрави доброволци, без констатирани сърдечносъдови заболявания.

2.3. Информационен архив

Посредством представената платформа се реализира идеята за създаване на вътрешен архив с ограничен достъп със следната информация:

Лична информация за пациента:

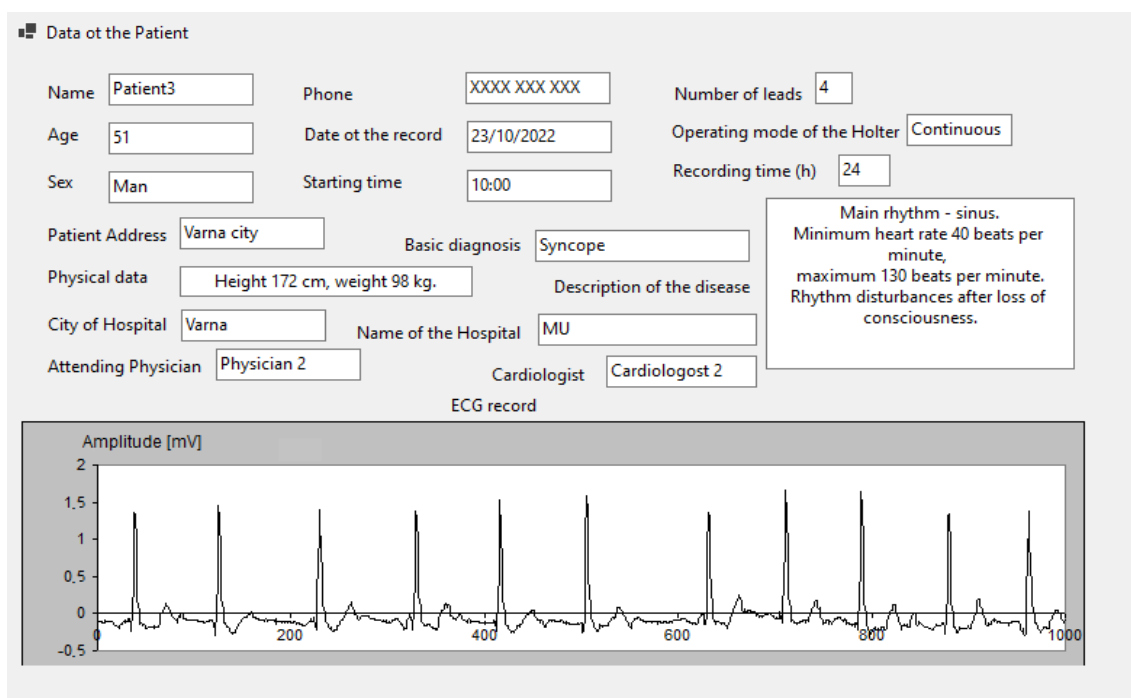
- име, възраст, пол, тегло, височина;
- информация за направения запис;
- адрес, телефонен номер на пациента;
- адрес на болницата, в която е направен записа;
- холтерен запис (възпроизвежда се в графичен вид);
- медицинско заключение на лекуващия лекар;
- семейна епикриза;
- телефонен номер на член от семейството;
- име и телефонен номер на личния лекар;
- име и телефонен номер на лекаря кардиолог;
- други.

Кардиологична информация за пациента, която включва:

- входните регистрирани сигнали;
- параметрични резултати от извършения математически анализ на регистрираните кардио данни чрез създадена софтуерна програма;
- получените графични резултати.

Защита на съхранената информация.

3. Резултати



Фигура 1. Данни за пациента и графика на ЕКГ сигнала

На фигура 1 е показано менюто с данните за изследвания пациент (име, възраст, тегло, пол, телефонен номер); данни за регистрирания запис (начало на записа, брой на записаните отвеждания, продължителност на записа; режим на запис); основна диагноза, град и болнично заведение на провеждане на записа, лекуващ лекар, описание на симптомите и други. На фигурата е показан и вида на графиката на записания кардиологичен сигнал. ЕКГ сигналът е регистриран с разработено експериментално фотоплетизмографско устройство с възможност за записи на и на ЕКГ сигнали. Фигурата представя основните полета, съдържащи се в записа на изследвания пациент. Част от данните са конфиденциални и се извеждат с кодови имена (например Patient 3). Конфиденциалните данни са достъпни само за оторизирани потребители и са защитени с пароли.

Parameter	Value	Reference values	Unit of measure
RR average	677.199	-	(ms)
RR min	0.340	-	(ms)
RR max	1.200	-	(ms)
HR average	90.719	-	(bpm)
HR min	50.000	-	(bpm)
HR max	176.471	-	(bpm)
SDNN	101.119	141±39	(ms)
SDANN	87.134	127±35	(ms)
SDhr	14.036	-	(bpm)
RMSSD	12.399	27±12	(ms)
NN50	5065	-	(count)
pNN50	5.702	-	(%)
SDindex	37.451	-	(ms)
Geometric parameters			
HRV Triangular Index	8.800	37±15	-
TINN	456.900	-	(ms)

Фигура 2. Резултати във времевата област

Фигура 2 представя резултатите от математически изследвания във времевата област на индивид със синкоп. В таблицата показана на фигурата (резултат от изпълнението на софтуерната програма) са представени и референтните стойности на изследваните параметри, които съответстват на здрав човек. Резултатите показват максимална сърдечна честота от 176.47 удара в минута, което е значително по-високо от приетата за нормална максимална честота на пулса от 120 удара в минута. SDNN е 101.12ms, което не е в границите на нормалните стойности за здрави хора, посочени в стандарта [8]. SDANN е 87.13 ms, което е извън референтните стойности за този параметър. RMSSD (12.39 ms) също е по-нисък от стойностите за здрави хора посочени в стандарта [8].

Фигура 3 представя в таблична форма резултатите от изследванията в честотната област на кардио запис на пациент диагностициран със синкоп. Проучванията показват намаляване на вариабилността на сърдечната честота при пациенти със синкоп (в сравнение със здрава контролна група).

Спектралната мощност на сигнал за пациент със синкоп (Фигура 3), определен по уейвлет базиран метод в абсолютни единици в нискочестотния диапазон е 366.9 ms^2 ; във високочестотния диапазон е 352.4 ms^2 ; което е значително по-ниско от

референтните стойности за здрав субект ($1170 \pm 416 \text{ ms}^2$ - в нискочестотния и $975 \pm 203 \text{ ms}^2$ във високочестотния диапазон), препоръчани в стандарта [8].

Frequency range	Peak (Hz)	Power (ms^2)	Power (%)	Power (n.u.)	LF/HF
Burg					
VLF	0.03	76.3	25.8		0.711
LF	0.04	91.2	30.8	0.416	0.235
HF	0.29	128.3	43.4	0.584	
Lomb-Scargle					
VLF	0.04	2.9	14.2		0.717
LF	0.08	7.2	35.8	0.418	0.429
HF	0.29	10.1	50.0	0.582	
Wavelet					
VLF	0.02	553.7	43.5		1.041
LF	0.04	366.9	28.8	0.510	72.778
HF	0.29	352.4	27.7	0.490	

Фигура 3. Резултати в честотната област

Достъпът до архива е организиран с парола, което гарантира, че до него се осъществява достъп само от потребители притежаващи правилните идентификационни данни. Самите съхранени регистрирани кардиологични данни също са защитени посредством математически техники, прилагащи методите на криптографията и стеганографията, представени в статия [3]. Изследваните оригинални кардио данни се трансформирани с помощта на уейвлет трансформация на Daubechies. Към получените данни се добавя воден знак за защита срещу неоторизиран достъп, преди да се извърши хибридна криптография с помощта на подходящо избран алгоритъм за криптиране. Предложеният в [3] софтуерен алгоритъм се изпълнява върху реални електрокардиографски, фотоплетизмографски и Холтер кардио данни. Оценката на прилагания подход показва, че е постигнато достатъчно ниво на защита на изследваните данни, като към потребителите се прилагат методи за удостоверяване.

4. Заключение

В статията са представени информационна кардиологична платформа за работа със биомедицински данни, които се регистрират с електрокардиографско, фотоплетизмографско и Холтерно устройство. Софтуерната платформа има функциите въвеждане, редактиране, обработка и съхранение на регистрираните данни от записващите устройства и резултатите от извършените върху тях математически анализи. Показани са резултати за пациенти със синкоп, които са сравнени с резултатите получени върху контролната здрава група. Статията представя възможностите за създаване на защитен архив на базата от данни, която е получена от регистрираните реални кардио данни.

Благодарности

Научното изследване е проведено като част от проекта „Изследване на приложението на нови математически методи за анализ на кардиологични данни“ № КП-06-Н22/5 от 07.12.2018 г., финансиран от Фонд „Научни изследвания“ на Република България.

References // Литература

- [1] Boos, C.J.; Bye, K.; Sevier, L.; Bakker-Dyos, J.; Woods, D.R.; Sullivan, M.; Quinlan, T.; Mellor, A. (2018). “High Altitude Affects Nocturnal Non-linear Heart Rate Variability: PATCH-HA Study”. *Front. Physiol.* 2018, 9, 390, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00390>
- [2] Fortino, G.; Giampà, V. (2010). PPG-based methods for non invasive and continuous blood pressure measurement: An overview and development issues in body sensor networks”. 2010 IEEE International Workshop on Medical Measurements and Applications, Ottawa, ON, Canada, pp. 10-13, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1109/MEMEA.2010.5480201>
- [3] Georgieva-Tsaneva, G.; Bogdanova, G.; Gospodinova, E. (2022). “Mathematically Based Assessment of the Accuracy of Protection of Cardiac Data Realized with the Help of Cryptography and Steganography”. *Mathematics*, 10, 3, Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), ISSN: 2227-7390, pp. 1-18. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10030390>
- [4] Georgieva-Tsaneva, G.; Gospodinova, E.; Gospodinov, M.; Cheshmedzhiev, K. (2020). “Portable Sensor System for Registration, Processing and Mathematical Analysis of PPG Signals”. *Appl. Sci.* 2020, 10, 1051, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10031051>
- [5] Gospodinova, E. (2019). “Graphical methods for non-linear analysis of electrocardiographic data”. *CBU International Conference Proceedings 2019: Innovations in Science and Education*, Vol. 7, pp. 864-869, 2019,. <https://ojs.journals.cz/index.php/CBUIC/article/view/1497/2033> (last view: 24-03-2023). DOI: <https://doi.org/10.12955/cbup.v7.1497>
- [6] Huang, H.-H.; Tseng, C.-Y.; Fan, J.-S.; Yen, D.H.-T.; Kao, W.-F.; Chang, S.-C.; Kuo, T.B.J.; Huang, C.-I.; Lee, C.-H. (2010). “Alternations of heart rate variability at lower altitude in the predication of trekkers with acute mountain sickness at high altitude”. *Clinical Journal of Sport Medicine* 20(1): p. 58-63, January 2010. DOI: <https://doi.org/10.1097/jsm.0b013e3181cae6ba>
- [7] Lebamovski, P. (2022). “Impact of Stress on Heart Rate Variability”. *Proceedings of CBU in Medicine and Pharmacy*, 3, pp. 13-18, 2022. <https://ojs.cbuic.cz/index.php/pmp/article/view/315> DOI: <https://doi.org/10.12955/pmp.v3.315>

- [8] Malik, M. (1996). "Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology". *Circulation*. 1996. Vol.93(5), pp. 1043–1065, 1996. Available: https://www.escardio.org/static_file/Escardio/Guidelines/Scientific-Statements/guidelines-Heart-Rate-Variability-FT-1996.pdf (last view: 24-03-2023).
- [9] Sassi, R.; Cerutti, S.; Lombardi, F.; Malik, M.; Huikuri, H.V.; Peng, C.-K.; Schmidt, G.; Yamamoto, Y.; Gorenek, B.; Lip, G.Y.; Grassi, G.; Kudaiberdieva, G.; Fisher, J.P.; Zabel, M.; Macfadyen, R. (2015). "Advances in heart rate variability signal analysis: Joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society". *EP Europace*, Volume 17, Issue 9, Pages 1341–1353, September 2015. DOI: <https://doi.org/10.1093/europace/euv015>
- [10] Shaffer, F.; Ginsberg, J.P. (2017). "An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms". *Front. Public Health* 2017, 5:258, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- [11] Todorov, T.; Bogdanova, G.; Noev, N.; Sabev, N. (2019). "Data management in a Holter Monitoring System", *TEM Journal*, Vol.8, No.3, pp. 801-805, ISSN: 2217-8309, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18421/TEM83-15>
- [12] Yao, W.; Zhang, X.; Gong, Q. (2021). "The effect of exposure to the natural environment on stress reduction: A meta-analysis". *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 57, 2021, 126932, ISSN: 1618-8667, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126932>

Received: 01-04-2023

Accepted: 29-06-2023

Published: 24-07-2023

Cite as:

Georgieva-Tsaneva, G.; Piperkov, P. (2023). "Creation of a Cardiology Database Archive", *Science Series "Innovative STEM Education"*, volume 05, ISSN: 2683-1333, pp. 62-69, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55630/STEM.2023.0508>