

ОТК 78-112-069
20.02.2024



РЕЗЮМЕТА НА ТРУДОВЕТЕ

на гл. ас. д-р инж. Юлиан [REDACTED] Велчев,
представени за участие в конкурс за заемане на академична
длъжност "доцент" в област на висше образование Технически
науки, професионално направление 5.3 Комуникационна и
компютърна техника, научна специалност "Теоретични основи на
комуникационната техника", обявен в Държавен вестник брой
97/21.11.2023 г.

ABSTRACTS OF THE WORKS

of Chief Assistant PhD Eng. Yuliyana [REDACTED] Velchev,
presented for participation in a competition for the occupation of an
academic position "Associated Professor" in the field of higher education
Technical sciences, professional direction 5.3 Communication and
computer technology, scientific specialty "Theoretical foundations of
telecommunications", published in the State Gazette number
97/21.11.2023

I Обща характеристика на трудовете

За участие в конкурса са представени **23** научни труда (извън тези, ползвани за придобиване на ОНС "доктор"), които включват:

- Хабилитационен труд – монография по показател В3 от група В;
- 11 научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация по показател Г7 от група Г. От тях **7** са публикувани в издания със SJR индикатор;
- 11 научни публикации в реферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове по показател Г8 от група Г.

Представена е справка за общо **25** цитирания в SCOPUS на научните трудове на кандидата, които са най-пряко свързани с научната специалност на конкурса. Общият брой на цитиранията в SCOPUS е **87**. Документирано е участието в **3** национални проекта. Кандидатът представя и едно публикувано университетско учебно пособие (ръководство за лабораторни упражнения).

Монографията е издадена на български език, а статиите и докладите са на английски. Те са издадени в международни научни списания или в сборници с научни трудове на международни и национални с международно участие научни форуми. Кандидатът представя **4** самостоятелни публикации. От тези в съавторство е първи автор в **7** от тях, а в **5** е на второ

място. Представена е една глава от книга, една статия в научно списание, както и 20 на брой доклади, представени на международни научни конференции или на национални научни конференции с международно участие, проведени в България. Главата от книгата е публикувана с отворен достъп в "IntechOpen" (DOI: <https://doi.org/10.5772/21842>). С отворен достъп е и публикуваната статия в списание: "International Journal of Emerging Engineering Research and Technology", том 4, ISSN: 2349-4409 (електронен формат). Докладите на конференциите могат да бъдат намерени в следните сборници: "Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering"; "Digital Media Industry and Academic Forum"; "International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems"; "International Conference on Communication Workshop"; "IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking"; "International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies"; "National Conference with International Participation, TELECOM"; "National Conference with International Participation, ELECTRONICA"; "International Scientific Conference Electronics"; "International Conference on High Technology for Sustainable Development".

Извършените изследвания и получените резултати са систематизирани в следните тематични направления:

1. Компресия на електрокардиографски сигнали [B3], [Г7.6], [Г7.8];
2. Системи за снемане и анализ на едномерни биомедицински сигнали [Г7.3], [Г7.5], [Г7.10], [Г8.1], [Г8.2], [Г8.3], [Г8.4], [Г8.5], [Г8.6], [Г8.8], [Г8.10], [Г8.11];
3. Автоматизирано разпознаване на човешките емоции и активности [Г7.1], [Г7.2], [Г7.4];
4. Безжични комуникации [Г7.9], [Г7.11], [Г8.7];
5. Обучение [Г7.7], [Г8.9], [E24.1].

II Показател А1. Дисертационен труд за присъждане на ОНС „доктор“

А1. Ю. Велчев, "Алгоритми за извличане на признаци за анализ на електрокардиографски сигнали", Автореферат на дисертация за получаване на образователната и научна степен "доктор", София, ТУ – София, (2011), COBISS.BG-ID – 1263537892, COBISS.BG-ID – 1263539684, URL: <https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/bg/bib/nbkm/1263537892>, URL: <https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/bg/bib/nacid/1263539684>

Изследванията в дисертационния труд са проведени в следните три насоки:

1. Разработване на алгоритми за анализ на електрокардиографски сигнали на ниво вълни и сърдечни цикли. Предложени са алгоритми за сегментиране на сигнала на кардиоцикли, клъстеризация и анализ. Клъстеризацията е базирана на самоорганизиращи се мрежи и се извършва върху признаци, определени от анализ по главни компоненти;
2. Разработване на алгоритми за сегментиране на електрокардиографски сигнали на стандартни области на интерес. Алгоритмите са базирани на последователности вероятностни модели. Признаците се извличат чрез прилагане на непрекъснато усилвател преобразуване;

3. Разработване на алгоритми за персонална идентификация чрез анализ на електрокардиографски сигнали. Алгоритмите са базирани на анализ по главни компоненти и линеен дискриминантен анализ, както и на нелинейните версии на споменатите преобразувания.

III Показател В3. Хабилитационен труд — монография

В3. Ю. Велчев, “Алгоритми за компресия на електрокардиографски сигнали”, Монография, София, EUT+ Academic Press, (2023), ISBN: 978-619-92237-2-7 мека подвързия, ISBN: 978-619-92237-3-4 pdf, DOI: <https://doi.org/10.21427/17sz-yg71>, COBISS.BG-ID – 58498056, URL: <https://arrow.tudublin.ie/eutpressbooks/2/>

В монографията се разглеждат съвременните методи и алгоритми за компресия на електрокардиографски (ЕКГ) сигнали. В нейната оригинална част са предложени алгоритми за компресия със загуби, базирани на комбинации от линейни преобразувания и характеризирани се с относително ниска изчислителна сложност. Това ги прави приложими за реализация в мобилни или вградени устройства. Тъй като алгоритмите не позволяват перфектно възстановяване на сигнала, те биха намерили приложение по-скоро в системите за ЕКГ мониторинг, отколкото в тези, предназначени за прецизна медицинска диагностика.

Монографията е с обем от 128 страници, като включва: резюме; предговор; 5 глави; заключение; използвана литература. Цитирани са 122 литературни източника, всичките на латиница. Монографията е издадена на български език.

В първа глава е направено въведение в основите на ЕКГ, започвайки с описание на анатомията и физиологията на човешкото сърце. В главата се дава информация относно електрическата активност на сърцето, нейната връзка с вълните, комплексите и сегментите, които са характерни за нормалната ЕКГ, както и на най-използваните системи за кардиографски отвеждания. В края на главата са систематизирани най-важните параметри на ЕКГ сигналите, типичните артефакти, които ги съпътстват, както и източниците на информационен излишък.

Втора глава представлява детайлно проучване относно съвременните, ефективни и широко утвърдени методи и алгоритми за компресия (без и със загуби) на ЕКГ сигнали. В началото на главата са формулирани стандартните критерии за оценка на даден метод за ЕКГ компресия: степен на компресия; процентна средноквадратична разлика; качествена оценка. Първият критерий е относителното редуциране на размера на данните, постигнато чрез прилагане на компресията, докато процентната средноквадратична разлика дава оценка за качеството на сигнала след неговото възстановяване. Качествената оценка се дефинира като отношението на степента на компресия към процентната средноквадратична разлика, т.е. колкото е по-голяма качествената оценка, толкова по-добър е методът за компресия. В главата са разглеждани и анализирани над 100 относими към темата публикации. Те са систематизирани в няколко групи съгласно основния подход, който е заложен в тях. Методи, базирани на линейно предсказване, дискретно косинус преобразуване, уейвлет преобразуване, анализ по главни компоненти, декомпозиция по сингулярни стойности, компресиращо отчитане, декомпозиция на емпирични моди, векторно квантуване, машинно обучение и много други са анализирани по отношение на техните недостатъци и възможности за усъвършенстване. Формулирана е целта на научния труд, а именно да бъдат създадени нови алгоритми за компресия със загуби на ЕКГ сигнали, които се характеризират с висока ефективност и ниска изчислителна сложност.

В трета глава е предложен и описан нов алгоритъм за компресия на многоканални ЕКГ. Той комбинира две линейни преобразувания за намаляване на размерността. Първото от тях е анализ по главни компоненти (англ. Principal Component Analysis, PCA), чрез който се постига декорелиране на данните по отношение на отделните отвеждания. Броят на най-значимите

главни компоненти се определя съгласно това каква част от общата дисперсия на данните да бъде съхранена. Предложено е анализът по главни компоненти да се извършва посредством алгоритъм, наречен нелинеен итеративен метод на частичните най-малки квадрати, чиято изчислителна сложност е съизмерима със собствената декомпозиция. Този алгоритъм не изисква определяне на ковариационна матрица, следователно се постига оптимизация по отношение на използваната оперативна памет. Проекциите, които са резултат от анализа по главни компоненти, се подлагат на едномерна дискретна косинус трансформация (англ. Discrete Cosine Transform, DCT), което се явява второ линейно преобразуване в подхода. Получените коефициенти се кодират чрез кодиране по дължина на серията, осъществено на ниво байт. Реализирано е и аритметично кодиране като алтернатива, но не се наблюдава значително подобрене в ефективността в сравнение с кодирането по дължина на серията. Представеният алгоритъм се реферира в монографията като PCA-DCT. Той се явява развитие на публикувания в [Г7.8]. В края на главата е предложен формат за организация на данните в компресираните фрагменти. Форматът е съвместим както PCA-DCT, така и с усъвършенствания вариант на алгоритъма, описан в следващата глава.

В четвърта глава е предложено усъвършенстване на предходния алгоритъм. По същество то е замяна на дискретната косинус трансформация с дискретно уейвлет преобразуване (англ. Discrete Wavelet Transform). Значимите коефициенти се определят посредством прилагане на "твърд" праг. Неговата стойност е различна за всяко ниво на декомпозиция и се определя на базата на статистически анализ на шума, насложен върху сигнала. Мрежовите смущения са теснолентови и могат да бъдат редуцирани преди етапа на компресията, а дрейфът на нулевата линия практически не се повлиява от алгоритъма на компресия. Следователно артефактите от движението на електродите и активността на скелетната мускулатура са счестени за доминиращи негативни въздействия и статистическият анализ е извършен върху комбинация от техни реализации. От този анализ е доказано, че стойността на прага е много близо до тази за стандартизираното нормално разпределение. "Оптималният" базис на дискретното уейвлет преобразуване (уейвлет функция и брой на нивата на декомпозиция) е определен по експериментален път чрез максимизиране на критерий, отчитащ степента на резреденост на уейвлет коефициентите и процентната средноквадратична разлика. Мярката за резреденост е по същество относителният брой на коефициентите, попадащи под определената стойност на прага. За коректното определяне на процентната средноквадратична разлика е необходимо да се разполага с версия на сигнала, в която липсва шум, но това условие не се удовлетворява за който и да е реален ЕКГ. По тази причина е избран подходът с генериране на синтетичен ЕКГ и добавяне към него на типичните смущения с определено отношение сигнал-шум. Синтетичният ЕКГ сигнал е съставен от кардицикли с променлива моментна сърдечна честота. QT интервалите са мащабирани, използвайки утвърдената формула на Bazet. Тъй като смущенията от движението на електродите могат да наподобяват вълните в ЕКГ, счестено е за целесъобразно изследванията да се правят като към синтетичния сигнал се добавят само мускулни артефакти. Записи на мускулни артефакти са представени в MIT-BIH Noise Stress Test Database, но тъй като продължителността им е твърде кратка, се налага те да бъдат използвани за обучение на авторегресивен модел, чрез който да бъдат генерирани достатъчно продължителни реализации. Подходът не е перфектен, защото моделира артефактите като стационарен процес. За определяне на реда на модела е използван анализ на информационния критерий на Akaike. За мускулните артефакти, оптималният ред на модела е 7. Генерираните от модела смущения са добавени към синтетичния ЕКГ със следните стойности на отношението сигнал-шум: 6 dB; 9 dB; 12 dB. Оценени са множество уейвлет функции при различни нива на декомпозиция, и като резултат биортогоналният уейвлет 2.2 с 3 нива на декомпозиция се явява "оптимален" базис за ЕКГ, дискретизиран с честота 250 Hz. Този базис е най-добър при следните два случая: когато дискретното уейвлет преобразуване се прилага върху ЕКГ проекциите, определени чрез анализ по главни компоненти; когато дискретното уейвлет пре-

образуване се прилага директно върху многоканалния ЕКГ сигнал. Предложеният алгоритъм носи абривиатурата PCA-DWT.

В пета глава са представени резултатите от проведените експериментални изследвания. Предложените алгоритми са валидирани и оценени чрез ЕКГ записи, взети от базата данни RTW-XL. Записите са обособени в няколко диагностични групи: нормална ЕКГ; инфаркт на миокарда; изменения в ST-T сегмента; проводни нарушения; хипертрофия. Експериментите са проведени както за всяка диагностична група поотделно, така и за всички записи в базата от данни. Първото описано изследване е зависимостта на процентната средноквадратична разлика от броя на използваните главни компоненти. Резултатите показват, че предварителното фиксиране на броя на значимите главни компоненти води до недопустимо лош баланс между дисперсията на процентната средноквадратична разлика и степента на компресия. Определени са статистическите характеристики на общоприетите критерии за ефективността от компресията. За PCA-DCT алгоритъма е постигната медиана на степента на компресия, равна на 4.50, а за PCA-DWT тя е 6.82. Дисперсията на степента на компресия е много малка по отношение на отделните диагностични групи и при двата алгоритъма. Медианите на процентната средноквадратична разлика са съответно 5.37 % и 5.14 %. И двата алгоритъма се характеризират с относителна независимост на степента на компресия и процентната средноквадратична разлика от патологичното състояние, представено в съответния ЕКГ сигнал. Няколко фрагмента са селектирани и демонстрирани за визуална инспекция на възстановения ЕКГ запис. Не се наблюдава загуба на важна информация от диагностична гледна точка. Резултатите при PCA-DWT са много добри в случаите на имплантиран пейсмейкър. Амплитудите на генерираните от устройството импулси остават почти непроменени. Алгоритъмът PCA-DWT е изследван допълнително по отношение на зависимостта на процентната средноквадратична разлика от стойността на отношението сигнал-шум при добавяне на мускулни артефакти. Резултатите показват, че стойността на качествена оценка се увеличава много бавно при отношение сигнал-шум, което е по-голямо от 12 dB. Това ниво може да се счита като долна граница на отношението сигнал-шум, при която ефективността на алгоритъма се запазва. Извършено е сравнение на предложените алгоритми с такива, които са дело на други автори. Производителността на двата предложени алгоритъма е съизмерима или в някои случаи по-добра от тази на най-ефективните методи за ЕКГ компресия, но при значително по-ниска изчислителна сложност. Двата алгоритъма са успешно реализирани в евтина вградена система с поддръжка на 32-битова аритметика с плаваща запетая.

Резултати, изводи и приноси:

1. Предложен е алгоритъм за компресия със загуби на многоканални ЕКГ сигнали, съчетаващ PCA и DCT. Първото преобразуване намалява размерността на отвеждащата, докато второто използва корелацията във времето за допълнително редуциране на обема. Получените ненулеви коефициенти се подлагат на кодиране по дължина на серията. Алгоритъмът се характеризира с относително ниска изчислителна сложност и потенциал за сравнително висока ефективност;
2. Предложено е подобрене на предходния алгоритъм чрез замяна на DCT с DWT;
3. Направена е обосновка за стойността на прага, спрямо който се модифицират DWT коефициентите;
4. По емпиричен път чрез синтетичен ЕКГ с насложени мускулни артефакти е определен най-подходящият DWT базис, а именно $\text{biog}2.2$ с 3 нива на декомпозиция при честота на дискретизация 250 Hz. Установено е, че споменатият базис е подходящ както за прилагане върху PCA проекциите на многоканалния ЕКГ, така и директно върху сигнала. Резултатът е подкрепен чрез извършване на изследвания и върху реални ЕКГ сигнали;

5. Предложен е формат за организация на данните в компресираните фрагменти, съвместим с двата варианта на алгоритъма;
6. Предложените алгоритми са валидирани и оценени по отношение на тяхната ефективност, като са ползвани над 18000 ЕКГ записи от базата данни РТВ-XL. Извършен е сравнителен анализ с методи и алгоритми, публикувани от други автори. Той показва, че ефективността на подобрения вариант е съизмерима или по-добра от други подходи за компресия със загуби, които имат значително по-високи изисквания по отношение на изчислителния ресурс. При втория предложен алгоритъм се постига степен на компресия, равна на 6.8 при процентна средноквадратична разлика от 5.14 %;
7. Доказана е възможността предложените алгоритми да функционират в реално време при реализацията им в популярна и евтина 32-битова едночипова система от среден клас, която поддържа хардуерно ускорение при изчисленията с плаваща запетая.

IV Показател Г7. Научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация

Г7.1. Tonchev K., Velchev Y., Koleva P., Manolova A., Balabanov G., Poulkov V., "Implementation of daily functioning and habits building reasoner part of AAL architecture", Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, 207, pp. 113 — 118, DOI: 10.1007/978-3-319-74935-8_16, (2018), SCOPUS SJR: 0.159 (2022), URL: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044460052&doi=10.1007%2F978-3-319-74935-8_16&partnerID=40&md5=1ac880311e2c60569f54b70753cb18c0

Ефикасните и рентабилни технически решения в помощ на възрастните хора се предоставят от т.нар. архитектура за поддържан живот от обкръжаващата среда (англ. Ambient Assisted Living, AAL). Важните фактори за пациентите с когнитивно увреждане включват създаване на добро настроение, приятни ангажменти, физическа подвижност и здраве, както и способността за извършване на ежедневни дейности. В статията се предлага т.нар. "reasoner", който наблюдава, оценява и анализира в реално време няколко ежедневни събития за изграждане на дневник на навици с цел откриване на необичайно поведение от потребителя. Предложеното решение се основава на алгоритъм за mean-shift клъстеризация. Системата предлага следните основни функционалности: изграждане на навици; продължителност и честота на събитията. Тя може да предвиди поведението и да открие промени (бавни или бързи), които могат да показват промяна в здравословното състояние на потребителя. eWALL е платформа, предоставяща динамична среда за възрастни пациенти с когнитивни проблеми и осигуряваща социално взаимодействие и непрекъснато медицинско наблюдение. Системата предлага персонализирани услуги като ежедневно наблюдение на активността, подходящи упражнения, напомняния и др. Входните данни на алгоритъма са списъци от двойки, образувани от маркер за време и вид активност. Алгоритъмът има два клона, работещи в паралел. Клонът "продължителност" събира всички събития за период от 4 седмици. Използвайки тези събития, продължителността на всяко от тях се изчислява заедно със статистическата му медианна стойност. Клонът на "навиците" включва по-интелигентни изчисления. Той използва информация от ниско ниво за да изгради модел на навиците на потребителя. Тъй като моделът с Гаусови смеси (англ. Gaussian Mixture Model, GMM) не се оказва достатъчно добър в това приложение, като алтернативна техника е използвана клъстеризацията съгласно K-средните стойности. Средните стойности и стандартните отклонения на получените клъстери са достатъчно близки до тези, намерени

чрез GMM, но устойчивостта е по-добра. Изборът на броя на клъстерите е проблематичен, тъй като алгоритъмът се явява грубо приближение на GMM. За тестване на алгоритмите се използват изкуствени данни за навик като суперпозиция от равномерно разпределен "фон" от 30 събития плюс три компонента от десет събития с нормално разпределение.

Г7.2. Velchev Y., Radeva S., Sokolov S., Radev D., "Automated estimation of human emotion from EEG using statistical features and SVM", 2016 Digital Media Industry and Academic Forum, DMIAF 2016 – Proceedings, art. no. 7574899, pp. 40 — 42, (2016), DOI: 10.1109/DMIAF.2016.7574899, SCOPUS SJR: 0.146 (2019), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84991810100&doi=10.1109%2FDMIAF.2016.7574899&partnerID=40&md5=e75dccfab5093223a0b143402f79a738>

Статията представя алгоритъм за автоматизирана оценка на човешките емоции с помощта на анализ на електроенцефалограма (ЕЕГ). Използваните признаци са основно параметрите на Hjorth, изчислени за тета, алфа, бета и гама вълните, взети от определени отвеждания. Класификацията се извършва с помощта на машина с поддържащи вектори. Тъй като човешките емоции са моделирани като комбинации от физиологични елементи като "възбуда" и "валентност", тези оценки са изходните данни от класификатора. Най-добрата степен на коректна класификация е около 80%. Тази стойност се постига, когато "възбудата" и "валентността" се класифицират само на три нива. За да се подобри точността от класификацията за по-широк набор от емоции, характеристиките на ЕЕГ трябва да се комбинират с други модалности, като например лицево изражение, проводимост на кожата, мускулно напрежение и др.

Г7.3. Velchev Y., Manolova A., "Automatic sleep quality assessment based on EEG and EOG analysis and contextual classification", Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2015, 1, art. no. 7340741, pp. 265 — 270, (2015), DOI: 10.1109/IDAACS.2015.7340741, SCOPUS SJR: 0.199 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84957556528&doi=10.1109%2FIDAACS.2015.7340741&partnerID=40&md5=c0fda9d76e6b909b18d5f87851365f22>

Статията представя алгоритъм за автоматизирано разпознаване на стадите в човешкия сън. Основана се на анализ на двуканална ЕЕГ и електроокулограма (ЕОГ). Първият етап е отстраняване на дрейфа на базовата линия в ЕЕГ и ЕОГ сигналите с помощта на техники от математическата морфология. Класификаторът се обучава с две различни групи характеристики поотделно и в комбинация. Статистическите характеристики от първи и по-висок ред служат като признаци от първата група. Правилата на Rechtschaffen и Kales се използват за извличане на втората група признаци. Контекстуалният класификатор за определяне на стадите на съня съчетава машина с поддържащи вектори със скрит Марковски модел. Този алгоритъм е проверен и оценен с аотирана база данни от биомедицински сигнали, като точността от разпознаването е над 90%.

Г7.4. Tonchev K., Sokolov S., Velchev Y., Balabanov G., Poulkov V., "Recognition of Human daily activities", 2015 IEEE International Conference on Communication Workshop, ICCW 2015, art. no. 7247193, pp. 290 — 293, (2015), DOI: 10.1109/ICCW.2015.7247193, SCOPUS SJR: 0.441 (2018), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947760164&doi=10.1109%2FICCW.2015.7247193&partnerID=40&md5=c5467dec6d38d759ebb01331c0ab3c8>

Разпознаването на вида физическа активност, която човек извършва през ежедневието си, може да вдъхнови разработването на нови и иновативни приложения. Примерите включват наблюдение на здравето и физическата активност на пациентите, нови терапевтични програми

и т.н. Предложен е алгоритъм за разпознаване на човешка дейност, базиран на прилагането на метод за избор на геометрично мотивирани признаци. Три различни типа признаци се извличат от изходните данни на акселерометъра: изчислените параметри на авторегресивен модел; нормализираната площ, която сигналът загражда; двата ъгъла на завъртане по отношение на гравитационното поле на Земята. Тестовите са проведени с помощта на два популярни класификатора – класификатор чрез разстоянието на Махаланобис и машина с поддържащи вектори. Алгоритъмът е тестван върху еталонен набор от данни и ефективността му се валидира чрез сравняване с резултатите от други известни алгоритми. Точността от разпознаването е над 96 % за 7 вида дейности.

Г7.5. Neshov N., Tonchev K., Velchev Y., Manolova A., Poulkov V., “Soft Voting SleepNet: Majority Vote of Deep Learning Models for Sleep Stage Classification from Raw Single EEG Channel”, 2022 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking, BlackSeaCom 2022, pp. 298 — 302, (2022), DOI: 10.1109/BlackSeaCom54372.2022.9858199, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137878427&doi=10.1109%2FBlackSeaCom54372.2022.9858199&partnerID=40&md5=1991369a2efc81f23e87d35479d627f6>

Предложена е нова архитектура на невронна мрежа, наречена SoftVotingSleepNet, която служи за класифициране на стадията на съня въз основа на единствен ЕЕГ канал (Fpz-Cz). Тази мрежа се състои от два отделни класификатора (ляв и десен), използващи алгоритми за дълбоко обучение, които се обучават индивидуално с едни и същи данни. Индивидуалното им “решение” се комбинира в едно крайно с помощта на т.нар. “мек вот”. Лявата част прилага филтри, използващи конволюция с малък размер на ядрото, докато в дясната са реализирани филтри, извършващи конволюция с голям размер на същото. Резултатът е, че лявата част “научава” локализираните (резки) промени в сигнала, докато дясната част “научава” информацията относно неговия спектър. И двата типа информация са важни за разграничаване на етапите на съня. Всяка част се състои от Representation Learning Layer (RL) и Sequence Learning Layer (SLL). Предложената архитектура приема на своя вход ЕЕГ извадки с продължителност от 30 секунди. Те се обработват допълнително от конволюционния слой, състоящ се от три последователни операции: едномерна конволюция със съответните филтри; пакетна (batch) нормализация; активираща функция тип Rectified Linear unit (ReLU). Всеки pooling слой понижава честотата на дискретизация на входните данни, използвайки max операция. Предложената архитектура SoftVotingSleepNet се представя по-добре в сравнение с по-сложни архитектури, съдържащи подобни компоненти. Постигнатата точност на класификацията е около 86 % като се вземат предвид 5 класа: “будно състояние”; NREM1; NREM2; NREM3/4; REM (дълбок сън).

Г7.6. Velchev Y.S., “An Approach for Multichannel ECG Compression Using HOSVD”, 28th National Conference with International Participation, TELECOM 2020 - Proceedings, art. no. 9299549, pp. 25 — 28, (2020), DOI: 10.1109/TELECOM50385.2020.9299549, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099460411&doi=10.1109%2FTELECOM50385.2020.9299549&partnerID=40&md5=ad682a463c5f316561bbcf0dc31f639a>

Представен е нов алгоритъм за компресиране на многоканална електрокардиограма (ЕКГ). Той се основава на тензорна декомпозиция за минимизиране на излишъка, съдържащ се между отвежданията и отделните кардиоцикли. Това е първият етап от предложения алгоритъм. Корелацията в рамките на кардиоцикъл се минимизира с помощта на едномерно уейвлет преобразуване, приложено върху резултата, получен от първия етап. Накрая получените тензори и матрици се сериализират и кодират чрез ентропийно кодиране. Входният многоканален

ЕКГ фрагмент се подрежда в тензор от 3-ти ред. Този тензор се разлага с помощта на сингулярна декомпозиция от висок ред (англ. High Order Singular Value Decomposition, HOSVD). В резултат се получават три матрици и един тензор. Тензорът и матриците се ограничават по размерност, като по този начин се минимизира информационният излишък, съдържащ се между кардиоциклите и отвежданията. Елементите на втората матрица са силно корелирани. Този допълнителен излишък в рамките на кардиоцикълa се намалява с помощта на компресия, базирана на дискретно уейвлет преобразуване с подходящ тип уейвлет и брой шва на декомпозиция. След сериализиране на данните получените символи (байтове) се кодират с ентропийно кодиране. Постигнатата степен на компресия е до 17 с приемлива грешка на възстановения сигнал.

Г7.7. Velchev Y., Dimitrov K., Laskov L., "Teaching signals and systems via general public license software during COVID-19 lockdown", 11th National Conference with International Participation, ELECTRONICA 2020 - Proceedings, art. no. 9305125, (2020), DOI: 10.1109/ELECTRONICA50406.2020.9305125, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099882567&doi=10.1109%2FELECTRONICA50406.2020.9305125&partnerID=40&md5=1bf656d6a1fb7696a732a76ff60dde79>

Статията се фокусира върху различни възможни приложения на функционалността на безплатен софтуер съгласно General Public License (GNU). По време на локдауна крайните потребители се обучават без да напускат дома си, ползвайки свободни програмни продукти и основавайки се на този лиценз. Вниманието се насочва към използването на GNU Octave. Този софтуер е език за програмиране от високо ниво, предназначен предимно за числен анализ. GNU Octave е подходящ за решаване на основни линейни и нелинейни проблеми, които се срещат в телекомуникациите и се изучават в курса по "Сигнали и системи". GNU Octave е подходяща алтернатива на най-използваните комерсиални продукти в тази област (MATLAB, Mathematica и др.). В тази статия е описана методологията на упражнение по "Сигнали и системи", което се изпълнява от студентите в рамките на курса по дисциплината. Тематично то покрива спектралния анализ на непрекъснати периодични сигнали. Сигналят се моделира, определя се неговия спектър, и накрая се получава визуализация на резултата. Особеното в предложеното упражнение е, че коефициентите от редовете на Фурие се определят чрез числено интегриране, което дава възможност да се определи спектърът на сигнала с достатъчна точност без да се ползва библиотека за символични изчисления. Чрез промяна на параметрите студентите утвърждават познанията си по отношение представянето на сигналите в честотна област.

Г7.8. Velchev Y.S., "Multi-lead ECG Compression Approach using Combination of Linear Transformations", 27th National Conference with International Participation: The Ways to Connect the Future, TELECOM 2019 - Proceedings, art. no. 8994879, pp. 90 — 93, (2019), DOI: 10.1109/TELECOM48729.2019.8994879, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080956744&doi=10.1109%2FTELECOM48729.2019.8994879&partnerID=40&md5=868041216368d6995ca44bc3513d1374>

Тази статия представя алгоритъм за компресия на многоканална ЕКГ сигнали, базиран на линейни трансформации. Подходът съчетава анализ по главни компоненти (англ. Principal Component Analysis, PCA) с цел намаляване на размерността по отношение на отвежданията и дискретно косинус преобразуване (англ. Discrete Cosine Transform, DCT), приложено към всеки запазен главен компонент. Трансформиранияте данни се квантуват и кодират с помощта на аритметично кодиране. Не се изисква никакъв допълнителен метод за откриване на кардиоцикли, което води до значително редуциране на необходимите изчисления. Логическите операции са сведени до минимум за сметка на аритметичните, което е за предпочитане предвид възможностите на съвременните хардуерни платформи. Ефективността на предложения

алгоритъм е оценена с помощта на 50 файла от базата данни STAFF III. Постигнатата степен на компресия варира от 3 до 7 с приемливо качество на възстановените сигнали за целите на електрокардиографския мониторинг.

G7.9. Mladenova I.A., Petkov P.Z., Bonev B.G., Patil S., Velchev Y.S., “EMC sensor for monitoring of em field safety of mobile networks”, 2019 28th International Scientific Conference Electronics, ET 2019 - Proceedings, art. no. 8878666, (2019), DOI: 10.1109/ET.2019.8878666, SCOPUS SJR: 0.11 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074949947&doi=10.1109%2FET.2019.8878666&partnerID=40&md5=99c15153d1c2cadb52e38ff9d93e2b8c>

В публикацията се описва сензор за мониторинг на мобилни мрежи с цел осигуряване на електромагнитна съвместимост. Той се състои от широколентова фрактална диполна антена, лентов филтър тип “фиба” и радиочестотен модул за измерване на мощността. Последният е в състояние да измерва мощност от -55 dBm до 0 dBm в честотния обхват от 1 MHz до 10 GHz. Антената е проектирана като два еднакви дипола с фрактална геометрия. Тези фрактални структури са разположени от двете страни на подложката. Предложеният дизайн на антената с три шестоъгълника за всеки фрактал има добри характеристики в широк честотен диапазон — от 0.8 GHz до 3.6 GHz. Представената работа е предназначена да бъде ключов възел в бъдеща сензорна мрежа за радио честотен мониторинг.

G7.10. Angelova M.A., Velchev Y.S., Dimitrov K.L., “Design and implementation of an embedded interactive timing system for medical treatment of patients with learning and attention issues”, 2019 28th International Scientific Conference Electronics, ET 2019 - Proceedings, art. no. 8878319, (2019), DOI: 10.1109/ET.2019.8878319, SCOPUS SJR: 0.11 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074943317&doi=10.1109%2FET.2019.8878319&partnerID=40&md5=5b3f3b3f2dddaf18136c2f96f9fdaf5>

Статията описва дизайн на вградена интерактивна система за синхронизация. Такива системи се използват в терапията на деца с проблеми с ученето. Съвпадението на различни ритми може да помогне на мозъка да работи по-ефективно. Предложена е методология и архитектура на интерактивен тайминг. За практическата реализация на системата е използвана софтуерна среда с отворен код и микроконтролер. Системата е реализирана като уеб сървър, използвайки популярния чип ESP32. Всеки получен резултат трябва да покаже времевата разлика между генерираните от системата тактови удари и съответстващите им, които произлизат от пациента. Последните са разпределени в три групи – избързващи, забавени и пропуснати. За всяка група се получават основни статистически резултати. Оценката на максималната стойност, минималната стойност, средната стойност и стандартното отклонение се визуализират след всеки такт. Общата оценка на текущата “бийт” сесия се дава след последния удар, изпълнен от потребителя. Повтарящите се тренировки се наблюдават от терапевти, които дават насоки на пациентите как правилно да провеждат лечението си. Системата може да оцени резултатите на потребителите и да проследи техните постижения във времето. Интерфейсът на приложението е прост и лесен за използване. Разработен е в среда за програмиране с отворен код. Този инструмент измерва и подобрява синхронизирането на невронните импулси в рамките на ключови мозъчни мрежи. Той помага за подобряване на когнитивните, комуникативни, сетивни и двигателни способности.

G7.11. Dimitrov K., Velchev Y., “Infrared Array Sensor Wireless Network”, International Conference on High Technology for Sustainable Development, HiTech 2018 - Proceedings, art. no. 8566308, (2018), DOI: 10.1109/HiTech.2018.8566308, SCOPUS SJR: 0.11 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060631248&doi=10.1109%2FHiTech.2018.8566308&partnerID=40&md5=1afc33855158610403990a61c2ef422b>

Тази разработка е фокусирана върху използването на множество сензори в инфрачервена матрица с относително ниска резолюция, които са свързани в мрежа. Измерва се температурата на обекти от различни пространствени позиции на сензорите. Данните се предават безжично и се събират в сървър. Всяко крайно устройство е базирано на популярния евтин Wi-Fi чип тип ESP8266. Сензорите с инфрачервена матрица комуникират с модулите ESP8266 чрез I2C пина. Тъй като необходимата честотна лента за предаване на температури е относително ниска, е избран комуникационен протокол тип Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Във всеки модул ESP8266 е внедрен MQTT клиент и измерените данни се предават чрез брокера в бинарен формат (стандарт IEEE-754). В случая данните се събират в персонален компютър, така че той едновременно служи и като MQTT брокер и като допълнителен MQTT клиент. Данните се съхраняват за бъдеща обработка и търсене на зависимости между измерванията.

V Показател Г8. Научни публикации неререферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни трудове

Г8.1. Boumbarov O., Velchev Y., Tonchev K, Paliy I., "Advanced Biometric Technologies: Face and ECG Based Multi-Modal Biometric Authentication", IntechOpen, Chapter 4, pp. 67 — 86, Edited by Girija Chetty, (2011), DOI: <https://doi.org/10.5772/21842>, URL: <https://www.intechopen.com/chapters/17741>

Биометричната система измерва и анализира физиологичните характеристики на човешкото тяло, като лице и черти на лицето, пръстови отпечатащи, око, ретина, ирис, гласови модели или поведенчески характеристики с цел регистриране, проверка или идентификация. Основната цел на мултимодалната биометрика е да се намали степента на невярно положителните и невярно отрицателните изходи от разпознаването. Тук е представен мултимодален биометричен алгоритъм за удостоверяване. Той съчетава разпознаване на лица и разпознаване въз основа на анализ на електрокардиограмата (ЕКГ). Морфологията на ЕКГ е уникална за всеки индивид поради специфичните анатомични особености на сърцето. Съвременната концепция за персонална идентификация чрез ЕКГ е да се извлекат характеристиките на сигнала чрез методи за трансформация, а не да се използват параметри във времева област (амплитуди, наклони, времеви интервали). Правилното разпознаване на извлечените характеристики и проблемът с комбинирането на различни биометрични модалности в интелигентните системи за видеонаблюдение са новите стъпки, които са предложени в тази област. Клонът на модалността, свързана с разпознаването на лицата, се състои от отделянето на лицата от фона и другите обекти, проектиране в подпространство с помощта на анализ по главни компоненти (англ. Principal Component Analysis, PCA). Класификацията се извършва с помощта на машина с поддържащи вектори. Клонът за ЕКГ модалността е по-сложен. Първата стъпка е сигналът се сегментира на PQRST комплекси. Тези фрагменти се използват за формиране на матрица, която се явява двумерно представяне на сигнала. Всеки сърдечен удар се открива с помощта на обработка, базирана на математическа морфология. Матрицата се проектира с помощта на PCA или неговата нелинейна версия, наречена анализ по главни компоненти чрез ядро (англ. Kernel Principal Component Analysis, KPCA). Разделимостта на класовете се подобрява чрез прилагане на линеен дискриминантен анализ (англ. Linear Discriminant Analysis, LDA) или обобщен дискриминантен анализ (англ. Generalized Discriminant Analysis, GDA). Идеята зад използването на нелинейна (с ядро) трансформация е да се осигури линейна разделимост на класовете в новото подпространство. Изходите на клоновете могат да се комбинират по 4 варианта: правило на минимума; правило на максимумата; правило чрез произведение на изходите; правило чрез сума на изходите. Алгоритъмът е тестван и точността

на класификацията е почти 99,5% когато се използват KPCA и GDA и изходите от клоновете за класификация по лице и ЕКГ се комбинират с помощта на правилото чрез умножение.

Г8.2. Velchev Y., Radev D., Radeva S., “Features Extraction Based on Subspace Methods with Application to SSVEP BCI”, International Journal of Emerging Engineering Research and Technology Volume 4, Issue 1, pp. 52 — 58, January (2016), ISSN: 2349-4409 (electronic), ISSN: 2349-4395 (printed), URL: <https://www.ijeert.org/v4-11>

Интерфейсът “мозък-компютър” използва ЕЕГ или други електрофизиологични измервания на мозъчните функции като нови немускулни канали за контрол и комуникация със смарт устройства и смарт мобилни приложения за хора с увреждания. Представен е алгоритъм за извличане на признаци с цел реализиране на интерфейс “мозък-компютър”, базиран на устойчивите визуално-провокирани потенциали (англ. Steady-State Visual Evoked Potentials, SSVEP). Алгоритъмът използва т.нар. метод Multiple Signal Classification (MUSIC) за оценка на псевдо-спектъра на ЕЕГ сигнала. В разработката се използва фактът, че ако човек гледа към източник, който мига с определена честота, спектрална съставка със същата честота се появява и в ЕЕГ. По този начин може да се идентифицира дали вниманието на субекта е привлечено към един или друг източник на светлина и това да се използва за управление на машина. Въпреки че не е оптимален и силно чувствителен към броя на входните параметри, подходът преодолява недостатъчната разделителна способност на повечето от съществуващите методи за анализ в честотна област, като по този начин скоростта на трансфер на информация на такива системи може да бъде увеличена значително. Предложената техника е тествана и оценена с аностирана база данни, като се използва машина с поддържащи вектори в етапа на класификация. Най-добрата постигната точност от класификацията е над 90%.

Г8.3. Mihaylov V., Dimitrov K., Velchev Y., Mitsev T., “Using Multifunction DAQ and LabVIEW for the Development of a Single-Channel EEG for Multiple Sclerosis Detection”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2014), vol. 2, pp. 413 — 416, Nis, Serbia, (2014), ISBN: 978-86-6125-109-2

Представена е едноканална система за получаване на ЕЕГ, използваща многофункционално устройство за приемане на данни (англ. Data Acquisition, DAQ). Целта е да се осигури платформа за измерване на ЕЕГ за откриване на симптоматични пристъпи, предизвикани от епилепсия при пациенти с множествена склероза. Сумата на постенаптичните потенциали е в диапазона от около $5\mu\text{V}$ до $100\mu\text{V}$ и честотния диапазон от 3 Hz до 70 Hz. Това обуславя решенията, избрани за проекта – National Instruments USB-6211 модул за събиране на данни заедно с графичния програмен език LabView. LabView позволява бърза и евтина разработка на интелигентни алгоритми за обработка на сигнали.

Г8.4. Velchev Y., Milev D., Dimitrov K., “A Wavelet Based Approach for K-complexes Identification for Automated EEG Sleep Staging”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2013), Ohrid, Macedonia, vol. 1, pp. 137 — 139, (2013), ISBN: 978-9989-786-90-7

Нормалната човешка ЕЕГ се състои от фонова и преходна активност (k-комплекси, съни вретена, върхови остри вълни и др.), като и двете активности зависят от стадия на съня. Тази статия е съсредоточена върху разработването на алгоритми за идентифициране единствено на k-комплексите. Наличието на k-комплекси и съни вретена в ЕЕГ е най-надеждната характеристика за разграничаване на стадий 2 при съня без бързо движение на очите (NREM). Първата процедура от предварителната обработка на ЕЕГ е да се премахне дрейфът на нуловата линия. Това се реализира чрез уейвлет декомпозиция и реконструкция от всички нива

с изключение на апроксимиращите коефициенти. Втората процедура е да се използва добре познатият анализ по независими компоненти (англ. Independent Component Analysis, ICA) за да се избере независим компонент, в който няма влияние от електроокулограмата (EOG). Извличането на признаците се основава на дискретна уейвлет декомпозиция и реконструкция, амплитудни в времеви параметри, както и на хистограмен анализ. Класификаторът е подходящо обучена невронна мрежа от тип многослоен перцептрон (англ. Multilayer Perceptron, MLP) със сигмоидална активираща функция и два скрити слоя. Експерименталните резултати показват много добри резултати, като се има предвид едноканалната обработка. Чувствителността и специфичността на класификацията са съответно 84.7% и 97.1%.

Г8.5. Milev D., Velchev Y., Dimitrov K., “**EEG Sleep Spindles Identification Using Empirical Mode Decomposition and Morphological Operations**”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2013), Ohrid, Macedonia, vol. 1, pp. 133 — 135, (2013), ISBN: 978-9989-786-90-7

Сънните вретена са специфични преходни активности в човешката EEG, които се появяват главно в стадий 2 на съня при сън без бързо движение на очите (NREM). Тяхното присъствие в сигнала е една от много малкото характеристики, използвани за разпознаване на стадий 2. Сънните вретена са теснолентови осцилации, които са в честотната област от 12 Hz до 15 Hz. В статията е предложен алгоритъм за идентифициране на сънни вретена в човешка EEG. Предвижда се включването му в нова автоматизирана система за оценка на стадията на съня. Сънните вретена се извличат от фона на EEG с помощта на разлагане на емпирични моди (англ. Empirical Mode Decomposition, EMD), като тяхната обвивка се намира чрез морфологична филтрация. Първият етап на вземане на решение се извършва чрез прилагане на праг върху сигнала за намиране на възможно най-много кандидати за класифицирането им като сънни вретена. За всяка извадка с продължителност от 20 s се избира подходящ праг, като се използва методът на триъгълника върху хистограмата. Въпреки че не е оптимален, методът дава добри резултати в споменатия контекст. Вторият етап на вземане на решение отхвърля или обединява споменатите кандидати според времевите параметри на изолирано сънно вретено или поредица от такива. Предложеният подход е валидиран и оценен с реални EEG сигнали. За експериментите се използва базата от данни “The Sleep-EDF Database”, предоставена от PhysioNet. Постигнатата чувствителност на разпознаването е над 84%, а специфичността е около 73%. Средната стойност на относителните грешки при определяне на началото на вретеното е 7.8%, докато средната стойност на относителните грешки при определяне на края е 14.4%. Направен е ограничен тест на предложения подход с EEG сигнали с доминиращи алфа вълни. Експериментите показват необходимостта от някои бъдещи подобрения, като например да се използва типът на фоновата активност като допълнителен вход на алгоритъма.

Г8.6. Velchev Y., Boychev B., Boycheva E., Dimitrov K., “**System for Acquisition and Analysis of Transesophageal ECG**”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2011), Nis, Serbia, vol. 1, pp. 49 — 52, (2011), ISBN: 978-86-6125-031-6

Острите проводни нарушения в сърдечния ритъм са едни от най-честите причини за хоспитализация в коронарните отделения. В някои случаи диференциалната диагноза е затруднена поради лоша визуализация на P вълната, наблюдавана с помощта на ковенционалната 12-канална ЕКГ. Трансезофагеалната ЕКГ е диагностичен инструмент, при който електродите са оформени като езофагеална сонда. Тази сонда се вкарва в човешкия хранопровод обикновено под анестезия. Анатомичната близост на сондата до човешкото сърце, както и по-ниският електрически импеданс дават възможност за получаване на сигнал с минимален шум и артефакти,

като по този начин визуализацията на някои слаби ЕКГ компоненти е значително подобрена. Основното предизвикателство тук е нивото на шума, тъй като честотната лента трябва да бъде много по-широка от тази на конвенционалните устройства за ЕКГ регистрация. Честотната лента трябва да покрива диапазона от постоянната съставка до 1 kHz. Концепцията е да се използват аналогово-цифрови преобразуватели с много висока разделителна способност (24 бита) и усилватели с относително ниско усилване (от 1 до 12), като по този начин аналоговата обработка на сигналите е сведена до минимум. Подсистемата за анализ на сигнала е предназначена само за подпомагане на експертното решение. ЕКГ се сегментира на сърдечни цикли и се извършва PCA със запазване на най-значимите главни компоненти. Базираната на самоорганизираща се карта (англ. Self-Organized Map, SOM) процедура за клъстеризация се извършва върху тези компоненти и от всеки клъстер се извлича центриод. Тези центриоди се преобразуват обратно във времевата област и се предлагат за експертен анализ.

Г8.7. Kolev N., Dimitrov K., Velchev Y., Mitsev T., “**Experimental Setup for BER Measuring of Free Space Optical System**”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2011), Nis, Serbia, vol. 3, pp. 679 — 680, (2011), ISBN: 978-86-6125-033-0

В статията се описва система за измерване на степента на битова грешки (англ. Bit-Error Ratio, BER) при предаване на данни в оптична безжична комуникационна система (англ. Free Space Optics, FSO). Използваните предавателни и приемни електронни блокове са свързани с проектираната от авторите система за тестване на BER. Системата е монтирана на блокове 1 и 2 в ТУ – София. Скоростта на FSO връзката е 10 Mbps. Разстоянието между приемника и предавателя е 180 m. Честотната лента на приемника е 16 MHz. Размерът на петното в приемника е 900 mm. Апертурата на приемника е 90 mm. В близкия край е реализиран генератор на случайни числа с помощта на D тригери и XOR елементи, а в далечния изходът от предавателя е свързан с входа на приемника. BER се изчислява чрез схема за сравнение и брояч. Закъснението на сигнала е подходящо компенсирано чрез комбинация от D тригери за големите закъснения и буфери за малките.

Г8.8. Velchev Y., Boumbarov O., “**Wavelet Transform based ECG QRS Detector**”, XLIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2008), Nis, Serbia, vol. 2, pp. 337 — 340, (2008), ISBN: 978-86-85195-61-7

В статията е описан алгоритъм за детекция на QRS комплексите в ЕКГ, базиран на непрекъснатата вейвлет трансформация. Той се оказва значително по-добър от метода с пресичане на нулата на вейвлет коефициентите с цел локализация на фронтите в QRS комплексите. Характерните точки в QRS комплексите се изчисляват чрез вейвлет декомпозиции при различни мащаби. За детекцията се използват признакови вектори, съставени от т.нар. “modulus maxima”, изчислени чрез непрекъснатото вейвлет преобразуване при вейвлет функция първа производна на Гаусовата функция. Методът за класифициране на QRS комплексите се основава на алгоритъма на K най-близките съседи (K-NN). За оценка на ефективността се използват следните ЕКГ бази данни: MIT-BIH Normal Sinus Rhythm Database; MIT-BIH Long-Term ECG Database; QT Database. Анализираните сигнали са с променена честота на дискретизация до стандартната от 256 Hz. Всеки сигнал е с продължителност от 60 s и се състои от около 60 до 100 QRS комплекса. Чувствителността и степента на положителна предсказуемост (англ. positive predictivity) са в диапазона от 94% до 100%.

Г8.9. Kolev S.V., Ivanova I.V., Velchev Y.S., “**System for Spectral Investigation of Signals**”, International Scientific Conference of Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2007), Ohrid, Macedonia, vol. 2, pp. 749 — 750, (2007), ISBN: 9989-786-06-2

Разработено е и е описано лабораторно упражнение по дисциплина "Сигнали и системи". Целта е чрез него да се подпомогнат студентите да подобрят знанията си по отношение на спектралния анализ на сигналите. Ключовата част от системата е чипът MAX038, който е високочестотен и прецизен функционален генератор, способен да генерира трионообразни, триъгълни, синусоидални и правоъгълни сигнали. Тези сигнали се приемат, преобразуват в тяхното цифрово представяне и се прехвърлят към персонален компютър за по-нататъшно изследване. За целта се използва сигнален контролер от типа dsPIC30f3013. Амплитудният и фазов спектър се изчисляват и визуализират с помощта на софтуера LabView.

Г8.10. Velchev Y., "Heart Rate Measurement System", International Scientific Conference of Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2007), Ohrid, Macedonia, vol. 2, pp. 895 — 896, (2007), ISBN: 9989-786-06-2

В тази статия е представена портативна система за измерване на пулса. Тя е евтина и има ниска консумация на енергия. Използва оптичен метод в инфрачервения обхват. Наред с възможностите за измерване, представената система може да записва измерените данни заедно с часа и датата за времеви интервал до три дни. Записаните данни могат да бъдат изтеглени в персонален компютър за допълнителен анализ. Реализиран е и интелигентен метод за настройка на тока на светодиода. Използваният преобразувател светлина-напрежение е интегриран фотодиод с операционен усилвател тип TSL250R. Сърдечната честота се измерва от автокорелационната функция чрез намиране на времето между абсолютния максимум и съседния до него, в рамките на зададен интервал.

Г8.11. Velchev Y., "Multi-channel wireless ECG System", International Scientific Conference of Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2007), Ohrid, Macedonia, vol. 2, pp. 891 — 894, (2007), ISBN: 9989-786-06-2

В тази статия е представена многоканална безжична ЕКГ система. Съгласно съвременната концепция, системата е изградена като персонална безжична мрежа (англ. Wireless Personal Area Network, WPAN), формирана от интелигентни безжични ЕКГ сензори и координатор, обикновено персонален компютър. Системата е базирана на Bluetooth стандарта за комуникация на къси разстояния. Тази публикация описва цялостната структура на системата, както и структурата на интелигентния ЕКГ сензор, включваща аналогова и цифрова обработка на сигнала, както и предаването му по безжична връзка. ЕКГ усилвателят трябва да е с висок входен импеданс и много висок коефициент на подгискане на синфазни сигнали (англ. Common Mode Rejection Ratio, CMRR). За да се изпълнят тези строги изисквания, като първо стъпка се използва измервателен усилвател тип INA2126 или INA2128. Постоянната съставка се отстранява чрез високочестотен пасивен филтър от първи ред. За дигитализиране, обработка и трансфер на ЕКГ сигнала се използва цифров сигнален контролер. За намаляване на смущенията от захранващата мрежа се използва адаптивен филтър с 32 звена. Реализиран е адаптивен филтър тип nLMS, като за рефрентен сигнал се използва синфазната компонента. Комуникационният стандарт Bluetooth v1.1 е изпълнен чрез използване на модули от клас А, тип F2M03C1. Най-горният слой от комуникационния протокол е се явява т.нар. Wireless UART (WU, SPP), което означава, че комуникацията се осъществява по подобие на организирането на връзка по RS-232 стандарт.

VI Показател Е24. Публикувани университетски учебни пособия или учебни пособия, които се използват в училищната мрежа

Е24.1. Ю. Велчев, "Сигнали и системи: Ръководство за лабораторни

упражнения”, София, Ю. Велчев, (2023), ISBN: 978-619-04-0156-8, URL:

Ръководството за лабораторни упражнения по “Сигнали и системи” е предназначено за студентите от бакалавърския курс на специалност “Електроника”, изучавана във Факултета по Електронна техника и технологии на Техническия университет – София. Съдържанието му съответства на учебната програма по едноименната дисциплина. Ръководството е в обем от 115 страници формат А4. Упражненията представляват компютърни симулации в средата на продуктите MATLAB/GNU Octave. Темите са както следва:

1. Въведение в MATLAB/GNU Octave;
2. Спектрален анализ на периодични сигнали;
3. Спектрален анализ на неперидични сигнали;
4. Корелационен анализ на сигналите;
5. Характеристики на непрекъснати линейни и инвариантни във времето системи от първи ред;
6. Характеристики на непрекъснати линейни и инвариантни във времето системи от втори ред;
7. Изследване на сигнали с амплитудна модулация;
8. Изследване на сигнали с ъглови модулации;
9. Изследване на сигнали с импулсни модулации;
10. Изследване на цифрови филтри.

I General characteristics of the works

For participation in the competition, **23** scientific works (besides those used for the acquisition of the doctorate) have been submitted, which include:

- Monograph, indicator B3 from group B;
- **11** scientific publications that are referenced and indexed in world-renowned databases with scientific information under indicator $\Gamma 7$ from group Γ , **7** of them are published in issues with SJR indicator;
- **11** scientific publications in unreferenced journals with scientific review or in edited collective volumes according to indicator $\Gamma 8$ from group Γ .

A reference is presented for a total of **25** citations in SCOPUS of the candidate's scientific works, which are most directly related to the scientific specialty of the competition. The total number of citations in SCOPUS is **87**. Participation in **3** national projects is documented. The candidate also submits one published university study aid (laboratory exercise manual).

The monograph is published in Bulgarian, whereas the articles and reports are in English. They are published in international scientific journals or collections of scientific works of international and national with international participation scientific forums. The candidate submits **4** independent publications. Of those in co-authorship, he is the first author in **7** of them, and in **5** he is the second author. One book chapter, one article in a scientific journal, as well as **20** reports at international scientific conferences or in national scientific conferences with international participation conducted in Bulgaria are presented. The book chapter is published as open access at "IntechOpen", (DOI: <https://doi.org/10.5772/21842>). The published journal article in "International Journal of Emerging Engineering Research and Technology", volume 4, ISSN: 2349-4409 (electronic format) is also as open access. The reports in conferences can be found in the following collections: "Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering"; "Digital Media Industry and Academic Forum"; "International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems"; "International Conference on Communication Workshop"; "IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking"; "International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies"; "National Conference with International Participation, TELECOM"; "National Conference with International Participation, ELECTRONICA"; "International Scientific Conference Electronics"; "International Conference on High Technology for Sustainable Development".

The research carried out and the results obtained are systematized in the following thematic directions:

1. Compression of electrocardiogram signals [B3], [$\Gamma 7.6$], [$\Gamma 7.8$];
2. Systems for acquisition and analyzing of one-dimensional biomedical signals [$\Gamma 7.3$], [$\Gamma 7.5$], [$\Gamma 7.10$], [$\Gamma 8.1$], [$\Gamma 8.2$], [$\Gamma 8.3$], [$\Gamma 8.4$], [$\Gamma 8.5$], [$\Gamma 8.6$], [$\Gamma 8.8$], [$\Gamma 8.10$], [$\Gamma 8.11$];
3. Automated recognition of human emotions and activities [$\Gamma 7.1$], [$\Gamma 7.2$], [$\Gamma 7.4$];
4. Wireless communications [$\Gamma 7.9$], [$\Gamma 7.11$], [$\Gamma 8.7$];
5. Education [$\Gamma 7.7$], [$\Gamma 8.9$], [E24.1].

II Index A1. PhD thesis

A1. Y. Velchev, "Features extraction algorithms for analysis of electrocardiogram signals", Self review of PhD thesis, Sofia, Technical University of Sofia, (2011), COBISS.BG-ID

— 1263537892, COBISS.BG-ID — 1263539684, URL:

<https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/bg/bib/nbkm/1263537892>, URL:

<https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/bg/bib/nacid/1263539684>

The research in the thesis is conducted in the following three directions:

1. Development of algorithms for the analysis of electrocardiogram signals at the level of waves and cardiac cycles. Algorithms for cardiac cycle signal segmentation, clustering and analysis are proposed. The clustering is based on self-organizing maps and it is performed on features determined by principal component analysis;
2. Development of algorithms for segmentation of electrocardiogram signals into standard regions of interest. The algorithms are based on sequential probabilistic models. The features are extracted by applying continuous wavelet transform;
3. Development of algorithms for personal identification by analysis of electrocardiogram signals. The algorithms are based on principal component analysis and linear discriminant analysis, as well as on the non-linear versions of such transformations.

III Index B3. Monograph

B3. Y. Velchev, “Algorithms for compression of electrocardiogram signals”,

Monograph, Sofia, EUT+ Academic Press, (2023), ISBN: 978-619-92237-2-7 paperback, ISBN:

978-619-92237-3-4 pdf, DOI: <https://doi.org/10.21427/17sz-yg71>, COBISS.BG-ID —

58498056, URL: <https://arrow.tudublin.ie/eutpressbooks/2/>

The monograph is focused on modern methods and algorithms for compression of electrocardiogram (ECG) signals. In its original part, lossy compression algorithms based on combinations of linear transformations and characterized by relatively low computational complexity are proposed. This makes them applicable for implementation in mobile or embedded devices. Since the algorithms do not provide perfect signal reconstruction, they would find application in ECG monitoring systems rather than those intended for precision medical diagnosis.

The monograph consists of 128 pages, including: abstract; preface; 5 chapters; conclusion; references. 122 sources are cited, all in Latin. The monograph is published in Bulgarian.

In the first chapter, an introduction to ECG is given, starting with a brief description of the anatomy and physiology of the human heart. The chapter continues with information covering the heart's electrical activity, its relation to the waves, complexes and segments that are found in normal ECG and the most used lead systems as well. At the end of the chapter, a summary of the most important ECG parameters, common artifacts and information redundancy sources are given.

The second chapter is a detailed survey covering the contemporary, effective and widely approved methods and algorithms for lossless and lossy ECG compression. In the beginning, the standard criteria for evaluation of a given ECG compression method are formulated: compression ratio; percentage root mean square difference; quality score. The first quantity is a measurement of the relative reduction in data size when the compression method is applied, whereas percentage root mean square difference is an assessment of ECG signal quality after its reconstruction. Quality score is the fraction of compression ratio to the percentage root mean square difference, so the greater the quality score is, the better the compression is. More than 100 relevant studies and papers are reviewed in the chapter. They are organized in several groups according to the underlying methodology. Methods based on linear prediction, discrete cosine transform, wavelet transform, principal component analysis, singular value decomposition, compressed sensing, empirical mode decomposition, vector quantization, machine learning and many others are analyzed in terms of

their drawbacks and possibilities for improvements. The main objective of the work is formulated, namely a development of new algorithms for lossy ECG compression with high efficiency and low computational complexity.

In the third chapter, a novel algorithm for compression of multi-lead ECG signals is proposed. It combines two linear transformations for dimensionality reduction. The first one is Principal Component Analysis (PCA), which is used to decorrelate the data among the leads. The number of most significant principal components is selected according to a given amount of total variance preservation. The principal component analysis is performed using an algorithm called non-linear iterative partial least squares, whose computational complexity is comparable to the one specific for eigendecomposition. This algorithm does not require covariance matrix computation, so an optimization is achieved in terms of memory usage. The resulting projections serve as input for one dimensional Discrete Cosine Transform (DCT), which is the second linear transform in the proposed approach. The resulting coefficients are encoded using run length encoding, which is performed on a byte level. As an alternative arithmetic encoding is also implemented, but no significant improvement over run length encoding scheme is observed. The presented algorithm is referred as PCA-DCT. It is a development of the one published in [17.8]. A data organization format for compressed ECG fragments is proposed at the end of the chapter. This format is not only PCA-DCT compatible but also with its improved version, described in the next chapter.

In the fourth chapter an improvement of the above algorithm is described. The improvement is in terms of replacing discrete cosine transform with Discrete Wavelet Transform (DWT). The significant wavelet coefficients are selected using "hard" threshold. Its value is different for each level of decomposition and it is determined as a result from statistical analysis of the noise superimposed on the signal. Power line interference is narrowband and can be reduced before compression stage. On the other hand, the baseline drift is virtually unaffected by the compression algorithm. On this account artifacts caused by electrode movement and skeletal muscles activity are considered as dominant interference, so the statistical analysis has been performed on a mixture of their realizations. The results prove the proper threshold value is very close to that for the standard normal distribution. The "optimal" wavelet basis (wavelet function and levels of decomposition) is determined experimentally by maximizing a criterion, which combines the sparsity measure of wavelet coefficients and percentage root mean square difference. The sparsity measure takes into account the relative number of coefficients that are below the threshold. To get an accurate value of percentage root mean square difference, a noise free version of the ECG signal is required, but this condition is not satisfied for any real ECG. By this reason a synthetic signal is generated and typical artifacts are added to it with given signal-to-noise ratio. This synthetic ECG is composed from cardiac cycles with variable instant heart rate. The QT intervals are scaled according to the well known Bazet formula. Since the electrode movement artifacts can resemble the ECG waves, the experiments were conducted on a mixture of synthetic ECG and muscle artifacts only. Some records of muscle artifacts can be found in MIT-BIH Noise Stress Test Database, but since their duration is too short, they are imposed to train an autoregressive model, which can generate long enough realizations. This approach is not perfect since the muscle artifacts are modeled as a stationary process. Akaike information criterion is investigated to determine the optimal order of the model. For muscle artifacts, an optimal model order of 7 was found. The generated artifacts are added to the synthetic ECG with following values of signal-to-noise ratio: 6 dB; 9 dB; 12 dB. Many wavelet functions at different levels of decomposition are evaluated, so as a result biorthogonal wavelet 2.2 with 3 levels of decomposition is found as "optimal" basis for ECG at sampling rate of 250 Hz. This basis is the best one in two scenarios: when discrete wavelet transform is applied on the principal component analysis projections; when discrete wavelet transform is applied directly on the raw ECG. The proposed improvement is referred as PCA-DWT algorithm.

In the fifth chapter, the experimental results are presented. The proposed algorithms are validated and evaluated using ECG records from PTB-XL database. The records are separated in

five diagnostic groups: normal ECG; myocardial infraction; ST-T change; conduction disturbances; hypertrophy. The experiments have been performed both for each diagnostic group separately and for all records from the database. Percentage root mean square difference values versus number of used principal components is the first investigation described in the chapter. The results prove that using a fixed number of significant principal components leads to an unacceptably poor balance between variance of percentage root mean square difference and compression ratio. The statistical characteristics of the generally accepted criteria for compression performance are calculated. For the PCA-DCT algorithm the median for compression ratio is equal to 4.50. The corresponding value for PCA-DWT is 6.82. The variance of compression ratio is very small with respect to individual diagnoses groups in both algorithms. The median values for percentage root mean square difference are 5.37% and 5.14%, respectively. Both algorithms are characterized by a relative independence of compression ratio and percentage root mean square difference from the pathological condition presented in the ECG signal. Several fragments were extracted and demonstrated for visual inspection of the reconstructed ECG records. No loss of important diagnostic information is observed. PCA-DWT performs very well when a pacing device is implanted. The amplitudes of the pacemaker pulses remain almost unchanged. PCA-DWT has been further investigated in terms of achieved percentage root mean square difference values versus signal-to-noise ratio when muscle artifacts are added. The results show that quality score increases very slowly when signal-to-noise ratio is greater than 12 dB, so this value can be considered as the lower bound of the signal-to-noise ratio at which the efficiency of the algorithm is still high. A comparison of the proposed algorithms to those developed by other authors was made. The performance of the two proposed algorithms is comparable or in some cases better than the best ones, but with significantly lower computational complexity. Both algorithms are successfully implemented in a cheap embedded device with 32-bit floating point support.

Results, conclusions and contributions:

1. A lossy compression algorithm for multi-channel ECG signals combining PCA and DCT is proposed. The first transformation reduces the dimensionality among the leads, while the second uses the correlation in time to further reduce the amount. The resulting non-zero coefficients are encoded using run-length encoding. The algorithm is characterized by relatively low computational complexity and the potential for relatively high efficiency;
2. An improvement of the previous algorithm is proposed by replacing the DCT with DWT;
3. A justification is made for the threshold value against which the DWT coefficients are modified;
4. Empirically, through a synthetic ECG with superimposed muscle artifacts, the most suitable DWT basis was determined, namely bior2.2 with 3 levels of decomposition at a sampling rate of 250 Hz. It was found that the mentioned basis is suitable both for application on the PCA projections of the multichannel ECG and directly on the signal. The result is supported by performing experiments on real ECG signals as well;
5. A format for data organization in the compressed fragments compatible with both variants of the algorithm is proposed;
6. The proposed algorithms have been validated and evaluated in terms of their effectiveness, using more than 18000 ECG recordings from the PTB-XL database. A comparative analysis was performed with methods and algorithms published by other authors. It shows that the performance of the improved variant is comparable to or better than other lossy compression approaches, which have significantly higher computational resource requirements. In the second proposed algorithm, a maximum value of the compression ratio of 6.8 is achieved at percentage root mean square difference of 5.14%;

7. The possibility of the proposed algorithms to function in real time on their implementation on a popular and inexpensive 32-bit mid-range system-on-a-chip that supports hardware acceleration of floating-point calculations is demonstrated.

IV Indicator $\Gamma 7$. Scientific publications in issues that are referenced and indexed in world-renowned databases of scientific information

$\Gamma 7.1$. Tonchev K., Velchev Y., Koleva P., Manolova A., Balabanov G., Poulkov V., “Implementation of daily functioning and habits building reasoner part of AAL architecture”, Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST, 207, pp. 113 — 118, DOI: 10.1007/978-3-319-74935-8_16, (2018), SCOPUS SJR: 0.159 (2022), URL: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85044460052&doi=10.1007/978-3-319-74935-8_16&partnerID=40&md5=1ac880311e2c60569f54b70753cb18c0

Solutions for caring for the elderly both efficacious and cost-effective are given by Ambient Assisted Living (AAL) architecture. The factors that are important for the patients with cognitive impairment include mood, pleasant engagements, physical mobility and health, and the ability to perform activities of daily living. In this paper is proposed a daily activity reasoner that monitors, measures and analyses in real time several everyday events for building habits diary and detecting abnormal behavior of the user. The proposed solution is based on a mean-shift clustering algorithm. The reasoner offers the following functionalities: habits building; duration of events along with their frequency. The reasoner can predict the behavior and detect (slow or fast) changes that might indicate modification in the health status of the user. eWALL is a platform providing dynamic environment for elderly patients with cognitive problems for social interaction and continuous medical surveillance. The system offers personalized services such as daily activity monitoring, suitable exercises, reminders and others. The input of the algorithm is a list of pairs formed by timestamp and activity. The algorithm has two branches working in parallel. The “duration” branch collects all events for a monitoring period of 4 weeks. Using these events, the duration of each one is calculated together with its statistical median value. The habits branch involves more intelligent computing. It is using the low level information to build the habits of the user. Since the Gaussian Mixture Model (GMM) have not proved well in this particular application, an alternative technique that was used was the K-means clustering. The means and the standard deviations of the resulting clusters are close enough to those found with GMM, but with superior robustness. The selection of the number of clusters is problematic since the algorithm is rough approximation of the GMM. For testing of the algorithms, the artificial data for a habit is generated as superposition of a uniformly distributed background of 30 events plus three components of ten events with normal distribution.

$\Gamma 7.2$. Velchev Y., Radeva S., Sokolov S., Radev D., “Automated estimation of human emotion from EEG using statistical features and SVM”, 2016 Digital Media Industry and Academic Forum, DMIAF 2016 – Proceedings, art. no. 7574899, pp. 40 — 42, (2016), DOI: 10.1109/DMIAF.2016.7574899, SCOPUS SJR: 0.146 (2019), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84991810100&doi=10.1109/2FDMAF.2016.7574899&partnerID=40&md5=e75dccfab5093223a0b143402f79a738>

This paper presents an algorithm for automated estimation of human emotions from electroencephalogram (EEG) data. The used features are principally the Hjorth parameters calculated for theta, alpha, beta and gamma bands taken from certain channels. The classification stage is support vector machine. Since the human emotions are modeled as combinations from physiological

elements such as arousal and valence, these quantities are the classifier's outputs. The best achieved correct classification performance is about 80%. The maximal accuracy of nearly 80% is achieved when the arousal and valence is classified in only three levels. To improve the classification accuracy for a wider set of emotions, the EEG features should be combined with other modalities such as the facial expressions, skin conductance, muscle tension, etc.

F7.3. Velchev Y., Manolova A., "Automatic sleep quality assessment based on EEG and EOG analysis and contextual classification", Proceedings of the 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2015, 1, art. no. 7340741, pp. 265 — 270, (2015), DOI: 10.1109/IDAACS.2015.7340741, SCOPUS SJR: 0.199 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84957556528&doi=10.1109%2FIDAACS.2015.7340741&partnerID=40&md5=c0fda9d76e6b909b18d5f87851365f22>

The paper presents an algorithm for automated staging of the human sleep. It is based on analysis of two channel EEG and an electrooculogram (EOG). Prior to features extraction, the baseline drift in EEG and EOG signals is removed using mathematical morphology techniques. The classifier is trained with two different groups of features separately and in combination as well. Statistical measures of first and higher order serve as features from the first set. The rules of Rechtschaffen and Kales are exploited for extraction of the second group of features. The contextual classifier for the sleep staging combines support vector machine with hidden Markov model. This algorithm is verified and evaluated with expert annotated database of biomedical signals. The overall accuracy is over 90%.

F7.4. Tonchev K., Sokolov S., Velchev Y., Balabanov G., Poulkov V., "Recognition of Human daily activities", 2015 IEEE International Conference on Communication Workshop, ICCW 2015, art. no. 7247193, pp. 290 — 293, (2015), DOI: 10.1109/ICCW.2015.7247193, SCOPUS SJR: 0.441 (2018), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84947760164&doi=10.1109%2FICCW.2015.7247193&partnerID=40&md5=c5467decd6d38d759ebb01331c0ab3c8>

Capturing the type of physical activity of a person that is performed thorough his daily life can inspire the development of new and innovative applications. Examples include monitoring patients' health and physical activity performance, new therapeutic programs, etc. In this work it is proposed an algorithm for human activity recognition based on the application of a geometrically motivated feature selection method. Three different types of features are extracted from the accelerometer's output data: the estimated parameters of an autoregressive model; the normalized signal magnitude area; the two rotation angles in respect to the Earth's gravitational field. The tests were carried out using two popular classifiers — Mahalanobis distance classifier and support vector machine. The algorithm is tested using a standard data set. Its performance is validated by comparing it with the existing results of other known algorithms. For 7 types of activities, its performance is over 96%.

F7.5. Neshov N., Tonchev K., Velchev Y., Manolova A., Poulkov V., "Soft Voting SleepNet: Majority Vote of Deep Learning Models for Sleep Stage Classification from Raw Single EEG Channel", 2022 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking, BlackSeaCom 2022, pp. 298 — 302, (2022), DOI: 10.1109/BlackSeaCom54372.2022.9858199, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85137878427&doi=10.1109%2FBlackSeaCom54372.2022.9858199&partnerID=40&md5=1991369a2efc81f23e87d35479d627f6>

A new neural network architecture named SoftVotingSleepNet is proposed for classification of sleep stages based on single EEG channel (Fpz-Cz). This network consists of two individual classifiers

(left and right), using deep learning algorithms that are trained individually on the same dataset. Their individual decision is combined into single one using “soft voting” approach. The left part implements filters using convolutions with small kernel size, while the right implements filters using convolutions with large kernel size. This results in the left part learning localized signal changes, i.e. abrupt changes, while the right part learns frequency information contained in the signal. Both types of information are important for distinguishing the sleep stages. Each part consists of Representation Learning Layer (RLL) and the Sequence Learning Layer (SLL). The proposed architecture takes as input 30 seconds EEG epochs. They are further processed by convolution layer consisting of three consequential operations: 1D convolution with respective filters, batch normalization and Rectified Linear unit (ReLU) activation function. Each pooling layer downsamples input data utilizing max operation. The proposed architecture SoftVotingSleepNet performs better, compared to more complex architectures containing similar components. The achieved classification accuracy is about 86 %, considering 5 classes: “wake”; NREM1; NREM2; NREM3/4; REM (deep sleep).

Г7.6. Velchev Y.S., “An Approach for Multichannel ECG Compression Using HOSVD”, 28th National Conference with International Participation, TELECOM 2020 - Proceedings, art. no. 9299549, pp. 25 — 28, (2020), DOI: 10.1109/TELECOM50385.2020.9299549, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099460411&doi=10.1109%2FTELECOM50385.2020.9299549&partnerID=40&md5=ad682a463c5f316561bbcf0dc31f639a>

A novel algorithm for multichannel electrocardiogram (ECG) compression is presented. It is based on tensor decomposition for inter-beat and inter-lead redundancy minimization as a first stage. The intra-beat correlation is exploited using 1D wavelet compression of the result obtained from the first stage. Finally, the resulting tensors and matrices are serialized and entropy encoded. The input multichannel ECG fragment is arranged in a 3-rd order tensor. This tensor is decomposed with High Order Singular Value Decomposition (HOSVD). As a result three matrices and one core tensor are obtained. The tensor and the matrices are truncated thus the inter-beat and inter-lead redundancy are minimized. The elements in the second matrix are strongly correlated. This additional intra-beat redundancy is reduced using compression based on discrete wavelet transform with appropriate wavelet type and number of levels of decomposition. After data serialization, the resulting symbols (bytes) are entropy encoded as a final stage. The achieved compression ratio is as high as 17 with acceptable restoration error.

Г7.7. Velchev Y., Dimitrov K., Laskov L., “Teaching signals and systems via general public license software during COVID-19 lockdown”, 11th National Conference with International Participation, ELECTRONICA 2020 - Proceedings, art. no. 9305125, (2020), DOI: 10.1109/ELECTRONICA50406.2020.9305125, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099882567&doi=10.1109%2FELECTRONICA50406.2020.9305125&partnerID=40&md5=1bf656d6a1fb7696a732a76ff60dde79>

This paper focuses on various possible applications of the General Public License (GNU) free software functionality. During the lockdown, end users are granted the freedom of studying at home using this license. The efforts are focused on the use of GNU Octave. This software is a high-level programming language, primarily intended for numerical computations. Octave is suitable for illustrating basic linear and nonlinear problems that occur in telecommunications and are studied on the “Signals and Systems” course. GNU Octave is a good alternative of the most used commercial software in this area, like MATLAB and Mathematica. The methodology of exercises for students is described in this article. The topic covers spectral analysis of continuous periodic signals. The signal is modeled, its spectrum is determined and finally the result is visualized. The peculiarity of the proposed exercise is that the coefficients of the Fourier series are determined by numerical

integration, which makes it possible to determine the spectrum of the signal with sufficient accuracy without using a library for symbolic calculations. By changing the parameters, students reinforce their knowledge of the representation of signals in the frequency domain.

F7.8. Velchev Y.S., "Multi-lead ECG Compression Approach using Combination of Linear Transformations", 27th National Conference with International Participation: The Ways to Connect the Future, TELECOM 2019 - Proceedings, art. no. 8994879, pp. 90 — 93, (2019), DOI: 10.1109/TELECOM48729.2019.8994879, URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080956744&doi=10.1109%2FTELECOM48729.2019.8994879&partnerID=40&md5=868041216368d6995ca44bc3513d1374>

This paper presents an algorithm for compression of multi-lead ECG signals based on linear transformations. It combines Principal Component Analysis (PCA) for dimensionality reduction among leads and Discrete Cosine Transform (DCT) applied on each retained principal component. The transformed data are quantized and encoded using arithmetic encoding. This algorithm is not bounded to any beat detection method, so the computations are significantly reduced. The logical operations are minimized at the expense of arithmetic ones which is preferable considering the capabilities of the contemporary hardware platforms. The performance of the proposed algorithm is evaluated using 50 files from STAFF III Database. The achieved compression ratio ranges from 3 to 7 with acceptable quality of the restored signals for monitoring purpose.

F7.9. Mladenova I.A., Petkov P.Z., Bonev B.G., Patil S., Velchev Y.S., "EMC sensor for monitoring of em field safety of mobile networks", 2019 28th International Scientific Conference Electronics, ET 2019 - Proceedings, art. no. 8878666, (2019), DOI: 10.1109/ET.2019.8878666, SCOPUS SJR: 0.11 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074949947&doi=10.1109%2FET.2019.8878666&partnerID=40&md5=99c15153d1c2cadb52e38ff9d93e2b8c>

An electromagnetic compatibility sensor for mobile networks monitoring is proposed. It consists of wide-band fractal dipole antenna, band pass hairpin filter and radio frequency power measurement unit, which is capable of measuring power from -55 dBm to 0 dBm in the frequency range from 1 MHz to 10 GHz. The antenna is designed as two identical dipoles with fractal geometry. These fractal structures are located on both sides of the substrate. The proposed antenna design with three hexagons for each fractals has good characteristics in wide frequency range from 0.8 GHz to 3.6 GHz. The presented work is intended to be a key node in a sensor network for radio frequency monitoring.

F7.10. Angelova M.A., Velchev Y.S., Dimitrov K.L., "Design and implementation of an embedded interactive timing system for medical treatment of patients with learning and attention issues", 2019 28th International Scientific Conference Electronics, ET 2019 - Proceedings, art. no. 8878319, (2019), DOI: 10.1109/ET.2019.8878319, SCOPUS SJR: 0.11 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85074943317&doi=10.1109%2FET.2019.8878319&partnerID=40&md5=5b3f3b3f2dddaf18136c2f96f9fdaf5>

This article describes the design and implementation of an embedded interactive timing system. Such systems are used in the therapy of children who have learning problems. The matching of different beats can help the brain work more efficiently. A methodology and architecture of an interactive timing is proposed. Open-source software environment and microcontroller is used for the practical realization of the system. The system is implemented as a web server using the popular ESP32 chip. Each result obtained should measure the time gap between the regular and the user beats. The user beats are distributed in three groups: advancing, delayed and missed. For each group some statistical results are obtained. Estimation of maximal value, minimal value, mean

value and standard deviation are shown after each user beat. The general evaluation of the current beat session is given after the last beat performed by the user. The repetitive training sessions are supervised by therapists who give directions to the patients how to properly conduct their treatment. The system can assess the user results and trace their achievements over time. The interface of the application is simple and easy to use. It is developed in an open-source programming environment. This tool measures and improves the synchronization of neural impulses within key brain networks. It helps to improve the cognitive, communicative, sensory and motor performance.

Γ7.11. Dimitrov K., Velchev Y., “**Infrared Array Sensor Wireless Network**”, International Conference on High Technology for Sustainable Development, HiTech 2018 - Proceedings, art. no. 8566308, (2018), DOI: 10.1109/HiTech.2018.8566308, SCOPUS SJR: 0.11 (2020), URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060631248&doi=10.1109%2FHiTech.2018.8566308&partnerID=40&md5=1afc33855158610403990ae1c2ef422b>

This paper is focused on using multiple infrared array sensors with relatively low resolution, which are connected in a network. The temperature of objects from different spatial positions of the sensors is measured. The data is transmitted using wireless link and collected in a server. Each-end device is based on the popular low-cost Wi-Fi microchip ESP8266. The infrared array sensors communicate with ESP8266 modules via I2C bus. Since the required bandwidth for temperatures transmission is relatively low, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) communication protocol is chosen. A MQTT client is implemented in each ESP8266 module and the measured data is transmitted via the broker in binary format (IEEE 754 standard). In our case the data is collected in a personal computer, so it simultaneously serves as MQTT broker and as an additional MQTT client. The data is stored for future processing and searching for dependencies among the measurements.

V Indicator Γ8. Scientific publications in unreferenced peer-reviewed journals or in edited collective works

Γ8.1. Boumbarov O., Velchev Y., Tonchev K, Paliy I., “**Advanced Biometric Technologies: Face and ECG Based Multi-Modal Biometric Authentication**”, IntechOpen, Chapter 4, pp. 67 — 86, Edited by Girija Chetty, (2011), DOI: <https://doi.org/10.5772/21842>, URL: <https://www.intechopen.com/chapters/17741>

A biometric system measures and analyses human body physiological characteristics, such as face and facial features, fingerprints, eye, retinas, irises, voice patterns or behavioral characteristic for enrollment, verification or identification. The main objective of multi-modal biometrics is to reduce one or more false accept and false reject rates. A multi-modal biometric authentication approach is presented here. It combines face recognition and recognition based on analysis of electrocardiogram (ECG). ECG waveform is unique for each individual, because of the specific anatomical features of the heart. The modern concept for ECG personal identification is to extract the signal features using transform methods, rather than using parameters in time domain (amplitudes, slopes, time intervals). The proper recognition of the extracted features and the problem of combining different biometric modalities in intelligent video surveillance systems are the novel steps that we introduce in this work. The facial modality branch consists of face detection and subspace projection using Principal Component Analysis (PCA). The classification stage is support vector machine. The ECG modality branch is more complicated. The signal is segmented into PQRST complexes. These fragments are used to form a matrix that is a 2D representation of the signal. Each beat is detected using mathematical morphology-based approach. The matrix is projected using PCA or its non-linear version called Kernel Principal Component Analysis (KPCA). The class separability is improved by applying Linear Discriminant Analysis (LDA) or Generalized Discriminant Analysis

(GDA). The idea behind using non-linear (kernel) transform is to assure linear class separability in the new subspace. The outputs of the branches can be combined using 4 variants: minimum rule; maximum rule; product rule; sum rule. The approach is tested and the classification accuracy is nearly 99.5%, when KPCA and GDA are used and the facial and ECG branches are combined using product rule.

Г8.2. Velchev Y., Radev D., Radeva S., "Features Extraction Based on Subspace Methods with Application to SSVEP BCI", International Journal of Emerging Engineering Research and Technology Volume 4, Issue 1, pp. 52 — 58, January (2016), ISSN: 2349-4409 (electronic), ISSN: 2349-4395 (printed), URL: <https://www.ijeert.org/v4-11>

The "brain-computer" interfaces use EEG activity or other electrophysiological measures of brain functions as new non-muscular channels for control and communication with smart devices and smart mobile applications for disabled persons. An approach for features-extraction for Steady-State Visual Evoked Potentials-based "brain-computer" interface is presented. It employs the Multiple Signal Classification (MUSIC) method for pseudo-spectrum estimation of the EEG signal. The development relies on the fact that if a person stares at a object that flashes with a certain frequency, a spectral component with the same frequency appears in the EEG. In this way, it can be identified whether the subject's attention is drawn to one light source or another, so this can be used to control a machine. Although not optimal and highly sensitive to the number of input parameters, the approach overcomes the insufficient frequency resolution of the most of existing frequency domain methods, thus the information transfer rate of such systems can be increased significantly. The proposed technique is tested and evaluated with an annotated database using support vector machine as classification stage. The best achieved classification accuracy is above 90%.

Г8.3. Mihaylov V., Dimitrov K., Velchev Y., Mitsev T., "Using Multifunction DAQ and LabVIEW for the Development of a Single-Channel EEG for Multiple Sclerosis Detection", International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2014), vol. 2, pp. 413 — 416, Nis, Serbia, (2014), ISBN: 978-86-6125-109-2

A single-channel EEG acquisition system using a multi-function Data Acquisition (DAQ) is presented. The goal is to provide an EEG measurement setup for detecting symptomatic epilepsy-induced seizures in patients with multiple sclerosis. The postsynaptic potentials sum is the range of about 5 μV to 100 μV and frequency range from 3 Hz to 70 Hz. This narrows down to a few of the shelf solutions as the one chosen for the project — National Instruments USB-6211 data acquisition module alongside the LabView graphical programming language. LabView allows a fast paced and low cost development of smart algorithms for signal processing.

Г8.4. Velchev Y., Milev D., Dimitrov K., "A Wavelet Based Approach for K-complexes Identification for Automated EEG Sleep Staging", International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2013), Ohrid, Macedonia, vol. 1, pp. 137 — 139, (2013), ISBN: 978-9989-786-90-7

The normal human EEG consists of background and transient activity (k-complexes, sleep spindles, vertex sharp waves, etc.) which both depend on sleep stage. This paper is concentrated on development of algorithms for identification of k-complexes only. The presence of k-complexes and sleep spindles in EEG is the most reliable feature to distinguish stage 2 in Non-Rapid Eye Movement (NREM) sleep. The first procedure of the EEG pre-processing is to remove the baseline wander. It is implemented as wavelet decomposition and reconstruction from all levels excepting approximation coefficients. The second procedure is to exploit the well known Independent Component

Analysis (ICA) in order to select an independent component which is free of interference with electrooculogram (EOG) origin. The features extraction is based on discrete wavelet decomposition and reconstruction, amplitude and time parameters and histogram analysis as well. The classifier is properly trained neural network of type of type Multilayer Perceptron (MLP) with sigmoidal activation function and two hidden layers. The experimental results show satisfactory results considering the single channel processing. The sensitivity and specificity of the classification are 84.7% and 97.1%.

F8.5. Milev D., Velchev Y., Dimitrov K., “EEG Sleep Spindles Identification Using Empirical Mode Decomposition and Morphological Operations”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2013), Ohrid, Macedonia, vol. 1, pp. 133 — 135, (2013), ISBN: 978-9989-786-90-7

The sleep spindles are specific transient activities in the human EEG, which occur mainly in sleep stage 2 in Non-Rapid Eye Movement (NREM) sleep. Their presence is one of very few features used for recognition of stage 2. Sleep spindles are narrow-band oscillations that occupy the frequency region from 12 Hz to 15 Hz. An approach for sleep spindles identification in human EEG is proposed. It is planned to be involved in a new automatic system for assessment of sleep staging. The sleep spindles are extracted from the EEG background using Empirical Mode Decomposition (EMD) and their envelope is found with morphological filtering. In the first decision stage, an amplitude thresholding is performed for finding as many as possible sleep spindles candidates. For each signal subset with 20s duration, a proper threshold is selected using the triangle method over the histogram. Although not optimal, the method performs well in this application. The second decision stage discards or merges the input candidates according to time parameters of a single sleep spindle or sleep spindles train. The proposed approach is validated and evaluated with real EEG signals. “The Sleep-EDF Database” provided by PhysioNet is used for such experiments. The achieved sensitivity of the recognition is above 84%. The specificity is about 73%. The mean value of the relative onset errors is 7.8%, whereas the mean of the relative offset errors is 14.4%. A limited test of the proposed approach with EEG signals with dominant alpha waves is made. The results of the experiments showed the necessity of some future improvements, for example using the type of the background activity as additional input of the algorithm.

F8.6. Velchev Y., Boychev B., Boycheva E., Dimitrov K., “System for Acquisition and Analysis of Transesophageal ECG”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2011), Nis, Serbia, vol. 1, pp. 49 — 52, (2011), ISBN: 978-86-6125-031-6

The acute conduction abnormalities in the heart rhythm are some of the most common causes for hospitalization in the coronary care units. In some cases the differential diagnosis is troubled because of poor visualization of the P wave seen using the conventional 12-lead ECG. The transesophageal ECG is a diagnostic tool in which the electrodes are formed as an esophageal probe. This probe is passed into the human esophagus usually under anesthesia. The anatomic closeness of the probe to the human heart as well as the lower electrical impedance give the possibility to achieve signal that is free of noise and artifacts, thus the visualization of some weak ECG components is considerably improved. The main challenge here is the noise level, because the frequency band has to be much wider than in conventional ECG registration devices. The frequency band has to cover the range from the DC component up to 1 kHz. The concept is to use analog-to-digital converters with very high resolution (24 bit) and amplifiers with relatively low gain (from 1 to 12), thus the analog processing of the signals is minimized. The signal analysis subsystem is intended only to support expert decision. The ECG is segmented into cardiac cycles and PCA is performed. The most important principal components is retained. Self-Organized Map (SOM) based clustering procedure

is performed on these components and from each cluster a centroid is extracted. These centroids are converted back in time domain and provided for expert analysis.

Г8.7. Kolev N., Dimitrov K., Velchev Y., Mitsev T., “**Experimental Setup for BER Measuring of Free Space Optical System**”, International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2011), Nis, Serbia, vol. 3, pp. 679 — 680, (2011), ISBN: 978-86-6125-033-0

The paper describes measuring of Bit-Error Rate (BER) during data transmission in Free Space Optics (FSO) system. The used transmitting and receiving electronic blocks are connected in suitable manner with the designed by the authors BER testing system. The system is installed on the blocks 1 and 2 of the Technical University of Sofia. The speed of FSO link is 10 Mbps. The distance between receiver and transmitter is 180 m. The receiver bandwidth is 16 MHz. The spot size at the receiver is 900 mm. The receiver's aperture is 90 mm. At near end, a random number generator is implemented using D flip-flops and XOR elements, whereas at far end the transmitter's output is connected to the receiver's input. The BER is calculated using comparing circuit and counter. The signal delay is properly compensated using a combination of D flip-flops for long delays and buffers for short ones.

Г8.8. Velchev Y., Boumbarov O., “**Wavelet Transform based ECG QRS Detector**”, XLIII International Scientific Conference on Information, Communication and Energy System and Technologies (ICEST 2008), Nis, Serbia, vol. 2, pp. 337 — 340, (2008), ISBN: 978-86-85195-61-7

In the paper an ECG QRS detection algorithm is described, based on continuous wavelet transform. It involves a significant improvement of the method with zero-crossing of the wavelet coefficients for edge localization in the QRS complexes. The characteristic points in QRS complexes are computed through different scale wavelet decompositions. The QRS identification uses feature vectors composed of modulus maxima values, computed using continuous wavelet transform with the first derivative of the Gaussian function. The QRS classification method is based on K-nearest neighbors (K-NN) algorithm. For performance evaluation the following ECG databases are used: MIT-BIH Normal Sinus Rhythm Database; MIT-BIH Long-Term ECG Database; QT Database. The analyzed signals have been resampled to standard sampling rate of 256 Hz. Each signal is 60 s long and consists of about 60-100 QRS complexes. The sensitivity and positive predictivity are in the range from 94 % up to 100 %.

Г8.9. Kolev S.V., Ivanova I.V., Velchev Y.S., “**System for Spectral Investigation of Signals**”, International Scientific Conference of Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2007), Ohrid, Macedonia, vol. 2, pp. 749 — 750, (2007), ISBN: 9989-786-06-2

A laboratory exercise in discipline “Signals and systems” is developed and described in the paper. It is intended to help students to improve their knowledge about the spectral analysis of signals. The key part of the system is the chip MAX038, which is a high frequency, precision functional generator capable to generate sawtooth, triangle, sinusoidal and square signals. These signals are acquired, converted to their digital representation and transferred to personal computer for investigation. A digital signal controller of type dsPIC30F3013 is used for such purpose. The magnitude and phase spectrum is calculated and visualized using LabView software.

Г8.10. Velchev Y., “**Heart Rate Measurement System**”, International Scientific Conference of Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2007), Ohrid, Macedonia, vol. 2, pp. 895 — 896, (2007), ISBN: 9989-786-06-2

In this paper a portable heart rate measurement system is presented. This system is low-cost and has low power consumption. It incorporates optical method using infrared light. Along with measurement capabilities, the presented system can record the measured data as well as time and date for up to three days. The recorded data can be downloaded in personal computer for further analysis. Also, a smart method for LED bias setting is introduced. The used light-to-voltage converter type TSL250R is integrated photodiode with operational amplifier. The heart rate is measured using autocorrelation function by finding the time between the absolute maxima and the next one within a predetermined time interval.

Г8.11. Velchev Y., "Multi-channel wireless ECG System", International Scientific Conference of Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2007), Ohrid, Macedonia, vol. 2, pp. 891 — 894, (2007), ISBN: 9989-786-06-2

In this paper a multi-channel wireless ECG system is presented. According to the modern concept, the system is built as Wireless Personal Area Network (WPAN), formed from intelligent wireless ECG sensors and a coordinator usually a personal computer. The system is based on the Bluetooth standard for short range communication. This paper describes the overall system structure as well as the structure of the intelligent ECG sensor (signal conditioning and acquisition, signal processing and transmission over wireless link). The ECG amplifier must be with high input impedance and very high Common Mode Rejection Ratio (CMRR). In order to met these strong requirements, an instrumentation amplifier INA2126 or INA2128 is used as first stage. The DC component is removed using high-pass first-order passive filter. A digital signal controller is used to digitize, process and transfer the ECG signal. To remove the power-line interference, an adaptive filter with 32 taps is used. The common mode voltage is used as input signal in nLMS adaptive filter. Bluetooth v1.1 communication standard is met by using Class A modules, type F2M03C1. The upper protocol layer is so called Wireless UART (WU, SPP), so the communication is as simple as organizing the link over RS-232 standard.

VI Indicator E24. Published university textbooks or study guides, which are used in the school network

E24.1. Y. Velchev, "Signals and systems: Laboratory exercise manual", Sofia, Y. Velchev, (2023), ISBN: 978-619-04-0156-8, URL:

The manual for laboratory exercises on "Signals and systems" is intended for the students of the undergraduate course of the specialty "Electronics", studied at the Faculty of Electronic Engineering and Technologies of the Technical University of Sofia. Its content corresponds to the curriculum of the discipline. The manual is in a volume of 115 pages in A4 format. The exercises are computer simulations in the MATLAB/GNU Octave product environment. The topics are as follows:

1. Introduction to MATLAB/GNU Octave;
2. Spectral analysis of periodic signals;
3. Spectral analysis of aperiodic signals;
4. Correlation analysis;
5. Responses of first order continuous linear time-invariant systems;
6. Responses of second order continuous linear time-invariant systems;

7. Amplitude modulation;
8. Angle modulations;
9. Pulse modulations;
10. Digital filters.