

I. I. Публикации в показател B4

B4.1: Jekova I, Krasteva V, Ménétré S, Stoyanov T, Christov I, Fleischhackl R, Schmid J-J, Didon J-P. (2009) Bench study of the accuracy of a commercial AED arrhythmia analysis algorithm in the presence of electromagnetic interference. *Physiological Measurement*, vol. 30, pp. 695-705, DOI: 10.1088/0967-3334/30/7/012, ISSN: 0967-3334, IOP Publishing, ISI IF: 1.43, Q3 (Web of Science), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/30/7/012>

Резюме

Тази статия представя лабораторно проучване на автоматичен външен дефибрилатор (АВД). Цел на изследването е да оцени точността на системата за решение за шок и нейната устойчивост срещу електромагнитни смущения (ЕМС) с номинална честота от 16.7, 50 и 60 Hz. Работната система използва два лентови филтъра с централна честота 50 и 60 Hz, един адаптивен филтър за детекция и потискане на мрежово смущение с честота 16.7 Hz, и софтуерен алгоритъм за ритъмен анализ чрез морфологични и честотни параметри на електрокардиограмата (ЕКГ). Процесът на тестване използва ЕКГ сигнали без смущения от международно призната ЕКГ база данни (MIT-VFDB), които се смесват със симулирани ЕМС артефакти и се подават на системата за решение за шок, вградена в АВД. Измерванията, осигуряващи оптимално външно валидиране, отчитат допустимите вариации на ЕМС честотите (15.7–17.4, 47–52, 58–62 Hz) и амплитудите (1 и 8 mV). Точността се измерва според препоръките на Американската сърдечна асоциация (American Heart Association – АНА) за анализ на аритмии. В случай на сигнали без артефакти, изискванията за ефективност на АНА са надвишени, както за чувствителност, така и за специфичност: 99% за камерна фибрилация (КФ), 98% за бърза камерна тахикардия (КТ), 90% за бавна КТ, 100% за нормална синусов ритъм (НСР), 100% за асистолия и 99% за други ритми не подлежащи на шок (НР). При наличие на ЕМС, специфичността на някои видове ритми не подлежащи за шок (НСР, НР) може да бъде засегната при определени условия, като напр. ниско съотношение сигнал-шум и екстремни честоти, водещи до намаляване на специфичността с повече от 7%. Показано е, че специфичността за асистолия и чувствителността за КФ и бърза КТ в присъствието на всякакъв вид ЕМС симулиран артефакт (16.7, 50 или 60 Hz) достигат чувствителност, еквивалентна на сигнали без смущения. В заключение доказахме, че системата за решение за шок в реален АВД апарат работи точно съгласно препоръките на АНА без артефакти и при наличие на ЕМС. Резултатите биха могли да бъдат засегнати по отношение на специфичността, в случай на ниско съотношение сигнал-шум или при някои екстремни настройки на честотата.

B4.2: Krasteva V, Jekova I, Ménétré S, Stoyanov T, Didon JP. (2011) Influence of Analysis Duration on the Accuracy of a Shock Advisory System. *Computing in Cardiology*, vol. 38, pp. 537-540, ISSN: 2325-8861, IEEE, SJR: 0.23, Q3 (Scopus), <https://ieeexplore.ieee.org/document/6164621>

Резюме

Това проучване оценява влиянието на продължителността на анализа върху точността на системата за вземане на решение за електрически шок (Shock advisory system – SAS) в автоматичните външни дефибрилатори, която е адаптирана да предоставя решение „Шок“/„Без шок“ в реално време на всяка секунда от 2s до 10s след старт на анализа на електрокардиограмата (ЕКГ). ЕКГ базата данни с живото-застрашаващи камерни аритмии (MIT-BIH Malignant Ventricular Arrhythmia) беше използвана за валидиране на точността на SAS на компютър. Четири основни характеристики на ЕКГ сигналите бяха оценени в представената система SAS: сърдечна честота, еднородност на наклона на положителните и отрицателните вълни, максимални и средни отклонения на амплитудата на ЕКГ сигнала в тясна честотна лента, показателна за усилване на QRS-комплексите. Резултатите показаха статистически значими

разлики между ритмите подлежащи и не подлежащи на шок при всички продължителности на анализа. В заключение, представената система SAS с продължителност на анализа от 2s до 10s е напълно съвместима с изискванията за точност, поставени от Американската Сърдечна Асоциация (American Heart Association – АНА) за автоматични външни дефибрилатори. Кратките ЕКГ епохи, обаче изискват проверка за постоянство на ритъма във времето.

B4.3: Didon JP, Krasteva V, Ménétré S, Stoyanov T, Jekova I. (2011) Shock advisory system with minimal delay triggering after end of chest compressions: Accuracy and gained hands-off time. *Resuscitation*, vol. 82 (S2), pp. S8-S15, DOI: 10.1016/S0300-9572(11)70145-9, ISSN: 0300-9572, Elsevier, ISI IF: 3.601, Q1 (Web of Science), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300957211701459>

Резюме

Цели: Намалването на времетраенето на паузите по време на сърдечен масаж може да повиши ефективността на дефибрилацията. Това проучване оценява ефективността на системата за решение за електрически шок (Shock Advisory System – SAS), която се стреми да намали паузата преди шока, чрез стартиране на бърз ритъмен анализ с минимално закъснение след края на сърдечните компресии.

Методи: SAS системата е оценена върху база данни от 1301 епохи в 311 интервенции по време на извън болничен сърдечен арест, записани от автоматични външни дефибрилатори. Епохите са разпределени според сърдечния ритъм: 788 асистолии (АСИС), 20 нормални синусови ритми (НСР), 394 други ритми не подлежащи на шок (НР), 81 камерни фибрилации (КФ), 18 бързи камерни тахикардии (КТ). SAS работи на две нива: първо ниво за точно определяне позицията за край на сърдечния масаж; второ ниво за вземане на решение „Шок“/“Без шок“, използвайки всички налични ЕКГ сигнали без артефакти след края на сърдечния масаж с продължителност от 3, 5 или 7 s.

Резултати: Точността на представената SAS система е сравнена с работата на автоматичен външен дефибрилатор в реални клинични условия. Времеви период без пауза на сърдечните компресии, спечелен от по-ранното стартиране на анализа е 5.8 s (медиана), водещ до по-ранно взимане на решение за шок (12.5 s до 8.5 s), когато анализът на ритъма продължава от 3 до 7 s. Точността на SAS при анализ от 3–7s е: специфичност 97.7–98.9% (АСИС), 100–100% (НСР), 98.5–99.2% (НР); сензитивност 91.4–98.8% (КФ), 88.9–96.7% (КТ).

Заключение: Това проучване показва, че е възможно съкращаването на паузата без сърдечен масаж преди шока, чрез по-ефективно управление на процесите за анализ на SAS в автоматичните външни дефибрилатори. За продължителност на анализа от 5 s (7 s), забавянето между края на сърдечния масаж и решението за шок намалява с 10.5 s (8.5 s) медиана, изпълнявайки всички препоръки на АНА за точност. Използването на това решение в автоматични външни дефибрилатори може да осигури по-надежден анализ на сърдечния ритъм в сравнение с други методи, прилагащи техники за филтриране по време на сърдечните компресии.

B4.4: K Krasteva V, Jekova I, Stoyanov T, Ménétré S, Didon JP. (2013) Performance of Heart Rhythm Analysis during Chest Compressions in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Computing in Cardiology*, vol. 40, pp. 1091-1094, ISSN: 2325-8861, IEEE, SJR: 0.239, Q3 (Scopus), <https://ieeexplore.ieee.org/document/6713571>

Резюме

Целта на това проучване е да валидира системата за решение за шок в автоматичен външен дефибрилатор, предназначена за анализ на сърдечния ритъм по време на гръдни компресии при кардио-белодробна реанимация. Системата дава регулярни съвети на спасителя, водещ реанимационната процедура дали да спре гръдните компресии, за да може дефибрилатора да подаде електрически шок в случай на живото-застрашаващи аритмии, или да продължи компресиите при всички други ритми, за които е опасно да бъде прилагана дефибрилация.

Тестовите резултати от валидирането на системата върху голяма база данни от интервенции с извън-болничен сърдечен арест показват, че точността може да бъде подобрена чрез удължаване на продължителността на ритъмния анализ. Комбинацията от 3 последователни анализа забавя решението до 14s, постигайки чувствителност от 89.4% (135/151) – камерна фибрилация, специфичност от 98.7% (73/74) – нормален синусов ритъм, 81.2% (1357/1671) – асистолия, и 89.6% (566/632) – други ритми, които не подлежат на дефибрилация. Показани са няколко примера, илюстриращи реконструиран ЕКГ сигнал по време на сърдечни компресии, където аритмията е видима и може да бъде сигурно визуално интерпретирана. Подобряването на специфичността на ЕКГ анализа по време на сърдечни компресии е от изключително значение за намаляване на фалшиво положителната обратна връзка към спасителя, спирайки реанимационната процедура и лечението на пациента със сърдечни компресии.

B4.5: Jekova I, Stoyanov T, Dotsinsky I. (2017) Arrhythmia Classification via Time and Frequency Domain Analyses of Ventricular and Atrial Contractions. *Computing in Cardiology*, vol. 44, DOI: 10.22489/CinC.2017.345-029, pp. 1-4, ISSN: 2325-8861, IEEE, SJR: 0.191, Q3 (Scopus), <https://ieeexplore.ieee.org/document/8331739>

Резюме

Предсърдното мъждене (ПМ) се асоциира със значителен риск от сърдечна недостатъчност и последващ летален изход. Неговата епизодична поява, както и голямото разнообразие от аритмии, показващи неравномерни RR-интервали, подобни на ПМ, и индуцираните шумове при регистриране на електрокардиографските (ЕКГ) сигнали, възпрепятстват надеждното откриване на ПМ. Поради това организаторите на Computing in Cardiology Challenge 2017 насърчават разработването на методи за разпознаване на ритъма в къси едноканални ЕКГ записи като ПМ, нормален синусов ритъм, друг ритъм или шум. Модулът за класифициране на аритмия, представен в тази статия, включва софтуерни процедури за откриване и класифициране на QRS-комплекси, откриване на P-вълни, изчисляване на характеристики във времевата и честотната област. Приложеното правило за вземане на решение е класификационно дърво. Резултатите от набора с данни за обучение (тестово подмножество) [пълен тест] са F1-оценка за нормален синусов ритъм 0.82 (0.81); ПМ 0.62 (0.61); друг ритъм 0.61 (0.53), общо 0.68 (0.65) [0.64].

B4.6: Krasteva V, Ménétré S, Jekova I, Stoyanov, T, Jost D, Frattini B, Lemoine S, Lemoine F, Thomas V, Didon JP. (2018) Comparison of pediatric and adult ECG rhythm analysis by automated external defibrillators during out-of-hospital cardiac arrest. *Computing in Cardiology*, vol. 45, DOI: 10.22489/CinC.2018.159, pp. 1-4, ISSN:2325-887X, IEEE, SJR: 0.202, Q3 (Scopus), <https://ieeexplore.ieee.org/document/8743731>

Резюме

Това проучване валидира точността на търговски автоматичен външен дефибрилатор (АВД) при педиатрични извънболнични интервенции на сърдечен арест. То показва, че АВД с настройки, валидирани за възрастни не влошава точността си при деца, с изключение на детекцията на бързи ритми, които не трябва да бъдат третирани с шок (-2%). Допълнително, това проучване сравнява 14 характеристики на електрокардиографските (ЕКГ) сигнали (6 морфологични, 4 спектрални и 4 в изхода на лентов QRS филтър) при възрастни и деца, подчертавайки значими разлики, специфични за ритъма. Дискриминантните модели, обучени върху записи от възрастни и тествани върху записи от деца, подчертават 6 характеристики, осигуряващи най-голяма площ под кривата на работната характеристика $AUC > 0.9$ (AUC : Area Under the Curve) и най-стабилната характеристика с най-малка разлика (деца - възрастни) > -0.025 . Разработката на алгоритъма за решение за шок в АВД, еднакво безопасен за възрастни и деца, е възможен, ако вградените функции за ЕКГ анализ отговарят на горните критерии.

B4.7: Krasteva V, Christov I, Naydenov S, Stoyanov T, Jekova I. (2021) Application of Dense Neural Networks for Detection of Atrial Fibrillation and Ranking of Augmented ECG Feature Set. *Sensors*, vol. 21 (20), 6848, pp. 1-35, DOI: 10.3390/s21206848, ISSN: 1424-8220, MDPI, ISI IF: 3.847, Q1 (Web of Science), <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/20/6848>

Резюме

Предсърдното мъждене (ПМ) води до усложнения при пациентите и увеличава тежестта към здравните системи в световен мащаб, затова неговата ранна диагностика е от особено голямо значение. С оглед на възможността за бързо и точно откриване на аритмията на място, нашето изследване оптимизира класификатор с изкуствена невронна мрежа (ИНМ) и класира важността на разширен набор от 137 диагностични характеристики на електрокардиограмата (ЕКГ) във време-честотна област, изчислени в кратки едноканални ЕКГ записи, налични в базата данни на Physionet/CinC Challenge за 2017 г. Въз основа на проведеното оптимизационно търсене на хиперпараметрите на ИНМ с напълно свързани (Dense) слоеве е получена оптимална топология от три слоя с 128, 32 и 4 неврона за слой (DenseNet-3@128-32-4), представяйки максимална F1-оценка за класификация на нормални ритми (0.883, 5076 записа), ПМ (0.825, 758 записа), други ритми (0.705, 2415 записа), шум (0.618, 279 записа) и обща F1-оценка, свързана със CinC Challenge от 0.804, изведена чрез петкратно кръстосано изследване – валидиране. Показано е, че DenseNet-3@128-32-4 работи еднакво добре с 32 до 137 входни параметъра, като има приемлив спад на точността с около 0.03 и 0.06 пункта за ограничен входен набор, съответно от 8 и 16 параметъра. Намаляването на броя на входните параметри е свързано с ефективното прилагане на авторски интерпретативен подход към картата на характеристиките, чрез изчисляване на важността на всеки входен неврон според теглата на активираните неврони по пътя до специфичен изход в DenseNet. Подробният анализ на 20-те най-значими ЕКГ характеристики за класифициране на ПМ и другите ритми разкриват процеса на вземане на решение от DenseNet, забележимо съответстващ на диагностичната оценка, прилагана от кардиолог.

B4.8: Didon JP, Ménéré S, Jekova I, Stoyanov T, Krasteva V. (2021) Analyze Whilst Compressing algorithm for detection of ventricular fibrillation during CPR: A comparative performance evaluation for automated external defibrillators. *Resuscitation*, vol. 160, pp. 94-102, DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.01.018, ISSN: 0300-9572, Elsevier, ISI IF: 6.251, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300957221000265>

Резюме

Цели: Целта на това проучване да представи нова комбинация от алгоритми за ритъмен анализ по време на кардио-белодробна реанимация в автоматични външни дефибрилатори (АВД), наречена Analyze Whilst Compressing (AWC), предназначена за намаляване на паузата преди шока и ранно спиране на сърдечните компресии (СС) за лечение на рефибрилация.

Методи: Представени са два етапа за анализ на ритъма в АВД, а именно „Етап на стандартен анализ“ (конвенционален анализ, изпълняван в продължение на 5 секунди след прекъсване на КБР на всеки две минути) и „Етап на AWC“ (процес на последователен анализ в две стъпки по време на КБР). AWC се изпълнява по време на СС (Стъпка 1) и ако открие ритъм за шок, тогава се изпълнява стъпка за повторно потвърждение на шока в отсъствие на СС (Стъпка 2, продължителност на анализа 5 s).

Резултати: Общо 16 057 ЕКГ епохи от 2916 пациента с извънболничен сърдечен арест, третирани с АВД (DEFIGARD TOUCH7, Schiller Médical, Франция) са използвани за AWC обучение (8559 записа, 1604 пациента) и валидиране (7498 записа, 1312 пациента). Резултатите от валидирането показват, че „Етапът на стандартен анализ“ открива камерна фибриляция със сензитивност $Se = 98.3\%$, а ритми не подлежащи на шок със специфичност $Sp > 99\%$; решението на „Етап на AWC“ след потвърждение на шока в стъпка 2 постига $Se = 92.1\%$, $Sp > 99\%$.

Заключение: AWC показва сходни резултати с други АВД алгоритми по време на кардио-

белодробна реанимация, изпълнявайки целите за ефективност, препоръчани от стандартите. AWC осигурява стъпка напред в предизвикателството за подобряване на качеството на кардио-белодробна реанимация: (i) без прекъсване на компресиите на гръдния кош за преобладаващата част от ритмите, неподлежащи на шок (66-83%); (ii) минимизиране на паузата преди шока за 92.1% от пациентите с камерна фибрилация. AWC изисква повторно потвърждение на шока в 34.4% от случаите, което е често срещано ограничение на други публикувани алгоритми (25.7-100%), въпреки че всеки от тях следва различни протоколи за тригериране на компресиите на гръдния кош и подаване на шок.

B4.9: Garvanski I, Matveev M, Krasteva V, Stoyanov T, Simova Y. (2022) On a Possible Approach to Risk Prediction of Recurrence of Atrial Fibrillation after Catheter Ablation According to Data from the Pre-procedure Period. *International Journal Bioautomation*, vol. 26 (1), pp. 37-66, DOI: 10.7546/ijba.2022.26.1.000869, ISSN: 1314-1902, SJR: 0.159, Q4 (Scopus), https://www.biomed.bas.bg/bioautomation/2022/vol_26.1/files/26.1_03.pdf

Резюме

Целта на изследването е да се идентифицират и оценят предикторите за рецидивиращи пароксизми на предсърдно мъждене (ПМ) въз основа на данни от предпроцедурния период, включително лични показатели, анамнеза, придружаващи заболявания, ултразвуково изследване и морфологични компоненти на f-вълните, като например спектрална амплитуда и честота. Включени са 39 пациенти с изолация на антрална белодробна вена чрез радиочестота или криоенергия. Спектрален анализ на f-вълните е извършен чрез бързо преобразуване на Фурие на ЕКГ сигнала след потискане на Т-вълната и QRS-комплекса. Приложеният U-тест за разликата между амплитудните и честотните показатели в групите без и с рецидив на ПМ показва значима разлика между амплитудните стойности в двете изследвани групи пациенти. Чрез стъпков дискриминантен анализ на общо 14 показателя са определени 5 показателя, които надеждно разграничават групите без и с рецидив: Echo LV-EF, спектрална амплитуда на f-вълните, сърдечна недостатъчност, инсулт/преходна исхемична атака, диабет. Дискриминаторът, синтезиран по тези показатели е приложен за класификация на 39 пациенти – 25 без рецидив (група 1) и 14 с рецидив (група 2), класифицирайки 3-ма пациенти грешно от група 1 към група 2 (12% фалшиво положителни) и 1 пациент грешно от група 2 в група 1 (7.1% фалшиво отрицателен). Тези резултати дават основание да се приеме хипотезата, че е възможно да се разработи решаващо правило за определяне на степента на риск от следпроцедурен рецидив на ПМ въз основа на данни от предпроцедурния период.

B4.10: Vassilev PM, Stoyanov T, Todorova LP, Marazov A, Andonov V, Ikononov I. (2023) Orderings over Intuitionistic Fuzzy Pairs Generated by the Power Mean and the Weighted Power Mean. *Mathematics*, vol. 11 (13), 2893, pp. 1-15, DOI: 10.3390/math11132893, ISSN: 2227-7390, MDPI, ISI IF: 2.4, Q1 (Web of Science), <https://www.mdpi.com/2227-7390/11/13/2893>

Резюме

В настоящата работа доказваме резултат, отнасящ се до наредбата между интуиционистки размитите двойки, породена от средното степенно (M_p) при $p > 0$. Също така въвеждаме семейство от наредби над интуиционистки размити двойки, породени средното степенно с тегла ($M_{p,r}$), и доказваме, че подобен резултат е верен и за тях. Разглежданите наредби по естествен начин разширяват класическата частична наредба и позволяват сравняването на несравними допреди това алтернативи. В процеса на доказване на тези свойства, установяваме някои неравенства, включващи логаритми, които могат да представляват интерес сами по себе си. Също така показваме, че съществува $p > 0$, за което за крайно множество от алтернативи, част от които са били несравними при класическата наредба, удовлетворяващо определени разумни изисквания, всички негови елементи са сравними спрямо новата наредба. Накрая

даваме някои примери за възможното използване на тези наредби върху множества от алтернативи под формата на интуиционистки размити двойки, както и върху резултати от интеркритериалния анализ.

B4.11: Krasteva V, Stoyanov T, Schmid R, Jekova I. (2024) Delineation of 12-Lead ECG Representative Beats Using Convolutional Encoder–Decoders with Residual and Recurrent Connections. *Sensors*, vol. 24 (14), 4645, pp. 1-31, DOI: 10.3390/s24144645, ISSN: 1424-8220, MDPI, ISI IF: 3.4, <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/14/4645>

Резюме

Това проучване се фокусира върху предизвикателството за делинеация (измерване на времевите марки) на 12-канална електрокардиограма (ЕКГ) с различни кодиращи-декодиращи архитектури на дълбоки невронни мрежи. Това проучване сравнява 4 концепции на кодери-декодери, използващи конволюционна архитектура (CED-Net) и нейните модификации с рекурентен слой (CED-LSTM-Net), свързващи връзки между симетричните слоеве на енкодера и декодера (CED-U-Net) и последователни свързващи блокове (CED-Res-Net). Всички дълбоки невронни мрежи трансформират представителни (усреднени) сърдечни цикли, измерени в 12-канален ЕКГ запис към три диагностични ЕКГ интервала (P-вълна, QRS-комплекс, QT-интервал), използвани за измерване на глобални времеви марки в представителния сърдечен цикъл (начало на P-вълната, край на P-вълната, начало на QRS-комплекса, край на QRS-комплекса, край на T-вълната). Всички дълбоки невронни мрежи бяха тренирани и оптимизирани при идентични условия с PhysioNet ЕКГ база данни (PTB-XL), прилагайки иновативен подход за машинно обучение, контролирано от референтен алгоритъм за ЕКГ делинеация (ETM, Schiller AG, Баар, Швейцария). Тестовите резултати показват, че всички архитектури на дълбоки невронни мрежи са способни да възпроизведат измерванията на референтния алгоритъм в диагностичната PTB база данни със средна точност за детекция на P-вълната (96.6%) и грешки при измерване на начало/край и продължителност на вълни/интервали: средни стойности (-2.6 до 2.4 ms) и стандартни отклонения (2.9 до 11.4 ms). Валидирането в съответствие със стандартните практики за оценка на диагностични електрокардиографи с базата данни на CSE (Common Standards for Electrocardiography) откроява CED-Net модела, който измерва продължителността на P-вълната с точност (2.6 ± 11.0 ms), PQ-интервал (0.9 ± 5.8 ms), QRS-ширина (-2.4 ± 5.4 ms) и QT-интервал (-0.7 ± 10.3 ms), изпълнявайки всички допустими стандартни отклонения. Тестването на мрежите с добавяне на шум към ЕКГ сигнала – високочестотен, нискочестотен и мрежови (50/60 Hz) потвърждава, че CED-Net, CED-Res-Net и CED-LSTM-Net са устойчиви към всички видове шум, повечето представени със средна грешка <2.5 ms в сравнение с измерванията без шум. За U-net архитектурата се наблюдава намалена шумоустойчивост. Сравнителният анализ с други публикувани проучвания оценява това изследване в областта на ниски времеви грешки, подчертавайки конкурентното му представяне.

II. Публикации в показател Г7

Г7.1: Andonov V, Stefanova-Pavlova M, Stoyanov T, Angelova M, Cook G, Klein B, Atanassov K, Vassilev P. (2012) Generalized net model for telehealth services. *Proc. of the 6th IEEE Int. Conf. "Intelligent Systems"*, pp. 221-224, DOI: 10.1109/IS.2012.6335220, ISSN: 1541-1672, IEEE, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6335220>

Резюме

През последните 30 години обобщените мрежи се използват като средство за моделиране на различни процеси в медицината. В настоящата статия се изследва приложение на апарата на обобщените мрежи към подпомагащите технологии, в частност към telehealth услуги (дистанционно медицинско обслужване) и предимствата на използването на такива модели.

Г7.2: Neycheva T, Stoyanov T, Abacherli R, Christov I. (2013) High resolution 16-channel ECG tester simulator for online digital-to-analogue conversion of data from PC. *Computing in Cardiology*, vol. 40, pp. 457-460, ISSN: 2325-8853, IEEE, SJR:0.234, Q3 (Scopus), <https://ieeexplore.ieee.org/document/6713412>

Резюме

Проектирането на съвременни електрокардиографски (ЕКГ) симулатори трябва да е в съответствие с международния стандарт IEC 60601-2-47 от 2012 г., който препоръчва измерванията, детекцията и интерпретацията на резултатите да бъде проверявана, чрез цифровизирани ЕКГ сигнали, взети от пет стандартни бази данни. В съответствие с тази препоръка, ние проектирахме симулатор на ЕКГ тестер с висока разделителна способност, използващ директно цифрово-аналогово преобразуване на данни от персонален компютър. Сигналите, избрани от база данни, се изпращат от компютъра към симулатора през USB порт. Прототипът има 16 независими канала, висока честота на дискретизация 2 KHz, и амплитудна резолюция от 286 nV/bit на аналоговия изход. Влиянието на мрежовите смущения е ограничено, чрез галванична изолация на комуникацията между компютъра и симулатора. Необходимостта от хадуерно вградена схема на Wilson Central Terminal е избегната, чрез използването на математически формули, които преобразуват 12 стандартни отвеждания в 8 първични отвеждания. Разработен е софтуер във Visual C за избор и контрол на режима на работа на симулатора. Предаваните данни се изобразяват в реално време на екрана на компютърния монитор.

Г7.3: Christov I, Neycheva T, Schmid R, Stoyanov T, Abächerli R. (2017) Pseudo real-time low-pass filter in ECG, self-adjustable to the frequency spectra of the waves. *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 55 (9), pp. 1579-1588, DOI: 10.1007/s11517-017-1625-y, ISSN: 1741-0444, Springer, ISI IF: 1.971, Q2 (Web of Science), <https://link.springer.com/article/10.1007/s11517-017-1625-y>

Резюме

Електрокардиограмата (ЕКГ) често е придружена от високочестотен електромиографски (ЕМГ) шум. Шумът трудно се филтрира, поради значителното припокриване на честотния му спектър с честотния спектър на ЕКГ. Днес филтрите трябва да отговарят на новите насоки (2007) за нискочестотно филтриране в ЕКГ, с гранична честота до 150 Hz за юноши и възрастни и до 250 Hz за деца. Ние предлагаме нискочестотен филтър, работещ в псевдо-реално време, с адаптация спрямо честотния спектър на ЕКГ вълните. Филтърът се основава на апроксимационната процедура на Savitzky–Golay с динамична промяна на граничната честота. Филтърът е реализиран в псевдо-реално време (в реално време с известно закъснение). Допълнителна опция е автоматичното включване/изключване в зависимост от наличието/отсъствието на ЕМГ шум. Анализът на предложения филтър показва, че нискочестотните компоненти на ЕКГ (ниско-амплитудни P- и T-вълни, PQ-, ST- и TP-сегменти) се

филтрират с честота на среза от 14 Hz; високо-амплитудните Р и Т вълни се филтрират с честота на среза, максимално запазваща високочестотните компоненти на ЕКГ 20–30 Hz, а високочестотните QRS комплекси се филтрират с гранична честота над 100 Hz. Предложеният динамичен филтър удовлетворява противоречивите изисквания за силно потискане на ЕМГ шума, и едновременно с това – с максимално запазване на високочестотните компоненти на ЕКГ.

Г7.4: Stefanova-Pavlova M, Andonov V, Stoyanov T, Angelova M, Cook G, Klein B, Vassilev P, Stefanova E. (2017) Modeling Telehealth Services with Generalized Nets. *Studies in Computational Intelligence*, vol. 657, pp. 279-290, DOI: 10.1007/978-3-319-41438-6_16, ISSN: 1860-949X, Springer International Publishing Switzerland AG, SJR: 0.187, Q4 (Scopus), https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-41438-6_16

Резюме

Представен е обобщеномрежов модел на процеси, свързани с промени в здравния статус на пациенти. Съвременното състояние на телекомуникациите и технологиите за навигация позволява моделът да бъде разширен, обхващайки случаите с активен и мобилен пациент. Това налага включването на текущата позиция на пациента във формата на нова важна променлива на модела. Различни възможности се разглеждат за извличане на тази информация, с акцент върху оптималните такива. Предложен е и подобрен обобщеномрежов модел.

Г7.5: Vassilev P, Stoyanov T. (2018) On Power Mean Generated Orderings Between Intuitionistic Fuzzy Pairs. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 643, pp. 476-481, DOI:10.1007/978-3-319-66827-7_44, ISSN: 2194-5357, Springer International Publishing AG, SJR: 0.174, Q3 (Scopus), https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-66827-7_44

Резюме

В тази статия ние се връщаме към темата за наредбите над интуиционистки размити двойки и след това представяме по-обща гледна точка за тяхното въвеждане. Това би ни позволило да използваме по-малко строги наредби при създаването на оценки на сходство за обекти, чиито оценки са под формата на интуиционистки размити двойки.

Г7.6: Dotsinsky I, Stoyanov T. (2019) Continuously Tested and Used QRS Detection Algorithm: Free Access to the MATLAB Code. *International Journal Bioautomation*, 23 (1), pp. 61-70, DOI: 10.7546/ijba.2019.23.1.61-70, ISSN: 1314-1902, SJR: 0.242, Q3 (Scopus), https://biomed.bas.bg/bioautomation/2019/vol_23.1/files/23.1_06.pdf

Резюме

Всеки анализ на електрокардиографски (ЕКГ) сигнали започва с детекция на QRS-комплексите, които са най-лесно разпознаваемата вълна в началното изследване. Преди много време публикувахме алгоритъм за детекция на камерни комплекси в едно ЕКГ отвеждане. Класифицирането на нормални QRS комплекси използва няколко критерия, свързани с наклон, амплитуда и ширина на ЕКГ вълните. Друг критерий разпознава камерни екстрасистоли (ectopic beats: EB) по наличието на бифазна вълна, както и открива предсърдни EB измежду вече детектираните QRS комплекси. Целта на тази публикация е да предостави отворен код на нашия алгоритъм за свободен достъп (виж MATLAB програмите в приложение) за по-нататъшни проучвания от научната аудитория.

Г7.7: Dotsinsky I, Stoyanov T, Mihov G. (2020) Power-line Interference Removal from High Sampled ECG Signals Using Modified Version of the Subtraction Procedure. *International Journal Bioautomation*, vol. 24 (4), pp. 381-392, DOI: 10.7546/ijba.2020.24.4.000802, ISSN: 1314-2321, SJR: 0.178, Q4 (Scopus), https://biomed.bas.bg/bioautomation/2019/vol_23.1/files/23.1_06.pdf

Резюме

Записите на ЕКГ сигнали съдържат често остатъчно мрежово смущение (Power Line Interference: PLI). През последните десетилетия бяха публикувани редица методи, алгоритми и техники за неговото потискане. Така наречената субтракционна процедура елиминира PLI почти изцяло, без изкривяване на полезните честотни компоненти в ЕКГ сигналите. Целта на нашето проучване е да разработи евристична версия на процедурата, приложима за ЕКГ сигнали с висока честота на дискретизация до 128 kHz. Мрежовото смущение се отделя от изследвания сигнал чрез лентов филтър от втори ред с практически нулева фазова грешка. Дискретите в така получените синусови вълни се изброяват, а остатъчните леви и десни части на вълните извън дискретите се измерват. Получените данни се използват за компенсиране на грешката, която се получава поради изместването на филтрираните дискрети спрямо тяхната истинска позиция в линейните PQ и TP-интервали с честотен диапазон близък до нула. Изчислените PLI компоненти са подходящо интерполирани, за да се коригират и динамично променените по амплитуда и позиция дискрети (сигнал + шум) в рамките на нелинейните сегменти (QRS комплекси и високи вълни). Усъвършенствената субтракционна процедура е тествана с ЕКГ сигнали с честота на дискретизация 5 и 128 kHz. Максималната абсолютна грешка е около 20 μV извън краищата на обработения сигнал. В направеното изследване е предложен и подход за елиминиране на PLI от ЕКГ сигнали с пейсмейкър импулси. Той включва извличане на тези импулси, повторно дискредитиране на сигнала до 4 kHz и прилагане на субтракционната процедура, последвано от обратно добавяне на отстранените пейсмейкър импулси.

Г7.8: Jekova I, Bortolan G, Stoyanov T, Dotsinsky I. (2020) Multi-type Arrhythmia Classification: Assessment of the Potential of Time and Frequency Domain Features and Different Classifiers. *International Journal Bioautomation*, vol. 24 (2), pp. 153-172, DOI: 10.7546/ijba.2020.24.2.000743, ISSN: 1314-2321, SJR: 0.178, Q4 (Scopus), https://www.biomed.bas.bg/bioautomation/2020/vol_24.2/files/24.2_05.pdf

Резюме

Предсърдното мъждене (Atrial Fibrillation: AF) се асоциира със значителен риск от сърдечна недостатъчност и последващ летален изход. Неговата епизодична поява, както и голямото разнообразие от аритмии, показващи неравномерни RR-интервали, подобни на AF, и индуцираните шумове при регистриране на електрокардиографските (ЕКГ) сигнали, възпрепятстват надеждното откриване на AF. Поради това организаторите на Computing in Cardiology Challenge 2017 насърчават разработването на методи за разпознаване на ритъма в къси едноканални ЕКГ записи като AF, нормален синусов ритъм (Normal Sinus Rhythm: NSR), друг ритъм (Other Rhythm: OR) или шум. Това проучване представя набор от 118 ЕКГ характеристики във времева и честотна област, представящи RR и PP интервали; амплитуди на QRS и P-вълни; проява на ЕКГ в TQ интервалите; отклонение на TQ и PQRST сегментите от техния първи вектор при анализ на главните компоненти; доминираща честота; регулаторен индекс; ширина и площ на спектралната мощност на ЕКГ сигнал с отстранени QRS комплекси. Три класификационни техники са приложени на повече от 118 ЕКГ характеристики – линеен дискриминантен анализ (ЛДА), класификационно дърво (КД) и невронни мрежи (НМ). Оценките на едно тестово подмножество са: (i) FNSR = 0.81; FAF = 0.61; FOR = 0.53, F1 = 0.65 за КД, който е най-опростения модел; (ii) FNSR = 0.82; FAF = 0.62; FOR = 0.53, F1 = 0.66 за ЛДА - моделът с най-възпроизводимата точност; (iii) FNSR = 0.86; FAF = 0.74; FOR = 0.57, F1 = 0.72 за НМ, представяща най-точния модел.

Г7.9: Jekova I, Vassilev P, Stoyanov T, Pencheva T. (2021) InterCriteria Analysis: Application for ECG Data Analysis. *Mathematics*, vol. 9 (8), 854, pp. 1-16, DOI: 10.3390/math9080854, ISSN: 2227-7390, MDPI, ISI-IF: 2.592, Q1 (Web of Science), <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/8/854>

Резюме

Интеркритериалният анализ (ИКА) се основава на математическите формализми на индексиранияте матрици и интуиционистки размитите множества. Доразвит е, за да се открият възможни прилики в поведението на двойки от критерии, когато се разглеждат много обекти, което позволява също така да се отчете и информационната неопределеност. Фокусът на това проучване е да се провери приложимостта на ИКА върху голям набор от ЕКГ критерии, извлечени за анализ на аритмии и да се оцени способността му да подпомогне предварителния подбор на критерии, които могат да бъдат допълнително включени в процедурите за вземане на решения. ИКА е приложен прилага над 88 ЕКГ критерии (което отговаря на 3828 двойки критерии), изчислени за 8528 ЕКГ записа от базата данни PhysioNet/CinC Challenge 2017. Три двойки критерии показват силен положителен консонанс, други 26 – положителен консонанс, докато други 15 са в отрицателен консонанс. ИКА също така разкрива липсата на зависимости в 98 двойки критерии. Съответствието между нашите наблюдения (високи степени на съгласуване/несъгласуване и липса на зависимости) и нашите очаквания, основани на познаване на принципите, включени в изчисляването на ЕКГ критериите, валидира прилагането на ИКА за надеждна оценка на връзките между различните критерии. Този потенциал на ИКА да подчертава полезни връзки между ЕКГ критериите го прави подходящ в етапа на предварителна обработка на ЕКГ сигналите за предварителен избор на критерии. По този начин може да се постигне оптимизиране на пространството на признаците и едновременно с това минимизиране на сложността на изчисленията.

Г7.10: Stoyanov T. (2022) Web-Based Software Tool for Electrocardiogram Annotation. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 374, pp. 322-331, DOI: 10.1007/978-3-030-96638-6_34, ISSN:2367-3370, Springer, Cham, SJR: 0.151, Q4 (Scopus), https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-96638-6_34

Резюме

Ръчната анотация на големи многоканални електрокардиографски (ЕКГ) бази данни е предизвикателство, особено в контекста на осигуряване на ясна визуализация, лесни инструменти за анотация и едновременен достъп от множество експерти чрез разширена интернет връзка. Целта на тази работа е да представи платформата за разработка и възможностите на интернет базиран инструмент за целите на удобно за потребителя ръчно анотиране на времевите и амплитудни параметри на сърдечните удари в 12-канални ЕКГ записи. Софтуерът за анотация се състои от: (i) сървърно базирано приложение, написано на Python в среда Django, с включен инструмент за управление на база данни SQLite; и (ii) уеб-базирана потребителска програма, създадена в среда на Node Package Manager под React JavaScript framework. Сървърната част съдържа процедури за работа с ЕКГ сигналите (в т.ч. приемане и запис), запазване на ръчно анотирани данни и генериране на усреднени сърдечни цикли. Потребителската част на софтуера се състои от: (i) графичен интерфейс за изобразяване на 12-канално ЕКГ и управление на потребителските входно/изходни команди; (ii) модул за анотация, който предоставя инструменти за маркиране и промяна на позициите и типа на камерните комплекси; (iii) модулът за усреден сърдечен цикъл, който предоставя опция за превключване между отвежданията, предоставя графични маркери за анотация на опорни точки и времеви интервали в осреднената форма на вълната на сърдечния ритъм и задава типа на средния ритъм; и (iv) модул за тип ритъм, който показва текущия ритъм и дава възможност за неговата промяна. Софтуерът е отворен за по-нататъшни разработки. Представеният инструмент за анотации може потенциално да се използва за анотации на големи ЕКГ бази данни, без ограничения за броя на ЕКГ отвежданията и броя на анотациите за всеки ЕКГ запис. Това е в съответствие с новите тенденции за работа с големи ЕКГ бази данни от множество източници, които са в основата на текущите платформи за машинно обучение и дълбоко машинно обучение на алгоритми за обработка на ЕКГ сигнали и класификация на аритмии.

III. Публикации в показател Г8

Г8.1: Matveev M, Naydenov S, Krasteva V, Mudrov N, Stoyanov T. (2005) Assessment of the infarct size from high-resolution ECG computer-based system. *Proc. 14-th Internat. Sci. Conf. "Electronics'2005", Sozopol, Sept.21-23, 2005, book 4, pp. 55-60, ISBN 954-438-520-7, Technical University – Sofia,* https://ecad.tu-sofia.bg/et/2005/pdf/Paper047-M_Matveev.pdf

Резюме

Това проучване описва прилагането на компютърно базирана многоканална ЕКГ система в отделение за интензивно коронарно лечение за наблюдение на пациенти с остър миокарден инфаркт (ОМИ), като по този начин предоставя удобен метод за прецизна оценка на размера на поразената област от инфаркта. Разработена е компютърно базирана многоканална ЕКГ система която записва, обработва, анализира и визуализира 12 стандартни отвеждания, както и да позволява прилагането на усъвършенствани прегледи и тестове върху получените ЕКГ сигнали с висока разделителна способност. Петнадесет пациенти с клинична симптоматика, ЕКГ и лабораторни признаци за ОМИ със ST-елевация от Катедрата по вътрешни болести "Проф. Ст. Киркович", Медицински университет - София, бяха изследвани с разработената ЕКГ система. Проучихме подхода за анализ на ЕКГ записи с висока разделителна способност, по специално синтезирането на вектор-кардиограма с някои допълнителни трансформации, с цел предоставяне на адекватна информация за размера и областта на инфаркта.

Г8.2: Neycheva T, Stoyanov T. (2007) High-resolution front-end for ECG signal processing. *Proc. 16-th Internat. Sci. Conf. "Electronics'2007", Sozopol, Sept.19-21, 2007, book 2, pp. 61-66, ISSN:1313-1842, Technical University – Sofia,* https://ecad.tu-sofia.bg/et/2007/ET2007%20Book2/Electronic%20Medical%20Equipment/61-Paper-T_Neycheva.pdf

Резюме

Тази статия представя прототип на система за запис на 12-канална електрокардиограма (ЕКГ) с висока резолюция (24-бита) на отделения модул. Записването на ЕКГ сигнала с висока разделителна способност прави системата подходяща за запис на късни потенциали, които са високочестотни вълнови форми от порядъка на микроволти в крайната част на QRS комплекса при пациенти, склонни към продължителна камерна тахикардия. Отделеният модул съдържа 12-канален ЕКГ усилвател с вграден модул за управление на потенциал на тялото. Изходите на усилвателите към делта-сигма аналого-цифров преобразувател (АЦП). Всички АЦП работят синхронно с 8 kHz честота на дискретизация, и данните се предават към компютър посредством USB порт. Предложената система може да се използва в помощ и на други програми за запис и обработка на сигнали, където са необходими много канали и висока резолюция на сигнала.

Г8.3: Dotsinsky I, Stoyanov T. (2008) Power-line Interference Removal from ECG in Case of Power-line Frequency Variations. *International Journal Bioautomation, vol. 10, pp. 88-96, ISSN:1312-451X,* https://www.biomed.bas.bg/bioautomation/2008/vol_10.1/files/10_3.4.pdf

Резюме

Първоначалната версия на най-успешния подход за елиминиране на мрежовото смущение (Power Line: PL) от ЕКГ сигнал, наречен субтракционна процедура, се основава на откриване на линеен сегмент в сигнала и хардуерно синхронизирано аналогово-цифрово преобразуване, за да се справи с вариациите на честотата на PL. Но тази синхронизация не е приложима за ЕКГ модули с батерийно хранване и някои компютърно базирани системи. Неотдавнашно подобрене в процедурата е прилагането на софтуерно измерване на честотната вариация, която позволява промяна на честотата на дискретизация на смесения ЕКГ сигнал с PL, следван от потискане на смущението и обратна промяна на честотата на дискретизация с цел възстановяване на първоначалните времеви интервали. Това проучване се занимава с по-точно

софтуерно измерване на честотата на мрежовото смущение и въвежда блокиращ лентов филтър като алтернативна процедура, когато не се срещат линейни сегменти за дълго време, напр. в случаи на камерна фибриляция или тахикардия. Резултатите получени при големи честотни вариации на PL показват много малки грешки, обикновено в порядък от $\pm 20\mu V$ за субтракционната процедура и $\pm 60\mu V$ за блокиращ лентов филтър, като последните стойности силно зависят от честотния спектър на QRS комплексите.

Г8.4: Доцински И, Кръстева В, Жекова И, Христов И, Стоянов Т. (2008) Разпознаване на екстрасистоли в електрокардиограмата: обзор на методи и алгоритми, приложими в квазиреално време. Автоматика и Информатика, No 4/2008, pp. 25-30, ISSN: 0861-7562.

Резюме

Ритмичната дейност на сърцето се управлява от специфична проводна система, която възбужда предсърдията и камерите в строго определена последователност. В електрокардиограмата (ЕКГ) камерните съкращения (контракции) съответстват на относително постоянни по форма QRS комплекси. Разстоянията между тях (RR интервали) характеризират сърдечния ритъм, който се променя слабо в синхрон с дихателния акт. При нарушения в проводната система някои зони на сърдечния мускул (миокарда) могат да предизвикат ненавременни съкращения - екстрасистоли, за които дължината на RR интервалите и/или формата на QRS комплексите се променят значително. Екстрасистолите, генерирани в предсърдията (надкамерни), водят само до разлики в RR интервалите, защото възбудата достига до камерите по специфичния за тях проведен път. За разлика от тях камерните екстрасистоли се различават и по форма от нормалните QRS комплекси. Единичната екстрасистола не предизвиква симптоми, но появата на множество единични екстрасистоли е знак за нарушения в процесите на деполяризация, който в редица случаи предшества възникването на животозастрашаващи сърдечни аритмии. Автоматичното разпознаване и класификация на камерните контракции като нормални QRS комплекси и екстрасистоли е обект на дългогодишни изследвания. Това е основата на ритъмния анализ, който се прилага при продължителни 24-часови записи на ЕКГ (Holter системи) и при мониторингните системи в интензивните и хирургичните отделения за откриване и следене на нарушения в сърдечната функция.

Г8.5: Christov I, Jekova I, Krasteva V, Dotsinsky I, Stoyanov T. (2009) Rhythm analysis by heartbeat classification in the electrocardiogram. *International Journal Bioautomation*, vol. 13 (2), pp. 84-96, ISSN: 1312-451X, https://biomed.bas.bg/bioautomation/2009/vol_13.2/files/13.2_4.2.pdf

Резюме

Морфологичният и ритъмният анализ на електрокардиограмата (ЕКГ) се основава на откриване на камерни комплекси, измерване на параметри на вълните, като амплитуди, ширини, полярности, интервали и отношения между тях и последваща класификация, подпомагаща диагностичния процес. Редица алгоритми за детекция и класификация на QRS комплексите бяха разработени в Централната лаборатория по биомедицинско инженерство „Проф. Иван Даскалов“ – Българска академия на науките и описани в тази статия. Въведени са комбинирани критерии, отнасящи се до площите и амплитудите в областта на QRS-комплексите, формите на вълните, оценени чрез стръмни склонове и остри върхове, вектор-кардиографски (ВКГ) дескриптори на контури, неравномерност на RR-интервалите. Алгоритмите са проектирани за прилагане върху едно ЕКГ отвеждане, синтезирано отвеждане, получено от многоканални синхронни записи, или едновременен многоканален анализ. Някои подходи се основават на съвпадение на шаблони, кръстосана корелация или разчитат на непрекъснато актуализиране на адаптивните прагове. Разработени са различни методи за класификация на камерните комплекси, включващи дискриминантен анализ, K-те най-близки съседи, размити множества, генетични алгоритми, невронни мрежи и др. Ефективността на разработените методи е

оценена с помощта на международно признати ЕКГ бази данни с аритмии, аотирани QRS комплекси и ритъмни нарушения. В заключение, постигнати са високи стойности за специфичност и чувствителност, конкурентни на тези, докладвани в литературата.

Г8.6: Krasteva V, Jekova I, Stoyanov T, Didon JP. (2009) Hands-off intervals during cardiopulmonary resuscitation: duration and effect on the ECG analysis. *International Journal Bioautomation*, vol. 13 (4), pp. 29-38, ISSN: 1312-451X, https://www.biomed.bas.bg/bioautomation/2009/vol_13.4/files/13.4_1.05.pdf

Резюме

Скорошни изследвания бяха насочени към разработване на системи за вземане на решение за шок (Shock advisory system: SAS) в автоматични външни дефибрилатори, които непрекъснато анализират електрокардиограмата (ЕКГ) по време на непрекъснати компресии на гръдния кош (chest compressions: CC). Като част от процеса на кардио-белодробната реанимация, кратките интервали за вдишване прекъсват гръдните компресии (CC паузи), но по този начин прекъсват и процеса за SAS анализ. Това проучване е приложено върху 530 ЕКГ епохи с CC артефакти, взети от 168 пациенти, които са претърпели извън-болнични реанимационни интервенции с автоматични външни дефибрилатори. Направено е статистическо изследване на времетраенето на CC паузите, което показва ненормално разпределение с медианна стойност от 4s, кватрилен диапазон между 3s и 5s, мин.-макс. диапазон между 1s и 10s. Друг фокус е ефектът от пропускане на CC паузите върху точността на SAS, който е изследван, чрез анализ на нелинеен ЕКГ сигнал с CC-артефакти, получен от свързване на сегменти преди и след CC паузата. SAS е тестван с различни интервали на свързване [t1, t2], където t1 е времето преди CC паузата, t2 е времето след CC паузата, t1+t2=10 секунди. Точността на SAS при анализ на ЕКГ сигнал с линейни CC артефакти [10s+0s] сравнена с нелинейно свързани артефакти [9s+1s], [8s+2s], [7s+3s], [6s+4s], [5s+5s], показва незначима разлика (p>0.05) за различните аритмии: камерна фибриляция между 86% и 90.3%, нормални ритми между 88.4% и 93.5%, асистолия между 80.4% и 87.3%. Няколко примера илюстрират ефективността на процеса на SAS анализ върху различни CC артефакти и ЕКГ аритмии.

Г8.7: Кръстева В, Жекова И, Мудров Н, Стоянов Т. (2009) Автоматични външни дефибрилатори. Списание на БАН, 4, pp. 13-17, ISSN:0007-3989.

Резюме

Представени са някои разработки на системи в автоматични външни дефибрилатори (АВД), поддържащи тяхната специфична обществено-достъпна употреба, както следва:

- Дефибрилационни импулси: Оптимизиране на формата на вълната и проектиране на импулсна бифазна технология с контролиран работен цикъл на високочестотно-модулирани импулси, която е внедрена в търговски АВД. Предимството са малки устройства, поддържащи нискоенергийна дефибрилация с подобрена ефективност и по-малък риск от увреждане на миокарда.
- Система за вземане на решения: Разработване на точен и бърз алгоритъм за автоматичен анализ на електрокардиограмата (ЕКГ) за откриване на ритми подлежащи и неподлежащи на дефибрилация. Системата е внедрена в търговски АВД и взема автономно решение за прилагане на шок, без интерпретация на ритъма от експерт.
- Система, работеща по време на кардио-белодробна реанимация: Разработване на два модула: (1) Анализ на ЕКГ по време на артефакти от сърдечен масаж, който препоръчва спиране или продължаване на реанимационната процедура. Постигната е приемлива точност при минимални паузи без компресии за подобряване на ефективността на реанимацията; (2) обратна връзка за контрол на качеството на кардио-белодробна реанимация, чрез измерване на дълбочината и честотата на компресиите на гръдния кош. Системата е за обучение или консултиране на спасителите по време на реанимация.

Г8.8: Stoyanov T, Christov I, Jekova I, Krasteva V. (2010) Online adaptive filter for mains interference suppression in diagnostic electrocardiographs: Cases of amplitude and frequency deviation. *Annual Journal of Electronics*, vol. 4 (2), pp. 150-153, ISSN:1314-0078, Technical University – Sofia.

Резюме

В тази статия е представен адаптивен филтър, работещ в реално време за потискане на мрежовото смущение. Филтърът удовлетворява стандарта IEC 60601-2-51 за диагностичните ЕКГ апарати, с остатъчен шум $< 25\mu\text{V}$, когато скоростта на нарастване на QRS комплексите е до $60\mu\text{V}/\text{ms}$. Филтърът може да следи промяна на амплитудата до $2400\mu\text{V}/\text{s}$, както и изменението на честотата до $0.15\text{ Hz}/\text{s}$ за централни честоти 50 Hz и 60 Hz на мрежовото смущение.

Г8.9: Mudrov Ts, Krasteva V, Jekova I, Mudrov N, Matveev M, Stoyanov T. (2010) Device for data collection during cardioversion. *Annual Journal of Electronics*, vol. 4 (2), pp. 142-145, ISSN:1313-1842, Technical University – Sofia

Резюме

Това проучване представя система за измерване, наречена DEFIMPULSE Recorder, разработена за събиране на данни с висока разделителна способност, свързана с реакцията на пациента по време на кардиоверсия. DEFIMPULSE Recorder получава сигнали чрез двата лепящи гръдни електрода за ЕКГ/дефибрилация и осигурява: (i) запис на импулси с висок интензитет на напрежение и ток по време на дефибрилационни шокове; (ii) продължителен запис на ЕКГ и високочестотен импеданс (базова стойност и вариация). Корелацията на този разширен набор от данни с диагностичните показатели на пациента е мощен инструмент за статистическа оценка на оптималните настройки на стимулите с подобрена ефективност на терапията.

Г8.10: Мудров Н, Мудров Ц, Доцински И, Костов Ж, Матвеев М, Стоянов Т, Сотирова Л. (2010) Еталон за проверка на цифрови електрокардиографи. XX национален научен симпозиум с международно участие "Метрология и метрологично осигуряване 2010", 9-13 септември, 2010, Созопол, България, pp. 425-432.

Резюме

Цифровите електрокардиографи (ЕКГ) се сред най-разпространените електронни уреди в здравеопазването. Анализът на електрокардиограми има съществен принос при диагностициране на сърдечносъдовите и други заболявания. Затова, периодичната проверка на параметрите на цифровите ЕКГ е от изключителна важност. Аналоговите електрокардиографи се проверяват съгласно НАРЕДБА приета от МПС №239 от 24.10.2003 г. и съобразена с международната метрологична рекомендация OIML R 90. Тези апарати се срещат все по-рядко. Това направи актуално разработването на нов еталон за проверка на цифрови електрокардиографи. Освен клаузите от OIML R 90, които са валидни и за цифровите ЕКГ, в разработения еталон бяха вградени и някои тестови сигнали, заимствани от хармонизирания с Европейската директива стандарт IEC 60601-2-51. Еталонът позволява до голяма степен автоматизиране на проверката. Последователността на генериране на тестовите сигнали е оптимизирана. Необходимите превключвания се извършват без намесата на оператора, освен когато е необходимо да се проверяват отделни избрани параметри. Разработеният еталон беше произведен в малка серия от 6 апарата, които бяха калибрирани и предоставени на регионалните звена на Български Институт по метрология за ползване при проверки на цифрови електрокардиографи.

Г8.11: Dotsinsky I, Stoyanov T, Mudrov Ts. (2013) Power-line frequency monitoring using component of the subtraction procedure for ECG processing. *Annual Journal of Electronics*, vol. 7, pp. 54-56, ISSN: 1314-0078, Technical University – Sofia.

Резюме

Така наречената субтракционна процедура елиминира мрежовото смущение от електрокардиограмата (ЕКГ), без да влияе на полезните честотни компоненти на ЕКГ сигналите, близки до честотата на мрежовото смущение. Един подход от тази процедура, насочен към проследяване на промяната на мрежовата честота е приложен в това изследване за непрекъснато измерване на честотата на захранващата мрежа.

Г8.12: Vassilev P, Stoyanov T. (2014) Note on isohesitant intuitionistic fuzzy sets. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, vol. 20 (2), pp. 27-30, Zentralblatt MATH (Zbl 1396.03104), https://ifigenia.org/wiki/Issue:Note_on_isohesitant_intuitionistic_fuzzy_sets.

Резюме

В настоящата статия е разгледан класът на всички интуиционистки размити множества, дефинирани върху универсум X с едно и също разпределение на неопределеност. Някои свойства и понятия характерни за представителите на този клас са изследвани и изучени.

Г8.13: Vassilev, P, Stoyanov, T. (2016) On a new ordering between intuitionistic fuzzy pairs. 8th European Symposium on Computational Intelligence and Mathematics. Sofia (Bulgaria), October 5-8, 2016, pp. 77-80, ISBN:978-84-617-5119-8, <http://escim2016.uca.es/proceedings/>

Резюме:

В тази статия изследваме наредбите между интуиционистки размитите двойки и откриваме някои връзки между тях. Нашата цел е да създадем смислен автоматизиран начин за определяне на обект, който най-добре отговаря на даден обект, когато този специфичен обект се сравнява с всички останали и резултатът от това сравнение е във формата на интуиционистични размити двойки. Нашата идея е да получим начин за сравнение, който може да се използва за идентифициране на потенциално подобни структури, текстове, геометрични шаблони, които по-късно могат да бъдат обработени с други методи за проверка или отхвърляне на тази първоначална хипотеза.

Г8.14: Христов И, Нейчева Т, Стоянов Т, Доцински И, Симов Д. (2018) Обработка и анализ на електрокардиографски сигнали. Списание на БАН, vol. 11 (4), pp. 11-19, ISSN: 0007-3989, Издателство на БАН „Проф. Марин Дринов“, http://www.stil.bas.bg/journBAS/cont2018_4_BG.html

Резюме:

1. *Динамичен нискочестотен филтър за потискане на електромиографския шум в електрокардиограмите:*

Създадохме нискочестотен филтър, който работи в псевдо-реално време и се самонастройва към честотния спектър на ЕКГ вълните. Филтърът се основава на апроксимационната процедура на Savitzky–Golay с динамична промяна на граничната честота. Филтърът е реализиран в псевдореално време (реално време с известно закъснение). Допълнителна опция е автоматичното включване/изключване, в зависимост от наличието/отсъствието на ЕМГ шум. Анализът на предложения филтър показва, че нискочестотните компоненти на ЕКГ (нискомощни Р- и Т-вълни, PQ-, ST- и TP-сегменти) се филтрират с честота на среза от 14 Hz. Отделно, вълни с по-висока мощност (Р- и Т-вълните) се филтрират с гранична честота в диапазона 20-30 Hz, а високочестотните QRS комплекси се филтрират с гранична честота 100-420 Hz. Предложеният динамичен филтър удовлетворява противоречивите изисквания за силно

потискане на ЕМГ шума при максимално запазване на високочестотните компоненти на ЕКГ сигналите.

2. *ЕКГ промените като рискови маркери при някои физиологични и патологични състояния на пациентите:*

Промените в електрокардиограмата при различни групи пациенти бяха измерени и анализирани в няколко аспекта:

- Промени, свързани със стареенето в проведено 5-годишно изследване.
- Промени, провокирани от диагностични тестове: синдром на Brugada и стандартен стрес-тест.
- Промени след байпас.
- Промени по време на хемодиализа при пациенти с бъбречни заболявания.
- Промени при пациенти с диабет.

Заклучение: Анализираните ЕКГ параметри и тяхната промяна, свързана със стареенето, физиологичните изследвания и сърдечните операции са силно надеждни рискови маркери, показателни за влошаване на сърдечната функция и внезапна сърдечна смърт.

Г8.15: Стоянов Т. Компютърно базирана ЕКГ система. *Годишник на секция "Информатика", Съюз на учените в България, том 10 (2019/2020), pp. 54-60, ISSN:1313-6852, Издателство на Съюза на учените в България.*

Резюме

Разработена е записваща ЕКГ система за персонален компютър (ПК), която приема синхронно сигналите от всички електроди чрез допълнително изолиран усилвател. Отстранява мрежовите смущения и потиска дрейфа на нулевата линия, представя в реално време на екрана записвания сигнал. Приетите сигнали се записват в паметта на ПК и после, след края на записа, се записват на твърдия диск за по-нататъшна обработка и анализ.