

## 9 Резюмета на научните публикации представени за участие в конкурс за АД „Професор“

### 9.1 Резюмета за публикациите от група „В.4“

[B4.1] V. Markova, T. Ganchev, K. Kalinkov, M. Markov, "Detection of acute stress caused by cognitive tasks based on physiological signals", Bulletin of Electrical Engineering and informatics, 2021, vol.10, n.5, SJR 0.251 2020

В този труд се докладва за разработването на автоматизиран детектор на остър стрес от физиологични сигнали. Нашият детектор прави разлика между високо и ниско ниво на остър стрес, натрупан от доброволци при изпълнение на когнитивни задачи на компютър. Предложеният детектор се основава на добре познати физиологични принципи за обработка на сигнали, комбинирани с най-съвременния Support Vector Machine (SVM) класификатор. Аспектите на новостта тук идват от дизайна и изпълнение на етапите на предварителна обработка на сигнала и извличане на характеристични описатели, които са специфично проектирани и фино настроени за специфичните нужди за откриване на стрес и от прилагане на съществуващи алгоритми към нов проблем. Предложеният детектор за остър стрес е оценен в специфични за човека и независими от него експериментални настройки, използвайки публично достъпната база от данни CLAS.

Всяка итерация на експеримента включва три когнитивни задачи с различна същност на въпроса и различна сложност. Експерименталните резултати показват много висока точност на разпознаване и разграничаване на остър стрес, причинен от значително когнитивно натоварване от емоционални състояния, предизвикани от видео стимули. Създаването на такава функционалност също би допринесла за получаването на многостранен анализ на зависимостта на ефективността на работата от персоналните личностни качества, когнитивно натоварване и ниво на остър стрес.

Експерименталната оценка, както при специфични за човека, така и при независими от човека настройки потвърди практическата приложимост на предложения метод за детекция в експериментална (контролирана) среда, която се доближава до персонализирана учебна среда. Използвайки предложената методика се постига точност на разпознаване на остър стрес от 99,72% при модели, специфични за индивида и 99,68%, при разработване на модели, независещи от индивида. Резултатите показват възможност за разработване на системи с функционалност за разпознаване на състояния на остър стрес, която функционалност би улеснила разработването на адаптивни среди за електронно обучение, които използват непрекъснато наблюдение в реално време на нивата на остър стрес. Оценяването на нивото на остър стрес би позволило адаптивност на интензитета на процеса на обучение, така че системата да може да управлява ситуациите с високи нива на когнитивно натоварване, водещи до намаляване на способността за усвояване. Освен това наличието на такава адаптивност би позволило обучаемият да остане в зона на висока концентрация и висока мотивация за по-продължителен период, което би подобрило производителността и качеството на обучение.

**[B4.2] V. Markova, T. Ganchev, M. Markov, “Automated Annotation of Valence and Arousal during Cognitive Activity”, BIOMESIP 2021, 19-21 July, Lecture Notes in Computer Science (LNCS), 2021**

В доклад В4.2 се представя автоматизиран метод за анотация, който извежда емоционални тагове (етикети) за интензитет на възбуда и валентност, базирани на физиологични сигнали. Това се извършва с помощта на двоични детектори, обучени да разпознават висока/ниска възбуда или положителна/отрицателна валентност на емоцията. Детекторите за възбуда и валентност са създадени от специално подбран набор от данни, съдържащ записи с физиологични сигнали, отразяващи емоционални реакции на доброволци към широко използвани аудио-визуални стимули. След това тези детектори са използвани за аотиране на събраните физиологични сигнали по време на различни видове когнитивна дейност в контекста на сценарий, предизвикващ остър стрес. В настоящата публикация показваме, че автоматично генерираните тагове са свързани с ефективността на работа по време на различни когнитивни дейности. Наличието на такъв автоматизиран метод на анотация би улеснил бъдещи изследвания в посока определяне на влиянието на индивидуалните различия на хората по отношение на работата и способността за справяне с остър стрес и когнитивно претоварване. Подобна функционалност би допринесла и за получаване на многостранен анализ на зависимостта на ефективността на работата от индивидуалните личностни качества и емоции.

[B4.3] V. Markova, T. Ganchev, E. Pencheva, I. Atanasov, "Intelligent architecture for real-time personal health monitoring in the context of 3G/4G/5G networks", 29th National Conference with International Participation (TELECOM), 28-29Oct. 2021

В резултат от изследванията и разработките на научния колектив, свързани с персонализирано наблюдение на здравето в реално време, е синтезирана нова интелигентна архитектура за високоотговорни комуникации, която е чувствителна и адаптируема към контекста на наличните 3G/4G/5G мрежи. Анализът на потенциалът и предоставените функционалности потвърждава, че използването на тази нова интелигентна архитектура би могло да създаде конкретни нови възможности за интегриране на програмируемост и интелигентност в системите, разчитащи на високоотговорни комуникации чрез облачни изчисления в края на мобилната мрежа.

В последващите секции са разглеждат някои от основните комуникационни аспекти и различните режими на работа, които новата адаптивна архитектура може да осъществява при реализацията на принципите и характерните особености свързани с непрекъснатия мониторинг на физиологични и поведенчески параметри в реално време. Конкретно, предложената интелигентна архитектура за мониторинг на физическото и психично здраве в реално време, е изградена чрез на интеграцията на следните основни компоненти:

- (i) *интелигентни сензорни устройства*, способни да регистрират, разграничават и интерпретират основни физиологични параметри, състояния на съзнанието и да разпознават базови поведенчески индикатори,
- (ii) *персонални мобилни устройства* (таблети, телефони, ноутбуци, лаптопи и др), които служат предимно като концентратори на данни, информационни шлюзове и дисплеи, и
- (iii) *сървърни ресурси* за отдалечено съхранение и обработка, където данните се агрегират и използват за последващи дългосрочни изследвания на тенденциите и статистическо моделиране.

Разглежданата тук нова архитектура реализира основните принципи за реализация на разпределени изчисления и съхранение на ресурси в периферията на комуникационната мрежа, но също така разчита на методи и технологии, които обикновено се използват в облачните изчислителни приложения и 5G архитектурите.

По-важното обаче е, че предложената нова архитектура притежава способността да оценява наличността и качеството на комуникационния канал и може да се адаптира към моментното му състояние. Възможността за бърза адптируемост към моментното състояние на комуникационната мрежа дава възможност да се осигури безпроблемен преход между среди с различни комуникационни капацитети и да се извърши плавно понижаване на доставяните от системата функционалности при критични ситуации – като например разряд на батерията или при изчерпване на локалните ресурси за съхранение на данни.

Имайки в предвид тези нови възможности, гъвкавостта и адаптируемостта на разглежданата тук нова архитектура, научният колектив на проекта има основания да

предполага, че настоящата разработка би могла да осигури качествен напредък при реализиране на предоставяните функционалности и множество нови възможности за улесняване разпространението на системите за дистанционен мониторинг на физичното и психично здраве.

[B4.4] K. Kalinkov, V. Markova, T. Ganchev, “The Effect of Acute Stress on the Performance of Students in Engineering Education”, Proc. of 56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 16-18 June, Sozopol, Bulgaria, 2021

В настоящата статия са представени резултати от скорошно проучване за връзката между остър стрес, причинен от когнитивни задачи и резултатите от справяне на студенти със съответните задачи. В проучването са използвани данни от базата с данни CLAS ( A database for cognitive load, affect and stress recognition), която съдържа резултати от решаване на задачи и записи с физиологични сигнали на 60 студенти. Записите с физиологични сигнали са снети от студентите по време на решаване на пет различни когнитивни теста, включващи три типа интерактивни задачи (тест на Струп, тест по математика, тест за интелигентност) и две неинтерактивни задачи. Неинтерактивните задачи са насочени към натрупване на данни, които да се използват за извличане на информация за определяне на емоционалното състояние на студентите, провокирано от шестнадесет снимки и шестнадесет музикални видеоклипове. Аудиовизуалните стимули са подбрани, така че да предизвикват широк спектър от емоции (положителни и отрицателни; с ниска и висока степен на емоционална възбуда).

Експерименталните резултати показват, че острия стрес има различни ефекти върху академично представяне на учениците в зависимост от техния пол и индивидуалност. По-конкретно, за разлика от жените, при мъжете бяха наблюдава по-ниски нива на стрес при решаване на теста по математика. В същото време се наблюдава, че мъжете са по-малко концентрирани при Струп тест. Анализът на резултатите показва, че параметъра “вариабилност на сърдечната честота (HRV)” има висока степен на корелация с оценките от представянето на студентите и може да се използва като индикатор за оценка представянето на учениците под стрес.

Резултатите потвърдиха първоначалната хипотеза, че решаването на тестове по математика, Струп и IQ с ограничено време за отговор, причинява високи нива на остър стрес, подобни на тези, изпитани от студентите по време на тяхното реално академично инженерно образование. Студентките изпитват по-висок стрес от мъжете като цяло, но мъжете имат повече затруднения, когато е необходимо да се концентрират по време на Струп тест. Последното може да се опише с по-високата тревожност от провал, които изпитват жените. В проучването не са открити значителни разлики между половете по време на решаване на логическите задачи в IQ теста.

Най-съществената констатация е, че участниците с най-високите нива на стрес са били или с най-високите, или с най-ниските показатели за успех в тестовете. Нивата на стрес бяха смесени и не могат да бъдат използвани за разделяне на най-добрите и най-лошите участници един от друг. Това означава, че участниците с високи нива на стрес и висок успех са тези, които успяват да работят ефективно под стрес, докато тези с високи нива на стрес и ниски постиженията имат затруднения да работят под стрес.

[B4.5] K. Kalinkov, V. Markova, T. Ganchev, “Front-end Processing of Physiological Signals for the Automated Detection of High-arousal Negative Valence Conditions”, Proc. of 10th National Conference with International Participation, ELECTRONICA 2019, 16-17May 2019, pp.1-4, Sofia, Bulgaria. doi: 10.1109/ELECTRONICA.2019.8825647.

В доклад В4.5 се предлага нова схема за обработка на физиологични сигнали, която е проектирана за нуждите на автоматизирано откриване на негативни емоционални състояния с висока интензивност (възбуда). Към емоционалните състояния в тази зона се намира и емоционалния стрес. За целта се използват записи от електрокардиографски сигнали (ЕКГ) и електродермална активност (EDA). Обработката включва три етапа: предварителна обработка на сигналите на ЕКГ и EDA сигнали, извличане на характеристични описатели, и последваща обработка на векторите с описатели. Направени са изследвания с прилагане на различни подходи за постобработка на данните, по такъв начин, че да се повиши сходимостта на разработваните модели за автоматизирано откриване на състояния с отрицателна валентност и висока възбуда, към които спадат и стресовите състояния. При валидация на предложената схема са използвани данни от база данни МАННОВ-НСІ.

Представената обработка за физиологични сигнали е оценена, спрямо предназначението ѝ за нуждите на автоматизирано откриване на високи възбуда и отрицателна валентност. В обобщение се оценяват три приложени метода за изравняване на динамичния диапазон на данните. Резултатите от експеримента показват, че мащабиране на характеристиките до диапазона  $[0, 1]$ , последвано от дискриминантен анализ на Фишер (т.е. с прилагане на Линеен дискриминант на Фишер) с прагова стойност от 2 единици подобрява точността на модела от 66,3 % на 83,3 %. Това отваря интересна възможност за изследване, за да се оцени кои описатели са по-често избирани от други измежду различни участници и по този начин да се направи схема за редуциране на описателите.

[B4.6] V. Markova, K. Kalinkov, T. Ganchev, "Improved Peak Detection Algorithm for Photoplethysmographic Signals," 28th National Conference with International Participation (TELECOM), 2020, pp. 10-13

Представяме изчислително ефективен непараметричен алгоритъм за автоматизирано откриване на систолични пикове при фотоплетизмографски (PPG) сигнал, който не изисква предварителна обработка за елиминиране на артефакти, филтриране на сигнала или премахване на трендове. Алгоритъмът е валидиран в експериментална среда, базирана на публично достъпната база данни CLAS. Резултатите от експеримента показват, че той превъзхожда два добре познати метода за детекция на пикове по отношение на точност на откриване и изчислителни ресурси. Експерименталните резултати показват много висока точност на детекция, с процент на грешката под 0,5%, при сигнали с добро качество и под 13% при PPG сигнали с много лошо качество. Предложеният алгоритъм се характеризира с много кратко време за обработка, при това дори при използване на преносим компютър с ниска производителност. В този случай времето за обработка в реално време на 60-секунден запис е приблизително 0,000012.

Предложеният алгоритъм е оценен като изчислително ефективен и стабилен алгоритъм за откриване на пикове на PPG сигнали. Той използва последователно обхождане на сигнала въз основа на обратните разлики на амплитудата на дискретите, за да намерите нарастващи фронтове и след това да приложите няколко стъпки за прецизиране на списъка с кандидат върхове. Освен това, алгоритъмът, предложен тук, използва процедура за откриване на пикове, за които се подозира, че са грешно позиционирани и само за тях прилага допълнителна двустепенна процедура за фина настройка на позицията им. Представения алгоритъм има редица предимства по отношение на устойчивостта на шума и точността на откриване на пикове. В обобщение, основното предимството на предложения алгоритъм е малката изчислителна сложност, която се дължи на липсата на предварителна филтрация на сигналите или премахване на артефакти, което го прави изчислително ефективен и лесен за прилагане на различни мобилни платформи. Алгоритъмът е без сложни корекции и фини настройки. Експериментално е доказано, че предложеният алгоритъм осигурява бързо и точно откриване на систолични пикове при фотоплетизмографски сигнали и се справя добре с проблемни и некачествени PPG сигнали.

Наличието на точен алгоритъм за откриване на пикове на PPG, който не изисква сложни изчислителни ресурси и методи за предварителна обработка на сигналите, прави предложения алгоритъм много привлекателен за включване в методи за разпознаване на емоциите, когнитивна активност, концентрация и др., необходими за разработването на адаптивни интерфейси човек-машина.

[B4.7] E. Pencheva, V. Markova, I. Atanasov, T. Ganchev, "An Approach to Improve Reliability of Vital Signs Monitoring," 2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIA48344.2019.8967467.

В много житейски ситуации надеждното предаване на данните за здравето на пациентите са важен и критичен въпрос. Функцията за мултисвързаност на мобилните системи от пето поколение (5G) е начин за подобряване на надеждността, тъй като позволява няколко едновременно радиовръзки от източник до крайния потребител. Отвореният достъп такава функционалност на мрежата за радио достъп позволява възможността на външно приложение за управление на свързаността на потребителските устройства, въз основа на местоположението на потребителя, информация за радиосъстоянието и нивото на претоварване на клетките. В този документ ние предлагаме подход за отворен достъп до мултисвързаност, използвайки Multi-access Edge Computing.

Мулти-свързаност за различни варианти на въздушния интерфейс или технологиите за радио достъп осигуряват едновременно множество радио връзки от източник до местоназначение и по този начин позволява да се постигне висока надеждност и високи скорости на данни за mMTC и URLLC.

Чрез отваряне на достъпа до функционалност за мултисвързаност в RAN е възможно да се делегира отговорността за управление на свързаност на вторичен възел към външни аналитични приложения. Тези аналитични приложения могат да инициират добавяне, модификация или пускане на допълнителни радиовръзки въз основа на местоположението на потребителя, информация за радиосъстоянието и нивото на задръствания в RAN и др. Надеждното предаване на данни е изключително важно за приложенията за електронно здравеопазване, където безопасността, навременността и надеждността са жизненоважни качества.

В настоящата публикация е предложен подход за подобряване на пропускателната способност и надеждност на предаването на данни чрез използване на Multi-access Edge Компютри. Представена е нова услуга, която позволява мобилни устройства с edge приложения за добавяне, модифициране или освобождаване на вторични радио възли за достъп, както и да бъдат уведомявани за мулти-свързаност събития в мрежата. Функционалността на услугата е описани чрез типични случаи на използване, съответния модел на данни и дефиниция на интерфейса. Осъществимостта на подхода е илюстрирана с моделиране на поведението на мобилните периферни приложения и RAN в управлението на мулти-свързаност. Надеждността е важен и критичен въпрос за системите за отдалечен мониторинг на здравни услуги, където данните трябва да се предават по защитена връзка и с почти нулеви времезакъснения.



[B4.8] K. Kalinkov, T. Ganchev, V. Markova, "Adaptive Feature Selection through Fisher Discriminant Ratio," 2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIA48344.2019.8967450.

В доклад В.4.8 е представен адаптивен метод за селекция на описатели, който използва Фишер дискриминантен анализ (FDR) с гъвкава прагова стойност, която се регулира по специфичен за човека начин. Показано е, че предложеният метод подобрява откриването на състояния с отрицателна валентност и висока възбуда (HANV), базирани на две комбинации от физиологични сигнали (ЕКГ+GSR и PPG+GSR).

Както показват резултатите и за двата типа стимули, няма значителна разлика в средната точност на моделите, получена за пълният набор от 39 описатели  $F$  и подмножеството на описатели,  $F_{0,3}$ . Освен това, средната точност на моделите, създадени с подмножество,  $F_s$ , получено чрез предложената адаптивна методика за подбор на описатели е много по-висока и за двата типа стимули. По-конкретно, в случай на аудио-видео стимули, предложеният метод допринася за относително подобрене на средната точност на детекция с повече от 6 % спрямо тази на модел с всички описатели.

Предложения метод е валидиран чрез експериментален протокол, насочен към автоматизирано откриване на HANV състояния, предизвикани от аудио-визуални стимули и изображения. Експерименталните резултати потвърждават, че предложеният метод води до подобряване на точността на класификация на SVM-базиран детектор средно с  $5,6\% \pm 0,6\%$  в сравнение с традиционния неадаптивен избор на функции, базиран на FDR използвайки праг 0,3 и с пълния набор от 39 описателя.

Експерименталните изследвания потвърждават, че предложеният адаптивен метод за избор на описатели превъзхожда значително стандартния метод за селекция на описатели, който се базира на дискриминантен анализ Фишер с прилагане на фиксирана праг 0,3.

[B4.9] I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova** and G. Georgiev, "Speech Stress Recognition by Sound Analysis and Multilayer Artificial Neural Networks," 2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), 2020, pp. 77-80, doi: 10.1109/BIA50171.2020.9244508.

Докладът представя резултати от изследване насочено към разпознаване на стресови състояния чрез многослойни невронни мрежи с обратно разпространение (MBNN), на базата на извлечени звукови описатели при анализ на речеви сигнали.

Експерименталните невронни архитектури с допирателна-сигмоидна и логаритмично-сигмоидна функции бяха тествани в скрити слоеве с различно първоначално активиране.

В модели с начален логаритмично-сигмоиден тип, където получената максимална точност е 75,00%, се определят като неприложими.

В MBNN с линейни и тангенциално-сигмоидални функции в началните слоеве, беше установена значително по-добра точност, като най-високите нива на показателя за достоверност достигат 100,00%.

Представените резултати създават основа за прилагането на избраните невронни модели в системи за обработка на глас и анализ. Чрез разширяване на обхвата на техническото предназначение, системите могат да се използват за изследване на условията на работната среда и констатиране наличието на отрицателно въздействие върху служители по отдели, възрастови категории, фирмена йерархия и др.

[B4.10] K. Kalinkov, V. Markova and T. Ganchev, "Heart Rate Variability calculation methods," 2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA), 2020, pp. 97-100, doi: 10.1109/BIA50171.2020.9244285.

В доклад B4.10 е направен анализ на приложимостта на параметъра вариабилност на сърдечната честота (HRV) за целите на научноизследователски задачи, насочени към разработване на автоматизирани модели за детекция на негативни емоционални и стресови състояния. Направен е литературен обзор и сравнителен анализ на три често използвани метода за изчисляване на HRV - във времева и честотна област, и нелинеен метод за изчисляване на вариабилност на сърдечната честота. Предложена е методика за изчисление на описатели, свързани със сърдечната вариабилност в програмна среда Matlab. За валидиране на методиката за изчисление са направени сравнителни изследвания, като същите описатели са изчислени чрез платформа Kubios - широко използвана, сред медицински експерти и специалисти. Направени са сравнителни изследвания на различни параметри, свързани със сърдечната вариабилност (mean heart rate, RMSSD, SDNN, mean IBI)

Резултатите показват, че и двете платформи, използвани за изчисляване на описатели, свързани с вариабилността на сърдечната честота са много сходни. Разликите се дължат на леко различни дължини на сигналите и на различния подход на изчисление на интервалите между два съседни сърдечни удара. Резултатите показват, че изчисленията направени, чрез предложената методика в Matlab са много консистентни, докато при използване на Кубиос се получава голямо разсейване на данните при сигнали с по-лошо качество и ниска степен на корекция на артефакти.

Резултатите при изчисляване на съотношението LF/HF, което е индикатор на сърдечната вариабилност в честотната област показват подобни тенденции и при двете софтуерни платформи. При определяне на нелинейните параметри SD1 и SD2 се наблюдават известни разминавания, които се дължат на различната методология на изчисление и корекция на артефакти от Kubios.

От резултатите в изследванията следва, че използваните методи и подходи за изчисление на вариабилността на сърдечната честота (HRV) са коректни и резултатите от тях са сравними с тези от вече наличните и широко използвани софтуерни решения, методи и подходи за изчисление. Това ни дава основание да използваме разработената методика за изчисление на сърдечната вариабилност в програмната среда Matlab в последващи изследвания, свързани със създаване на автоматизирани модели за разпознаване на негативни емоционални и стресови състояния.

## 9.2 Резюмета за публикациите от група „Г.7“

[Г7.1] I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova**, S. Sadinov, G. Georgiev. “Voice control and management in smart home system by artificial intelligence”. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol.1032(1), 2021. doi:10.1088/1757-899X/1032/1/012007. SJR 2019 0.198, SNIP 2020 0.484

Документът представя 3D архитектурен модел на системата аз Умен Дом. Създават се информационни бази данни от съвкупности от параметри в звуков анализ за тест на гласови команди. Следните включени и анализирани показатели са съответно LZE, LZeq, LZF, LZS, LZI, LAE, LAeq, LAF, LAS, LAI, LCE, LCEq, LCF, LCS, LCI и LEX8h. Синтезират се обратно разпространение и хибридни алгоритми, базирани на изкуствен интелект (AI) и адаптивна невро-размита интерфейсна система (ANFIS).

Избрани архитектури са интегрирани в интелигентна автоматизирана система за гласово управление за контрол на човешки достъп, превключване на захранване и осветление, климатични системи и домашни уреди. В процеса на синтез, върху различни критерии за производителност на мрежата, е приложен анализ за типа на активиране в изходните слоеве в AI и входния слой на ANFIS.

За всички разглеждани гласови категории за функционален контрол беше установена точност от 100,0%. Провеждат се и се тестват процедури за проверка относно надеждността на постигнатите резултати, с цел правилно потвърждение.

Изкуственият интелект намира все повече приложения не само в индустрията, но и по отношение на повишаване комфорта на живот на хората, при изграждане на жилища от нов модерен тип. Представеното изследване демонстрира силата на своите изчислителни предимства, както и възможността за комбиниране с математическият апарат на размитата логика, при разработването на системи за гласово управление, с потенциал за внедряване в домове, офиси и сгради.

[Г7.2] I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova**, S. Sadinov, G. Georgiev.” Statistical techniques to determine of optimal and acceptable noise levels”. *the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*”, 1032(1), 2021. doi:10.1088/1757-899X/1032/1/012006. SJR 2019 0.198, SNIP 2020 0.484

Статията представя подход за прилагане на QoS процедури върху шумови въздействия в комуникациите, съответно Униформен Бял Шум (UWN), Бял Гаусов Шум (GWN), шум на Бернули (BN) и шум на Поасон (PN). Подходът се състои в експериментално установяване на препоръчителни оптимални и приемливи гранични нива на шумовия индикатор Средноквадратична стойност (RMS) на базата на обработката на регистрирани информационни набори за всеки конкретен шум.

Към експерименталните данни се прилага набор от методологични статистически процедури по отношение на пълните и отделните входни набори (RMS нива за всеки отделен шум). Видове на характеристиките на семейството се анализират и оценяват за различни качествени показатели като „Средна графика на множество променливи“, „Графики на нормална вероятност“, „Индивидуални графики“, „X-Bar и R-char променлива“, „Графики на капацитета“ и „Хистограми на капацитета“.

Подходът също е свързан с откриване и на RMS дискрети с отклонения извън определените статистически нива, както и тяхното изключване с цел подобряване на качеството на обработената информационна извадка.

Предложената методология може успешно да се приложи за статистически анализи на различни видове информационни масиви, отнасящи се до смущаващи въздействия върху електрически сигнали, входни и изходни потоци на трафик в комуникационните системи.

[Г7.3] N. Grozev, V. Markova, "Tropospheric Trapping Refractive Conditions over Black Sea and its Impact over Radio Wave Propagation," *2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 2020, pp. 0635-0640, doi: 10.1109/IEMCON51383.2020.9284905.

По-добро разбиране на радиовълните размножаването в състояние на канали може да подобри морските (военни и граждански) и крайбрежни комуникации. За тази цел, подробно изследване на състоянието на атмосферата се осъществява върху две населени места, разположени на Черно море. В същото време се измерва силата на електромагнитното поле за три различни радиочестоти, разпространявани между тях.

Резултатите показаха повече от един тропосферен канал едновременно във всякакви различни точки и различни ефекти на различни радиочестоти. Ясна връзка между абсолютна стойност на модифицираната рефракция и нивата не се наблюдава при получени сигнали за изследваните региони. Подробно изследване на състоянието на атмосферата и в особено на индекса на пречупване и модифицираната рефракция, се представя индекс за два региона над Черно море успоредно с измерванията на радиочестотното разпространение за три различни честоти между тях.

Могат да се направят следните изводи: (i) Разпространението на радиосигнали зависи от състояние на атмосферата в двата региона; (ii) По-високите нива на ЕМП се дължат на повече от едно едновременно улавяне на рефракционни условия. За да се определи вида и силата им, е необходимо да се проучи атмосферата на по-голяма надморска височина и за по-дълъг период от време; (iii) Несъвместимо с някои твърдения в литературата, има ясна връзка между абсолютна стойност на модифицираната рефракция и нива на приемани сигнали за наблюдаваните региони; (iv) Формирането и промяната на параметрите в повдигнат канал с размери до приблизително 50m височина оказва голямо влияние върху по-високите честоти и незначително за 98,4 MHz.

Все още предстои да се положат много усилия, за да се подобрят моделите на разпространение. Очевидно е, че доброто познаването на разпространението под въздуховоди може да подобри морските и крайбрежните комуникации.

[Г7.4] S. Vachinska, V. Markova, T. Ganchev “A risk assessment study on musculoskeletal disorders in computer users based on a modified Nordic Musculoskeletal Questionnaire”, *International conference BioInfoMed'2020*, 8-10 Oct.2020, Burgas, Bulgaria. *Accepted for publication at the book series “Studies in Computational Intelligence”*.

Представяме скорошно проучване за оценка на риска от мускулно-скелетни разстройства (MCP) при потребителите на компютри. За това проучване събрахме данни от 60 души, които обикновено използват компютри в рутинната си работа. Кампанията за събиране на данни беше осъществена с помощта на модифициран скандинавски мускулно-скелетен въпросник (NMQ).

Базирайки се на брифингите след теста с участниците установихме, че въпросникът е донесъл образователна полза, тъй като принуди участниците да осъзнаят специфични неподходящи навици и пози на тялото. По-конкретно, тестът провокира участниците да мислят за правилната стойка на тялото, горните и долните крайници, разстоянието до екрана, позицията по отношение на клавиатурата, мишката и т.н., което се възприе от тях като полезно и нужно.

Провокиращите размисъл резултати от нашето проучване са изводите, че има спешна нужда от подходящо обучение на средностатистическият потребител на компютър за здравни работни позиции и здрави навици. Освен това са необходими енергични усилия за популяризиране на добрите практики за безопасно използване на компютрите и свързаните с тях стандарти.

Получените резултати мотивират разработването и насърчаването на адекватни проактивни мерки за дългосрочно здравеопазване на потребителите на компютри. Констатациите, докладвани в настоящото проучване, са от съществено значение за хората, които използват компютри ежедневно, тъй като са изложени до рискове, свързани с MSD.

Най-простото решение срещу MSD е да се обучат работниците да изпълняват безопасно работата си без да това да прави процеса тромав или да компрометираща прецизността и ефективността.

Накрая трябва да отбележим, че изграждането на навици за правилно и безопасно седенето и използването на компютър или лаптоп се препоръчва да се започне в училищна възраст, тъй като оттогава се формират първоначалните умения за поддържане на неутрална стойка и оттогава започват първите симптоми на здравословни проблеми. MSD са доминиращата причина за увреждане сред работещите възрастни в развитите икономики и причина както за преки, така и за косвени икономически разходи. Сложността и многофакторната природа на MCP означава, че те не могат лесно да бъдат решени от един участник - правителство, работодател или служител. Всички те трябва да комбинират ресурси и усилия за подобряване на знанията за свързани с работата здравословни проблеми и повишаване на благосъстоянието на работното място.

[Г7.5] V. Markova, T. Ganchev “Technological support to musculoskeletal disorders assessment and management”, *International conference BioInfoMed’2020*, 8-10 Oct.2020Burgas, Bulgaria. Accepted for publication at the book series “*Studies in Computational Intelligence*”.

Ефективността на работата и качеството на живот до голяма степен зависят от здравето. Ежедневно използването на компютър е неразделна част от работата, образователните дейности и забавленията ни, и както вече е известно, увеличава риска от развитие на различни мускулно-скелетни нарушения (MSD).

MSD са основната причина за хронична телесна болка, най-често в горните крайници, раменете или врата. В тази връзка представяме цялостната концепция на ERGO-проекта, която има за цел разработване на подходящи ресурси и усъвършенствани технологични инструменти, подпомагащи ранната диагностика и управление на MSD сред компютърни потребители, които използват компютри в своята работна рутина. Нашата концепция се основава на предположението, че съвременната технология може да поддържа стандартните терапевтични процедури, използвани от медицинския персонал за идентифициране на MSD и периодичната оценка на прогреса на MSD. По-конкретно, ние се стремим да разработим технологична платформа и подходящи инструменти за автоматизирана оценка на текущата позиция на тялото въз основа на видео или изображения, оценка на дистрес въз основа на въпросник, и оценка на концентрацията въз основа на физиологични сигнали.

Основните ни цели са да се разработи набор от индикатори и мобилни приложения, които помагат за управлението MSD при работа с компютър. Проектът има и образователни аспекти, като ние се стремим да запознаем потребителите на компютри с добрите практики и съответните наредби за дългосрочно запазване на здравето и работоспособността.

В настоящия документ ние се занимаваме с управлението на специфични здравни проблеми, свързани с работата на компютърни потребители. По-конкретно, ние представяме концептуалния дизайн на методологията за управление на МС, включваща пълния цикъл на придобиване на информация, оценка на риска и целенасочено разработени специфични за личността мерки за предотвратяване на негативните последици за здравето. Проектът ERGO разработи модулна технологична платформа, ресурси и инструменти за прилагане на тази методология. Предложеното управление чрез методологията може да помогне за наблюдението на индикаторите, свързани с MSD, и впоследствие да се справи с тях и със стрес, свързан с работата, подобряване на стойката на тялото и подобряване на ергономичната работна среда. Обобщавайки резултатите от това проучване, ние предоставяме техническа подкрепа на дългосрочните усилия за предотвратяване, наблюдение и управление на MSD, подобряване на ефективността на работа, запазване на здравето и подобряване на цялостното качество на живот.



[Г7.6] M. Ivanov, V. Markova and T. Ganchev, "An Overview of Network Architectures and Technology for Wearable Sensor-based Health Monitoring Systems," *2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, 2020, pp. 81-84, doi: 10.1109/BIA50171.2020.9244286

Тъй като застаряването на населението е една от най-значимите тенденции на 21 век, традиционните методи за наблюдение и диагностика на възрастните хора вече не са достатъчни, за да им осигурят задоволително качество на живот.

Един от обещаващите подходи, който помага за справяне такива предизвикателства е използването на комуникация и информационно-базирани системи, позволяващи автоматизиран дистанционен здравен мониторинг и анализ на данни. Еволюционният преход към цифровото здравеопазване изисква дефиниране на нови понятия, архитектурни модели и функционалности, предмет на изследване от научната общност и органи за стандартизация на технологиите.

В настоящия документ ние разглеждаме широк спектър от архитектури и технологични решения, които наскоро бяха предложени за нуждите за здравен мониторинг, с акцент върху системите, които са базирани относно комуникационната свързаност. Ние предлагаме цялостен анализ и някои критични коментари за потенциала технологични недостатъци и предизвикателства на тези решения.

Повсеместна комуникационна свързаност и висока скорост обмен на данни създават предпоставки за внедряването на усъвършенствани системи за здравен мониторинг, насочени към подобряване на качество на живот. Въпреки забележителния потенциал на техния функционалности, иновативният характер на тази област въвежда предизвикателства пред интегрирането на най-съвременна мрежа технологии за поддръжка на дистанционно наблюдение в реално време и диагностика на заболявания. Един от важните въпроси е необходимостта за задълбочени оценки на производителността на мрежата и нейната мащабируемост, което ще позволи разработването на по-напреднали комуникационни рамки за безпроблемна интеграция на широк спектър от критични медицински приложения.

[Г7.7] F. Feradov, T. Ganchev and **V. Markova**, "Automated Detection of Cognitive Load from Peripheral Physiological Signals based on Hjorth's Parameters," *2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, 2020, pp. 85-88, doi: 10.1109/BIA50171.2020.9244287.

Продължителното излагане на високи нива на когнитивни натоварвания причинява умора и свързано със стреса намаляване на вниманието и концентрация, за които е известно, че компрометират ефективността на работата, безопасност и здраве. В настоящото изследване ние изследваме приложимостта на параметрите на Хйорт, а именно активност, Мобилност и сложност, изчислени от сигнали, записани от периферни устройства за физиологични сигнали, като характеристики на автоматизираните когнитивни задачи за откриване на натоварване.

По-конкретно, тук разглеждаме откриването на високо когнитивно натоварване в независим от човек сценарий върху галванична кожна реакция (GSR) и фотоплетизмографски (PPG) сигнали. За да се оцени практическата стойност на Хйорт параметрите, направихме сравнителна оценка в общ експериментален протокол, базиран на подмножество от CLAS набор от данни, който съдържа GSR и PPG записи на 60 души докато бяха ангажирани със задачи за решаване на проблеми, като Математически и IQ-задачи. Дискриминационната способност на Хйорт параметрите бяха оценени с четири метода за класификация, Активност, мобилност и сложност се използват индивидуално и в комбинация. Отчитаме точност на откриване до 84,7% и 80,5% съответно на задачите по математика и IQ.

Експерименталната оценка на индивидуалното представяне и комбинацията от изследваните характеристики е проведено с помощта на оценени данни използване на данни, извлечени от участниците, изпълняващи задачи свързани с когнитивни натоварвания, като решаване на задачи по математика и IQ. Въз основа на резултатите от експеримента може да се заключи, че Параметрите на Хйорт, изчислени за сегменти от PPG и GSR сигналите са приложими за автоматизирано откриване на състояния с повишено когнитивно натоварване.

[Г7.8] I. Balabanova, **V. Markova**, S. Kostadinova and G. I. Georgiev, "Comparative Analysis between Machine Learning Methods in Tones Classification," *2020 28th National Conference with International Participation (TELECOM)*, 2020, pp. 45-48, doi: 10.1109/TELECOM50385.2020.9299535.

Тази статия представя сравнителния анализ между показателите в синтеза на модели на базата на машина техника за обучение за RMS разпознаване на нивата на шум за тонове с честоти 75 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 150 Hz, 175 Hz и 200 Hz.

Извършват се линейни, диагонално-линейни, псевдолинейни, квадратни, диагонално-квадратичен и псевдоквадратен дискриминант класификационни модели в MATLAB.

Избран е псевдоквадратичен модел, като такъв с най-висока точност от 84,650%. Метод базиран на наивния Бейс с гаусово разпределение на вероятностите на ядрото на входните променливи се прилага в процеса на класификация, тъй като по-добри резултати се получават във втория подход.

При избор на показател за разстоянието, съответно Евклидов, Ситиблок, Минковски и Чебишев, по метода k-NN се наблюдава диапазон на точност от 89,800% в Cityblock до 91,050% в Евклидово, като най-добра точност се постига при стойност 3 на k.

С помощта на оптимални и основни модели за избор на решение, бяха синтезирани много от възможностите за разпознаване на тон. Използването на методите за машинно обучение показва добра потенциална приложимост при идентифициране на експериментални сигнали. Според резултатите, представени в процеса на изследванията, избраните класификатори, използващи k-NN и Методите на дървото на решенията се характеризират с най-висока ефективност. Изборът на оптимална структура за модела във втория метод зависи от изискванията по отношение на зает ресурс памет, изчислителна мощност и време за конкретно приложение и др.

[Г7.9] I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova** and G. I. Georgiev, "Identification of Tones with Noises by Artificial Intelligence," *2020 28th National Conference with International Participation (TELECOM)*, 2020, pp. 41-44, doi: 10.1109/TELECOM50385.2020.9299531.

Докладът представя резултатите от прилагане на изкуствен невронни мрежи с обратно разпространение при идентификация на честотни тонове на сигнала с различно RMS ниво на шум. Конюгатът на Левенберг-Марквард (LM) и мащабираните алгоритми за обучение с градиент (SCG) бяха приложени в процеси на невронен синтез.

Резултатите обхващат групи от индикатори като средна квадратична грешка (MSE), кръстосана ентропия (CE), корелационни коефициенти и класификационна точност в процедурите за обучение, валидиране и тестване.

Избира се обучението по LM, като се използва трислойна структура с 35 скрити неврона и четиристойна архитектура с 22 в първия и 11 неврона в втори скрит слой в хиперболични тангентни трансферни функции, с максимална точност от 96,00% и 98,00%.

За процедури за SCG алгоритъм със „softmax“ изход се синтезира активираща функция за невронна мрежа в 29 скрити неврона, при което се постига най-добра точност от 94,3%

Постигнатите положителни резултати дават основание за продължаване на изследванията в посока по-голям брой анализирани сигнали с разширяване на честотния диапазон и увеличаване идентификационните RMS тонални групи. Невронните модели могат да бъдат успешно приложени в практически приложения в комуникационни системи при предаване на данни за сигнал, обработка и анализ.

[Г7.10]I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova** and G. Georgiev, "Synthesis of Prediction Models for Levels of Noises in Electrical Signals," *2020 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, 2020, pp. 149-152, doi: 10.1109/BIA50171.2020.9244489.

В статията са представени резултатите от оценката на линейната регресивни модели и изкуствени невронни мрежи (ANN) с активиране на линеен изход за прогнозиране на амплитудата на Унифициран Бял Шум, насложен в синусоидален, правоъгълен, триъгълен и трионообразен сигнали.

Относно моделите, бяха получени различни статистически параметри за сигнали, използвани като независими прогнозни променливи. В процеса на изследването се избират и изследват различни вариации на коефициентите на сигурност в регресионния анализ и корелацията. Регистрирани са коефициенти в ИНС и показателите за „максималните“ и „минималните“ стойности бяха избрани според най-високите им нива.

Прогнозни математически регресионни модели на нулева степен се извеждат за разглежданите за сигнални групи с  $R^2$  над "0,99", определящ приложението на по-висока степен модели като ненужни и неподходящи. Направена е селекция от невронни архитектури според изискването за минимум на индикатора за средна квадратична грешка (MSE), докладвани при 14, 15, 9 и 11 неврони в междинните слоеве в последователността на изброените сигнали, а тук установените  $R$  на нивата са над "0,975".

Регресионните и невронните модели за анализ на предаваните електрически сигнали с добавен бял шум, са добри показатели за качеството на сигнала. Подходът, предложен в доклада, може да бъде потенциално насочен към изучаване на други видове шум и видове сигнали в различни области на технологиите, за да се подпомогнат работата на приложните разработчици и анализатори.

[Г7.11] V. Markova, T. Ganchev, “Technological support for the needs of personalized training”, *2019 29th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/EAEEIE46886.2019.9000468.

Представяме идейния дизайн на електронно обучителна рамка, която използва усъвършенствана технология за да подкрепи персонализираното обучение на младите хора.

Тази концепция се изгражда относно интегрирането на нова функционалност, която реализира автоматизирана обективна оценка на когнитивните усилия, на степен на внимание и концентрация, емоционално състояние, и нивото на стрес на обучавания, базирано на физиологичен сигнал обработка.

Такова познание помага на автоматизираните адаптирания на обучителния процес към личностните черти и спрямо моментния капацитет на всеки обучаем. Такава иновативна технология позволява развитието на приложения за интелигентно обучение, които се адаптират към моментния капацитет на обучавания за разбиране и напредване с текущите задачи и помощ към оптимизиране на резултата от обучението.

Една такава концепцията предлага и нови възможности за развитие на по-ангажиращ и по-ефективен обучителен процес и проектиране на универсално достъпни интерфейси.

Представената тук рамка за електронно обучение е проектирана с идеята да се оцени когнитивното натоварване, степента на внимание, стрес и емоционално състояние на обучаемия и съответно адаптиране на тренировъчния процес за постигане на оптимален резултат.

Фокусът на това изследване е върху оценката на вътрешно когнитивно натоварване, така че претоварванията възпрепятстващо обучителният процес, да се избягват. Основното ограничение на текущата работа е свързана с факта, че в момента не се прави отчитане на външното когнитивно натоварване и процесите свързани с натрупването на знания, което ще бъде предмет на по-нататъшни проучвания.

[Г7.12] I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova** and G. Georgiev, "Analysis and Categorization of Traffic Streams by Artificial Intelligence," *2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/BIA48344.2019.8967475.

Този доклад представя оценка на изкуствените невронни мрежи от гледна точка на изчислителна ефективност, при анализиране на предаваните информационни потоци за определяне вида на специфични категории трафик с помощта на изкуствен интелект.

Обект на изследване са вериги на Марков М/М/к с неограничен брой чакащи повиквания в опашка и фиксиран брой сървърни станции в съответствие, с желаните тестови категории, както следва  $c=5$ ,  $c=10$  и  $c=15$ . Прилагат се трислойни архитектури към различни видове активатори на невронния изход с обучение на Levenberg-Marquardt, съответно линейни, тангентно-сигмоидални и логаритмично-сигмоидални.

Най-ниските стойности на средната стойност на средноквадратичната грешка (MSE) от 0,0080, 0,0041 и 0,1923 са експериментално установени при 7, 3 и 25 скрити неврона за посочените функции за активиране.

Нива на точност от 94,4%, 100,0% и 70,6% са получени срещу индикаторни нива за идентичен брой неврони. Като цяло, невронен модел с дадена логаритмична стойност и сигмоидалната функция е определена като неподходяща за целите на изследването.

Избрани са невронни архитектури за линейни и допирателно-сигмоидални типове активиране, които могат да се прилагат при почти същата прогнозирана точност, но като се има предвид получената двойно по-малко средноквадратична грешка от тип тангентно-сигмоидална функция, този модел може се счита за най-подходяща за задачата на изследването.

Въвеждането на интелигентна категоризация позволява на системните администратори, да определят бързо и ефективно вида на данни от трафика, обработвани по всяко време. Това ще разшири набора от функционални аспекти на QoS при предаване и анализиране на различни обеми и видове информационни масиви.

[Г7.13] I. Balabanova, S. Kostadinova, **V. Markova** and G. Georgiev, "Categorization of Markov Chains  $M/M/c/k$  by Feed-forward Neural Networks," *2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/BIA48344.2019.8967461.

Докладът представя изследването на възможност за прилагане на изкуствен интелект за анализ данни за трафика, за да се определи тяхната категория спрямо наблюдавани вериги за различен брой сървърни станции в  $M/M/c/k$  модел на опашка, съответно  $c=0$ ,  $c=5$  и  $c=20$ .

Използват се невронни модели с пренасочване, с мащабиран конюгат на Градиентно обучение при дадено "сигмоидно" активирание типове в hidden и "softmax" в изходните мрежови слоеве. Изборът се извършва в диапазон от 3 до 25 междинни неврони при оценка на информационното съдържание от пет входни индикатора - "клиентски номер", " време за заявка за услуга ", "начално време на услугата", "идентификатор на сървъра" и " време за освобождаване на заявки".

Синтезиран е модел за четири входа променливи без параметъра "време на заявка за услуга" и е постигната точност от 87,7%. За установените модели, експериментът беше разширен до 39 невронни единици, до достигайки потенциално ниво на точност от над 90,0%. Най-висока точност от 90,7% се постига при използването на 33 неврона.

Проучването демонстрира възможността за прилагане на изкуствен интелект при категоризирането на марковските вериги въз основа на анализ на данните за трафика на получените клиентски заявки. В гореспоменатия подход за оценка и синтез на невронни структури със SCG, обученията могат да бъдат успешно модифицирани и внедрени в големи информационни системи, обслужващи различни индустрии, независимо от вида на предаваните информационни масиви.



[Г7.14] V. Markova, T. Ganchev and K. Kalinkov, "CLAS: A Database for Cognitive Load, Affect and Stress Recognition," *2019 International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/BIA48344.2019.8967457

Представяме цялостния дизайн и прилагане на набора от данни CLAS, мултимодален ресурс който е целенасочено разработен в подкрепа на изследвания и дейности по технологично развитие (RTD), ориентирани към автоматизирано разпознаване на някои специфични състояния на ума. Макар че специалният фокус на нашето изследване е върху състоянията на ума, свързани с негативни емоции, психическо напрежение и висок когнитивни усилия, наборът от данни на CLAS може да предложи адекватен подкрепа за изследвания от по-широк обхват, като например общи изследвания върху оценка на вниманието, оценка на когнитивното натоварване, емоционално разпознаване, както и откриване на стрес.

Наборът от данни се състои от синхронизирани записи на физиологични сигнали, като електрокардиограма (ЕКГ), плетизмограма(ППГ), Електродермална активност (EDA), както и данни от акселерометър, и метаданни на 62 здрави доброволци, които бяха записани докато участва в три интерактивни задачи и две задачи за възприятие. Интерактивните задачи имат за цел да извлекат различни видове когнитивни усилия и включва решаване на последователности от математика проблеми, логически проблеми и теста на Струп. Задачите за възприятие използват изображения и аудио-видео стимули, целенасочено избрани да предизвикват емоции в четирите квадранта на пространството на възбудата. Съвместният анализ на успеваемостта в интерактивни задачи и информацията, придобита чрез въпросник и физиологичните записи позволяват многостранна оценка на конкретни състояния на ума. Тези резултати са важни за напредъка на изследванията на ефикасните сътрудничества човек-робот и общи изследвания на интелигентните интерфейси за взаимодействие човек-машина.

Базовите изследвания, които се провеждат показват точности на детекция за HALV състояния от 88.9% за видео стимули и 84.1% за изображения, при използването на ЕКГ и ЕДА. При използването на ФПГ и ЕДА се постигат точности на детекция за HALV от 88.9% за видеоклипове и 86.1% за изображения. Изследванията за концентрация показват точност от 78.2% за описатели от ЕКГ и ЕДА и малко по-ниска точност от 74.2% на детекция при използване на набори описатели от ФПД и ЕДА.

В описанието на набора от данни CLAS се фокусирахме основно върху аспектите и функционалностите, свързани с автоматизираните разпознаване на специфични човешки емоции, откриване на състояния, свързани със стреса и негативни емоционални състояния, както и автоматизирана оценка на степента на внимание и концентрация, когнитивно натоварване и моментно когнитивно капацитет. Въпреки това, дизайнът на набора от данни има потенциал да подкрепят научноизследователски дейности с по-широк обхват, главно в сценарии за сътрудничество с човешки работи и разработването на усъвършенствани интерфейси човек-машина, които са наясно присъщи човешки аспекти, свързани с комуникацията, производителност и ефективност на сътрудничеството. Ограниченията свързан с набора от данни на CLAS, който беше събран в това първо пилотната фаза на нашия проект, произтича от относително малкия му размер и статичната позиция на тялото по време на събиране на данни.

[Г7.15] **Markova V.**, T. Ganchev, “Technological support to stress level monitoring”, Book Chapter 6 in *Enhanced Living Environments: From Models to Technologies*, IET Publisher, 2017, pp 133-160, ISBN: 978-1-78561-211-4. Chapter DOI: 10.1049/PVHE010E\_ch

Стресът е широко свързан с повишени рискове за здравето (сърдечни и мозъчни заболявания, диабет, рак, поведенчески разстройства и др.). Освен това е известно, че продължителното излагане на стрес се отразява негативно на работата, отношението, вземането на решения и т.н. В допълнение, наблюдението на нивата на стрес и правилното управление на стреса са от решаващо значение за пожарникарите, спасителните екипи, полицията и други -рискови професии по отношение на успеха на мисията и запазването на работната сила. В тази връзка в тази публикация правим преглед на състоянието на технологиите и хардуерните и софтуерни средства, интегрирани в системите за наблюдение на личното здраве. Представена е цялостната архитектура на системите за персонален здравен мониторинг, която включва три основни компонента – събиране на данни от сензори и медицинска информация за здравния статус на човек; обработка и анализ на данните и двупосочна комуникация между пациент и лекар. Анализирани са технологиите, използвани при изпълнението на заложените функционалности. Специален акцент е поставен върху технологията, участваща в оценката на мозъчната активност и негативните емоционални състояния, които са свързани със стрес, поведенчески, психични разстройства и др. От гледна точка на приложението обсъждаме технологичната осъществимост на стационарни и мобилни настройки за стрес -оценка и наблюдение на ниво. И накрая, очертаваме настоящите тенденции и бъдещи изследователски насоки и анализираме някои присъщи ограничения на мониторинга на нивото на стрес и някои предизвикателства, които остават нерешени.

[Г7.16] V. Markova, T. Ganchev, K. Kalinkov (2018). “Detection of Negative Emotions and High-Arousal Negative-Valence States on the Move”, *Proc. of the 4th International Scientific Conference on Advances in Wireless and Optical Communications*, RTUWO-2018, Riga, Latvia, November 15–16, 2018, pp.61-65.

В доклад Г7.16 е представен нов обобщен метод за обработка и анализ на физиологични сигнали, който в комбинация с класификатор с опорни вектори (SVM), позволява разпознаване на негативни емоционални състояния, състояния с високи нива на емоционална възбуда и характерната комбинация от състояния с негативни емоции при висока степен на емоционална възбуда. Представени са методи за изчисляване на описатели на физиологични сигнали, в това число 16 описатели, изчислявани от електродермалната проводимост на кожата и 18 описатели, характеризиращи информацията, съдържаща се в ЕКГ сигналите.

Създадена е база данни от записи на физиологични сигнали, съгласно експериментален протокол разработен специално за целта на настоящото изследване. Разработени са модели за разпознаване на негативни емоционални състояния и експериментална валидация на обобщения метод. Изследвана е работоспособността на обобщения метод при различни настройки на автоматичните детектори на негативни емоционални състояния, състояния на високо ниво на емоционално възбуждане и състояния, характерни с негативни емоции при високо ниво на емоционално възбуждане.

Полезността и работоспособността на обобщения метод е валидирана в контекста на интегрирана преносима система, която е в състояние да наблюдава непрекъснато определени физиологични сигнали на човешкото тяло, измежду които проводимостта на кожата и ЕКГ сигнали. Предложеният концептуален проект на персонална преносима система е изграден върху традиционната архитектура клиент-сървър. Събирането на физиологични сигнали се осъществява посредством интелигентни безжични сензори от типа Shimmer3 GSR+ и Shimmer3 ECG, които са свързани по Bluetooth канал към мобилен телефон. В мобилния телефон (смартфон) се изпълняват задачите, свързани с агрегиране на данните и предаване към сървъра. Сървърът изпълнява всички задачи, свързани с обработка и анализ на физиологичните сигнали. По такъв начин в сървъра се извършва цялата обработка, свързана с методите за обработка и анализ на данни и разпознаването на физиологични състояния, а в смартфона е реализиран потребителският интерфейс, който позволява на потребителя да следи и управлява процеса на събиране на данни и да визуализира резултатите от обработката.

В доклада са представени резултати за различни видове моделиране на гореспоменатите физиологични сигнали, в т.ч. с използването на знание за обобщената категория, към която принадлежат аудио-визуалните стимули, подавани към участниците и само информация, получена от самооценката на въздействията от участниците. Експерименталните резултати от изследванията с базовите модели, показват точност на разпознаване с горна граница до 85%, което подсказва добър потенциал за подобрене при реализирането на необходимата за работата на системата функционалност.

[Г7.17] V. Markova, T. Ganchev, „Constrained Attribute Selection for Stress Detection Based on Physiological Signals”, *ACM Proc. of the 2018 International Conference on Sensors, Signal and Image Processing*, pp.41-45, 2018

В доклад Г.7.17 е представен нов метод за автоматичен подбор на описатели, при който процесът на редуциране на първоначалния пълен набор от описатели, преминава през три основни етапа. Идеята на метода е при подбора на описатели, да се надгради методът за оценка на характеристиките на описателите чрез критерия за разделяне на Фишер. Това се осъществява посредством последващи обработки, включващи (i) допълнителен подбор, използващ предварително знание за проблема и (ii) допълнително рафиниране на разнообразието в набора описатели, с цел намаляване изменчивостта в окончателния набор от избрани описатели. При допълнителното редуциране на описатели се налагат ограничения при избора на описатели, въз основа на знания, специфични за конкретната задача, като това се очаква да улесни моделирането и класификацията на следващите етапи при разпознаване на определени физиологични състояния.

Предложеният метод е валидиран чрез експериментална постановка, ориентирана към откриване на състояния на остър стрес на базата на физиологични сигнали. За целта е използвана базата данни с физиологични записи ASCERTAIN, от която са взети записи на ЕКГ сигнали и повърхностно съпротивление на кожата за 58 човека. От тези физиологични сигнали са изчислени 43 описатели, от които чрез специално създадена процедура за подбор, са избрани основните 18, за които се знае, че са релевантни към решаваната задача, т.е. тези се основават на предварително знание за проблема.

Експерименталните резултати потвърждават, че предложеният метод за подбор на описателите постига предимство, в сравнение с три други случая: (i) използване на пълния набор от описатели, (ii) използване на подмножество, избрано въз основа на предварително познание за проблема, и (iii) използване на подмножество, избрано единствено въз основа на разделянето на критерия на Фишер.

В сравнение с тези базови методи е постигнато относително усреднено подобрене на точността на разпознаване на състояния на остър стрес, със средно 5.4% (за всичките 58 човека от ASCERTAIN).

Основно достойнство на новия метод е, че предлага механизъм за донастройка на процеса на избор на описатели, което позволява избраният набор от описатели да отчита релевантността на описателите за решаване на конкретната задача и в същото време, да се отчитат индивидуалните физиологични характеристики на всеки човек. Използването на предложения нов метод води до избор на подмножества от описатели, които се припокриват частично и са адекватни към съответната експериментална постановка на задачата, но отчитат особеностите на всеки човек.

[Г7.18] V. Markova, T. Ganchev. “Three-step Attribute Selection for Stress Detection based on Physiological Signals”, *Proc. XXVII International Scientific Conference Electronics, ET-2018, Sozopol, Bulgaria, September 13–15, 2018.*

В доклад Г7.18 представяме нов три етапен метод за избор на описатели, който се основава на използването както на обобщена, независеща от индивида оценка на атрибутите, така и на оценка на описателите на сигнали, отчитаща индивидуалната особеност за всеки отделен човек. Първите две стъпки от метода имат за цел да изберат подмножество от атрибути, които са универсални и общи за голяма популация от индивиди, като това се извършва чрез селекция на описатели, които се избират многократно за големи групи от потребители. В последствие, тази селекция се донастройва чрез ограничаване на избора до подгрупа от описатели, специфична за определен човек, която е получена след прилагане на критерия за разделяне на Фишер. В резултат на сечението на тези подмножества се получава ново подмножество от атрибути, което е едновременно специфично за така формулираната задача и същевременно персонализирано към конкретен човек, според качеството на регистрираните от него сигнали.

Предложеният нов метод е валидиран с помощта на базата данни от физиологични сигнали ASCERTAIN, от която са използвани записите на ЕКГ сигнали и повърхностно съпротивление на кожата за всичките 58 човека. Експерименталната постановка е насочена към разпознаване на физиологични състояния, асоциирани със стрес, които се характеризират с високо ниво на емоционална възбуда при негативни емоции. Изследвани са голям брой различни настройки на метода и е извършен анализ на получените подмножества от описатели. Проведено е сравнително експериментално изследване на точността на класификация за осем набора от описатели, в това число за (i) три различни настройки на предложения метод, (ii) три различни настройки на метода за селекция на най-често избраните описатели след селекция с метода на Фишер, (iii) индивидуалните подмножества от описатели, които са избрани чрез метода на Фишер поотделно за всеки човек, (iv) пълния набор от 43 описатели.

Експерименталните резултати са в подкрепа на тезата, че предложеният метод предлага предимства по отношение на точността на откриване на физиологични състояния, характеризиращи се с високо ниво на емоционална възбуда при негативни емоции, в сравнение с други стратегии за подбор на подмножества от описатели. В резултат на прилагането на новия метод за подбор на описатели е отчетено подобрене на относителната точност на разпознаване с над 5.3 % спрямо пълния набор от описатели.

[Г7.19] V. Markova, T. Ganchev. “Automated Recognition Affect and Stress evoked by Audio-Visual stimuli”, *Proc. of the Seventh Balkan conference on lighting, BALKANLIGHT-2018*, Varna, Bulgaria, September 20–22, 2018.

В доклад G.7.19 се изследват два различни подхода за автоматизирано откриване на негативни емоционални състояния, както и на състояния, характеризиращи се с висока емоционална възбуда и негативни емоции (HANV), които са близки до острия стрес в специфичен контекст. Независимо от крайната цел, тези два подхода използват алтернативни формулировки на задачата за определяне на съответното състояние – чрез използване на тагове, които са: (i) До известна степен обективни, т.к. са общи за всички хора и са дефинирани единствено от съдържанието на всеки конкретен стимул (повече или по-малко консенсусно за голяма група хора), или (ii) Субективни и индивидуални за всеки потенциален ползвател на тази технология, т.к. се извеждат въз основа на самоопределението на всеки човек за ефекта от прилагането на конкретен стимул.

Използвайки тези две формулировки на задачата, в доклада се изследват възможностите за създаване на автоматични детектори на HANV състояния и на негативни емоционални състояния. Изследвани са последствията и сложността на задачата при двете формулировки и възможностите за автоматизирано разпознаване на тези състояния. За целта е проведено експериментално оценяване на предимства на моделирането на базата на независими тагове, като се използват етикетите присъединени към аудио-видео стимулите от създателите на базата данни, както и тези получени от самооценката на конкретните хора.

За целите на експерименталното изследване е създадена автоматизирана система за разпознаване на емоционални състояния, въз основа на физиологични сигнали, в т.ч. ЕКГ и повърхностно съпротивление на кожата. В доклада са разгледани общата архитектура на системата, както и методите, използвани на изчисляване на описателите на физиологични сигнали, методите за допълнителна обработка и селекция на описателите, като и метода за класификация на данните при откриването на (i) негативни емоционални състояния и (ii) HANV състояния.

Анализът на резултатите от изследването показва, че по-точно и надеждно разпознаване на състоянията, характеризиращи се с висока емоционална възбуда и негативни емоции, се получава, когато се разчита на субективните тагове, които са индивидуални за всеки потенциален ползвател. В тази връзка е показано, че използването на субективните тагове, определянето на които изисква малко допълнително усилия, позволява да се постигне относително подобряване на точността на откриване на HANV с до 5%.

[Г7.20] T. Ganchev, V. Markova, I. Lefterov, Y. Kalinin (2017). “Overall Design of the SLADE Data Acquisition System “*Advances in Intelligent Systems and Computing*”, ISSN: 2194-5357, vol. 679, pp.56-65, 2nd International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry, ITI 2017, 14 -16 September 2017. **SJR 0.174**

Изследванията, свързани със създаване на методи за автоматично разпознаване на емоционални състояния и оценка на нивата на стрес, до голяма степен зависят от наличието на подходящи ресурси, в това число на бази данни със записи на физиологични сигнали, получени след прилагането на определени видове стимули.

В доклада се представя цялостният дизайн на система за събиране на базата данни, SLADE, която е създадена специално в помощ на научноизследователските дейности по разпознаване на емоционални състояния и оценка на нивата на стрес. SLADE има за цел да улесни разработването на автоматизирани инструменти и услуги за оценка и наблюдение на нивата на стрес. Накратко базата данни се състои от синхронизирани записи на 16-канални ЕЕГ сигнали, 3-канални ЕКГ сигнали, повърхностната температурата на кожата (ST) и галваничната реакция на кожата (GSR). Подробно са описани отделните модули и компоненти, съставляващи стенда за сбор на данни, както и специално създаденото програмно осигуряване, с помощта на което се извършва синхронното излъчване на аудио-видео стимулите и събирането на записите на физиологични сигнали.

Освен представянето на количествените и качествени параметри на системата и на базата данни от физиологични данни, е извършена експериментална работа за валидиране полезността на базата данни SLADE. Представени са експериментални резултати от специално създадени за целта базови системи за разпознаване на (i) емоционална възбуда, (ii) негативни емоционални състояния, както и (iii) състояния, характеризиращи се с висока степен на емоционална възбуда при негативни емоционални състояния. Последните са асоциирани с групата състояния, имащи отношения към острия стрес.

В доклада подробно е описана архитектурата на системата за разпознаване на емоционални състояния, извличането на описателите, допълнителните обработки на описателите и процеса на класификация, като са представени експериментални резултати, показващи висока степен на точност при комбинираното използване на голям брой описатели, извлечени от синхронизирани записи на 16-канални ЕЕГ сигнали, 3-канални ЕКГ сигнали, повърхностната температурата на кожата (ST) и галваничната реакция на кожата (GSR).

[Г7.21] V. Markova, K. Kalinkov, P. Stanev, T. Ganchev (2017). “Automated Stress Level Monitoring in Mobile Setup”. *Proc. of the ITI-2017*, September 14-16, 2017, Varna, Bulgaria, in “Advances in Intelligent Systems and Computing”, ISSN: 2194-5357, vol.680, pp.323-331. **SJR 0.174**

В доклада се представя концептуалният проект и дизайна на отделните модули на мобилна система за оценка на нивата на стрес в реално време. Системата комбинира информацията от интелигентни безжични сензори, които се носят върху облеклото или тялото и Cloud computing технология за събиране, обработка и анализ данните. За целта системата регистрира физиологични сигнали, като повърхностно галванично съпротивление на кожата (GSR) и повърхностна температура на кожата. В доклада е изследван конкретен работен сценарий, при който в реално време се събират, натрупват и анализират данни за конкретен човек.

Акцентът на изследването е експериментална валидация на концептуалния проект. Целта на изследването е да се провери до каква степен грешките и смущенията, натрупващи се в процеса на събиране, пренасяне и обработка на данните, биха повлияли възможността да се регистрира емоционална възбуда или емоционалното състояние на човека в мобилна конфигурация.

Анализът на експерименталните резултати показва подкрепа за хипотезата, че е осъществима работоспособна реализация на заложената функционалност, въз основа на описателите изчислени от GSR и показанията на температурата на кожата -- и в частност, може да се получи качествена оценка на емоционална възбуда в мобилна конфигурация. Такава функционалност улеснява развитието на технологиите за мониторинг на стреса в реално време в контекста на мобилни приложения.

В допълнение, в доклада се оценява възможността за откриване на отрицателни емоционални състояния въз основа на същия набор от описатели на физиологичните сигнали. Макар че наблюдаваната точност на разпознаване на емоционалната валентност не съответства на изискванията на приложенията от реалния живот, експерименталните резултати се считат за интересни, тъй като те показват възможността за откриване на специфични случаи – състояния, характеризиращи се с висока степен на емоционална възбуда при ясно изразени негативни емоции (HANV).

В дискусията към доклада е подсказано, че в специфични ситуации и контекст, събитията от типа HANV могат да се интерпретират като начало на остро стресово състояние, при което на лицето може да се подсказе как да продължи мисията си. Хипотетично, последното може да бъде полезно за подобряване на управлението на стреса във високорискови професии, в подкрепа на екипи, участващи в спешна медицинската помощ и в рехабилитацията на пациенти, които се възстановяват от тежка травма, като наранявания на гръбначния мозък, долните крайници и други.



### 9.3 Резюмета за публикациите от група „Г.8“

[Г8.1] K. Kalinkov, V. Markova, Preprocessing of PPG and EDA signals for detection of emotional and cognitive states via physiological signals, *Annual journal of TU-Varna*, 2021 in print

В настоящата статия представяме методология за предварителната обработка на фотоплетизмографски сигнали и електродермалната активност с цел последващото им използване при създаване на автоматизирани модели за разпознаване на емоционални и когнитивни състояния. Съществуват редица преносими смарт устройства за измерване на физиологични сигнали (например смарт часовници и гривни), които могат да се използват за натрупване на записи със сигнали. В последствия тези сигнали могат да послужат при създаване на детектори за следене на здравни и поведенчески показатели.

В доклада се разглеждат няколко метода за предварителна обработка на фотоплетизмографски сигнали (PPG) и сигнали, отчитащи електродермалната активност (EDA) на ръцете на човек. Представени са избрани подходи за предварителна обработка на сигналите, така че те да бъдат подходящи за последващо извличане на характеристични описатели и параметризация за нуждите на алгоритмите за машинно обучение, натоварени с класификацията и откриване на когнитивни и емоционални състояния при хората..

По-задълбочено се изследва изменението на следните параметъра - намаляване на честотата на дискретизация; сегментиране на сигналите и разделяне на компонентите на електродермалната активност.

В настоящия доклад са представени резултати от изследвания на ефектите от намаляването на честотата на дискретизацията и сегментирането на фотоплетизмографски сигнали (PPG), както и сегментиране и разделяне на компонентите на нивото на проводимост на кожата (SCL) и реакцията на проводимостта на кожата (SCR) на сигнала EDA чрез лентови и нискочестотни филтри.

Резултатите от направените експериментални изследвания върху сигнали от базата данни CLAS ( A Database for Cognitive load, Affect and Stress recognition) сочат, че за целите на класификация на негативни емоционални състояния и когнитивно натоварване, най-подходящата предварителна обработка е сегментиране от 2 минути, което е препоръчителната продължителност за честотен анализ на вариабилността на сърдечната честота. Освен това препоръчваме намаляването на дискретизацията на PPG сигнали до 64 Hz, което се оказва най-ниската честота на дискретизация, която не внася грешки в откриването на систолния пик и не влияе драстично върху дължината на интервалите между сърдечните удари (IBIs). За разделянето на SCL компонента на EDA препоръчваме използването на медианен филтър с дължина на прозореца от 75% от честотата на дискретизация, който въвежда незначителни артефакти.

[Г8.2] N. Grozev, V. Markova, “Atmospheric Observation and Radio Signal Measurements over the Black Sea Region for Assessment of Tropospheric Radio Propagation and Potential Radio Interferences”, Journal “Mathematical Modeling”, vol4. issue 4, 2020.

Поради различни смущения, произтичащи от тропосферното разпространение на радиовълни над големи водни басейни, е необходимо да се изучават в детайли механизмите на разпространение и да се подобряват съществуващите модели за определяне на коефициента на разпространение или профилите на загуба на пътя при различни честоти, особено в UHF ленти, причинени от нарастващия интерес към мобилните комуникации и особено 5G технологиите.

Авторите се стремят да натрупат достатъчно информация за разпространението на радиовълните в района на Черно море като изследват състоянието на атмосферата над две точки – Варна, България и Севастопол, Крим, както и състоянието на водата.

Направени са изследвания на профила на коефициента на пречупване за двете точки, като се използват реални данни измерени в периода 09.08.2019 до 02.09.2020 в района на гр. Варна. Резултатите се сравняват с теоретично изчислени модели за разпространение на радиовълни. От направения сравнителен анализ следва, че за VHF диапазона разликата между измерени и изчислени нива на електромагнитно излъчване е повече от 10 dB, съответно за UHF - от 6 до 10 dB при благоприятните случаи, които могат да се дължат на допълнителен лъч в приемник. Установена е тясна взаимовръзка между получените нива на електромагнитно излъчване и скоростта на вятъра, но в комбинация с различни аномални тропосфери среди и връзката между абсолютната стойност на модифицираната рефракция и нивата на приеманите сигнали за изследваните региони.

[Г8.3] К.Калинков, **В. Маркова**, Т. Ганчев, „Извличане на описатели от физиологични сигнали за разпознаване на емоции”, Списание „Компютърни науки и технологии “, бр.2, pp.34-41, 2018, ISSN 1312-3335. [http://csejournal.cs.tu-varna.bg/cse\\_journal\\_2\\_2018.pdf](http://csejournal.cs.tu-varna.bg/cse_journal_2_2018.pdf)

Настоящия доклад представя резултати от изследвания, свързани с извличане на описатели от физиологични сигнали за разпознаване на емоции и стрес. Известни са голям брой описатели, както във времева, така и в честотна област, но само част от тях са съществени за разпознаване на емоции и стрес. Текущото изследване цели създаване на база със записи на биомедицински сигнали, които в последствие да се използват за валидиране на алгоритми за извличане на описатели и разработване на модели за разпознаване на негативни емоционални състояния и стрес. Използвана е биомедицинската сензорна система Consensys Development Kit за снемане на ЕКГ, фотоплетизмографски (ФПГ) сигнали и елекродермална активност на ръцете на четирима доброволци. Участниците са представители на различни възрастови, социални и полови групи. Всеки от тях се подлага на въздействието на един неутрален стимул за установяване на нормалните за индивида стойности на биосигналите и 15 аудио-визуални стимула, порждащи различно емоционално въздействие.

Извършен е сравнителен анализ на описатели, получени в среда Matlab и LabVIEW, при различна дължина на записа. В контекста на по-голяма цел да се разработи методика за автоматизирано разпознаване на негативни емоционални и стресови състояния с помощта на елементи от изкуствения интелект са направени сравнителни изследвания на няколко основни описатели, извлечени от ЕКГ и ФПГ. Резултатите показват, че е за целевите приложения използването на ЕКГ или ФПГ сигнали са взаимнозаменяеми опции. В допълнение е изследвана връзката между подбрани описатели и продължителността на записите с физиологични сигнали. Отчетено е силно влияние на дължината на записа върху оценката на изменчивостта на сърдечния пулс в честотната област.

**[Г8.4] В. Маркова**, Развиване на дигитална грамотност на ученици чрез компютърно моделиране, Клъстери и иновации в образованието, 5-7 Октомври, 2018,България

Информационните и комуникационни технологии играят важна роля в съвременното образование, което трябва да отговори на потребностите за развиване на нови знания и умения у подрастващите, свързани с ефективно използване и разбиране на цифровите технологии..

В днешно време децата от много малка възраст се докосват до възможностите на информационните технологии и Интернет. Развитието на дигиталните умения и компетенции на децата е предпоставка за ефективно използване на информационните технологии, демонстриране на умения за безопасно и здравословно използване на технологиите, както и възможности за разпознаване на заплахи в дигитална среда.

В настоящата публикация са представени различни софтуерни инструменти, които спомагат за лесно и увлекателно развитие на дигиталните умения сред подрастващите.

Сред най-достъпните и привлекателни за децата програмни езици са Logo, Scratch, Kodu и Tynker.

Дигиталната грамотност включва набор от знания и компетенции, необходими за пълноценното развитие на съвременните деца. Визуалните среди за програмиране, позволяват на учениците под формата на игра да натрупат полезни знания и умения, които ще им помогнат в бъдеще да използват ефективно информационните технологии за придобиване на други ключови знания (математика, креативност, творчество, сътрудничество). Това ще им помогне в бъдеще да бъдат пълноценни участници в обществото и икономиката

[Г8.5] V. Markova, Cv. Dicheva, F. Feradov, Y. Kalinin, T. Ganchev, “SLADE -stress level and emotional state assessment database: phase 1”, Journal “Computer Science and Technologies”, vol.1, pp.60-68, 2016, ISSN 1312-3335. [http://csejournal.cs.tu-varna.bg/cse\\_journal\\_1\\_2016.pdf](http://csejournal.cs.tu-varna.bg/cse_journal_1_2016.pdf)

Докладът представя концепция и реализация на база данни SLADE( Stress Level and emotional state Assessment ), която е създадена за оценка нивата на стрес и разпознаване на емоционални състояния от биосигнали.

SLADE съдържа записи от електрокардиографски (ЕКГ) и електроенцефалографски (ЕЕГ), и галванично съпротивление на кожата (електродермална активност). В доклада се представя подробно описание на резултатите от първия етап на реализация, която включва записи от 10 клинично здрави доброволци. В рамките на един час, доброволците са емоционално стимулирани с помощта на 40 едноминутни аудио-видео стимули с различна емоция и степен на емоционална възбуда. След всеки клип участниците попълват анкета, в която дават оценка за нивото на въздействие по три показателя ( валентност, степен на възбуда и доминантност на емоцията).

Представено е разпределение на емоционалното въздействие на отделните стимули в координатната система (емоция-възбуда). Определени са средните стойности на емоционалното въздействие за всеки от избраните видео стимули. В последствие тези тагове ще бъдат използвани за създаване на автоматизирани модели за разпознаване на различни емоционални състояния.