

КРАТКО ОПИСАНИЕ НА НАУЧНИТЕ ПОСТИЖЕНИЯ

на

проф. д-р инж. Иво Цветанов Илиев

за

участие в конкурс за член-кореспондент на БАН,

в направление „Инженерни науки“

2024 г.

1. Приноси за развитието на науката, получили известност и признание в страната и чужбина

Основните приноси на проф. Иво Илиев са в областта на биомедицинското инженерство, по конкретно: регистриране, анализ и обработка на биомедицински сигнали; въздействия върху човешкото тяло с токове с ниска честота и токови импулси; системи за отдалечено мониториране на витални параметри при рискови пациенти; асистирани системи за възрастни и хора с увреждания. Научноизследователската му дейност обхваща период повече от 38 години, в Технически Университет – София и по съвместителство в Централната лаборатория по биомедицинско инженерство – БАН. През този период проф. Илиев е участвал общо в 35 научноизследователски проекта, от които: 2 международни; 7 с възложител чуждестранни фирми; 5 са проектите по оперативни програми; 17 са научноизследователските проекти изпълнени в рамките на национални и вътрешно институционални програми и 4 са с възложители от индустрията. Бил е ръководител на 14 проекта.

С най-голяма значимост, по отношение на постигнатите научни резултати, както и със съществен икономически и социален ефект са резултатите от изследванията и разработките за подобряване на характеристиките на дефибрилатори, проведени от екип от ЦЛБМИ-БАН ръководен от проф. Иван Даскалов. Научната новост се състои в прилагането на бифазни скъсени импулси (а впоследствие и на бифазни нахъсани импулси), при шокото въздействие, което доведе до значително намаляване на необходимата енергия за осъществяване на успешна дефибрилация. Ползите от една страна са за пациента, тъй като се свежда до минимум увреждането на сърдечния паренхим, а от друга се намаляват значително габаритите на дефибрилаторите. Като част от екипа, проф. Илиев разработи системата за управление на дефибрилаторите, както и тестер за оценка на параметрите на дефибрилационния разряд и на синхронизацията между момента на въздействие, спрямо собствената електрическа активност на сърцето в режим „кардиоверсия“. Само в рамките на първата година, след разрешението за употреба, бяха произведени и реализирани над 3000 апарата, които са спасили стотици хиляди човешки животи от преждевременна смърт. Към днешна дата тези показатели са значително по-високи. Следва да се отбележи, че постигнатите резултати доведоха до създаването на нови поколения дефибрилатори AED (Automatic External Defibrillators) и PAD (Public Access Defibrillators), които са напълно автономни и дават възможност животоспасяващата процедура, да се извърши от неспециалист, навсякъде и по всяко време. За целта дефибрилатори са локализирани на общес-

твени места, където има големи струпвания от хора – площади, стадиони, гари, метрото. Паралелно с разработването на новото поколение дефибрилатори проф. Илиев предложи концепция и съответната реализация на фотоплетизмографски детектор за наличие на периферно кръвообращение, като допълнителен индикатор за резултата от дефибрилационното въздействие. Предложението бе защитено с патент във Франция от водещия производител на медицинска апаратура Shiller Medical.

Като продължение на темата за въздействие с бифазни високоволтови импулси, с участието на проф. Илиев, бе създадена и апаратура за третиране на базоцелуларни тумори, като алтернатива на оперативните интервенции. Въздействието с кратки поредици биполярни импулси, с амплитуда от няколко стотин волта до 2400V води до подобряване на електропермеабилитета (пропускливостта) на клетъчните мембрани на раковите клетки, при което става възможно навлизането на лекарственото вещество (цитотоксик) в тях и последващото им унищожаване. Ефектът за пациентите е краткия възстановителен период и минималния дискомфорт по време на процедурата.

Друга област на научните изследвания, разработки и внедрявания на проф. Иво Илиев е пациентната телеметрия (в болнична среда и за амбулаторно приложение) на високорискови пациенти със сърдечносъдови заболявания. Изследванията и приносите са свързани с решаването на проблеми, произтичащи от спецификата на лечебно-диагностичния процес. Апаратните реализации трябва да са портативни с минимална консумация, да анализират регистрираните данни (сигнали) в реално време, както и да предават данни на разстояние чрез безжични интерфейси. В тази област са изпълнени два проекта с финансиране от ФНИ и два с финансиране от фирма производител на медицинска техника. Три медицински изделия са внедрени в редовно производство и четвърто е на етап след успешно приключили клинични изпитвания. Една от практическите разработки е защитена с полезен модел, който е с предоставена лицензия за ползване на фирма. Постигнати значими научни резултати могат да бъдат обобщени в следните категории:

1. Нови алгоритми за обработка на електрокардиографски (ЕКГ) сигнали в устройства с минимална консумация и ограничен изчислителен ресурс.
 - Синтезиран алгоритъм (цифрова процедура *FilterDxN*) за премахване, в реално време, на апериодичен високоамплитуден дрейф на нулевата линия на биомедицински сигнали (електрокардиографски, фотоплетизмографски, електроенцефалографски и др.), приложим при мониториране на пациенти, без ограничаване на двигателната им активност. Алгоритъмът позволява промяната на характеристиките на филтъра: качествен фактор, гранична честота, нули в предавателната характеристика, да се реализира в широк диапазон, чрез промяна на два параметъра. Важно допълнително предимство е едновременното премахване на остатъчното мрежово смущение.
 - Създадена методика и алгоритъм на адаптивен QRS детектор (в електрокардиографския сигнал), ползващ динамично обновяващи се амплитудни и стръмностни критерии при съпоставяне на текущия QRS комплекс с кратка предистория. Алгоритъмът се характеризира с високо бързодействие и високи стой-

ности на статистическите показатели чувствителност, специфичност и степен на предсказуемост, включително и при поява на инцидентна или системна атипична сърдечна дейност.

2. Нови методи и подходи приложими при пациентната телеметрия.

- Разработена оптимална, за целите на дълговременната регистрация на параметрите на кръвното налягане, концепция и реализация, съчетаваща осцилометричния принцип на измерване (вариант със стъпална декомпресия на маншетното налягане), със схемотехнични и програмни решения за ускоряване на единичното измерване.
- Предложен и клинично верифициран нов метод за отдалечено мониториране на сърдечната дейност на рискови пациенти, чрез трансформация на електрокардиографския сигнал в звук (ЕКГ сонификация), при който предаването на данните се осъществява с помощта на мобилно комуникационно устройство, по метод аналогичен на провеждането на стандартен телефонен разговор. Методът е подходящ за възрастни и хора със зрителни проблеми, както и при спасителни операции в екстремални условия, когато комуникацията е възможна единствено чрез радиостанциите на спасителните екипи.

Трета област на научни изследвания и разработки на проф. Иво Илиев е свързана с асистиращите системи за възрастни и хора с увреждания. Изследванията и приносите са свързани с решаването на специфични задачи, отчитащи както многообразието от здравословни проблеми, характерни за застаряващата популация, така и психологическия ефект свързан с възприемането на новите технологии и тяхното навлизане в личното пространство на възрастните хора. В тази област са изпълнени два национални проекта, с финансиране от ФНИ, и един международен по програма COST. Една от практическите разработки е защитена с полезен модел. Постигнати значими научни резултати могат да бъдат обобщени в следните категории:

1. Предложен двустепенен подход за приложение на видео наблюдение с цел надеждно разпознаване на падания при самотни възрастни хора. Системата позволява ролята на асистирания лице да се трансформира от пасивен получател на здравни грижи в активен участник в процеса на вземане на решение за активиране на видеонаблюдението, в зависимост от степента на критичност след падане, или друг травматичен инцидент. Важно в случая е значителното подобряване на възприемането на видеонаблюдението от асистирания лица, както и намаляването на броя на фалшивите аларми.
2. Синтезиран и анализиран статистически и експериментално хаос-базиран алгоритъм за криптиране на изображения във вътрешната мрежа на асистираща система за възрастни. Доказана е криптографската сигурност на алгоритъма чрез анализ на: криптографския ключ, информационната ентропия, хистограмите на криптираните изображения. Алгоритъмът играе важна роля по отношение на сигурността на данните, важно условие при узаконяване на подобен тип асистиращи системи.

Проф. Иво Илиев има **63** научни публикации в специализирани списания и сборници, **58** изнесени доклади на научни форуми у нас и в чужбина, отпечатани **3** монографии, **1** патент в чужбина, **2** полезни модела, **5** учебни издания и **1** глава от книга. Има **5** внедрявания в редовно производство на разработени от него медицински изделия.

Забелязаните цитирания (*без автоцитати*) на трудове на проф. Иво Илиев са общо 327. Броят на цитиранията в Scopus е 220. Броят на цитиранията в WoS е 186.

2. Изграждане на съвременна образователна и научноизследователска инфраструктура, научна школа, образователна и научна интеграция.

През последните 5 години екип, под ръководството на проф. Илиев, изгради уникална за страната ни лаборатория „Биомедицински мехатронни и телеметрични системи“, към Център за върхови постижения, по Договор BG05M2OP001-1.001-0008-1 на тема: “Национален център по мехатроника и чисти технологии”. Материалната база на лабораторията включва високотехнологично оборудване за научни изследвания, синтез, анализ, бързо прототипиране и охарактеризиране на отделни елементи и завършени системи в областта на медицинската електроника.

От началото на 2023г. в резултат на изпълнение на Договор по Национален план за възстановяване и устойчивост (BG-RRP-2.004 „Създаване на мрежа от изследователски висши училища в България“) стартира работата в новосъздадената лаборатория „Биосензори и приложения“. Тематичната насоченост е към проектиране и изследване на биосензори подходящи за носими (wearable) приложения за дълговременно проследяване на витални показатели свързани с промяна в химичния състав на телесни течности. В работния колектив, ръководен от проф. Илиев, са включени водещи изследователи в областите биохимията, електрохимия, микроелектроника, медицинска електроника, както и млади учени и докторанти. Съществена част от предвиденото финансиране (1120000лв.), е за закупуване на оборудване за отлагане на тънки слоеве върху гъвкави подложки, за специализирана измервателна апаратура за охарактеризиране на слоевете, за консумативи и материали, за включване на млади учени.

Привлеченото финансиране от научни проекти, по оперативните програми и договори с индустрията, на които проф. Иво Илиев е бил ръководител, или участник в работните екипи, е над 2,8 млн. лева.

Проф. Иво Илиев е председател на Организационния комитет на Националната конференция с международно участие „ЕЛЕКТРОНИКА“, организирана от Съюза по електроника, електротехника и съобщения (СЕЕС), Техническият университет – София (ТУС), IEEE българската секция и ФЕТТ. Съпредседател е на Организационния комитет на Националната научно-приложна конференция „ELECTRONICS – ET“. Конференцията се организира ежегодно от Техническият университет – София, Факултета по Електронна техника и технологии, Delft University of Technology, the Netherlands и IEEE Bulgaria Section. Член е на Организационния комитет на международната конференция „Modern Circuits and Systems Technologies“ MOCAS.

3. Подготовка на кадри

Проф. Илиев е ръководил общо 13 докторанти. 7 от докторантите са защитили дисертационни трудове, 4 са отчислени с право на защита, а двама са в процес на обучение. От защитилите докторанти един (Велислава Спасова) заема висок пост в клон на Google (Швейцария). Двама (Даниел Цветанов и Андрей Станчев) създадоха собствени фирми за развойна дейност на медицински изделия приложими в асистиралите системи за възрастни и хора с увреждания. Един (Серафим Табаков) е доцент по „Медицински уреди“ в ТУ-София, един (Бистра Ненова) е научен сътрудник в Института по металознание на БАН и един (Валентин Цибулко) е на отговорен пост в „GE Healthcare“. Бивши студенти и дипломанти на проф. Илиев, понастоящем в различни звена на БАН, са водещи учени с международен авторитет в областта на анализа и обработката на биомедицински сигнали.

През периода 1991-2023г. проф. Илиев е бил дипломен ръководител на 243 студенти. В почти всички големи болници в страната, както и във фирмите свързани с разработване, доставка, сервиз и поддръжка на медицинска апаратура на отговорни длъжности са назначени кадри - възпитаници на ТУ-София, специализирали в направлението „Биомедицинско инженерство“. Нивото на компетентност и успешната реализация, на завършилите направлението, са свидетелство за наличието на школа в подготовката на специалисти способни да разработват, развиват, инсталират, обслужват и обучават потребителите на високотехнологична апаратура в области като: обр-азна диагностика (компютърни томографи, апарати за ядрено-магнитен резонанс, апарати за инвазивна кардиология, имплантиране на кардиостимулатори), апаратура за прецизна лапароскопска хирургия (робот Да Винчи), циклотрон за производство на радио фармацевтици и много други.

В момента проф. Илиев води университетските курсове по „Медицинска електронна апаратура“, „Основи на биомедицинското инженерство“, „Устройства за медицински диагностични образи“, „Методи и системи за отдалечен мониторинг и обработка на данни“

За периода 2019 – 2022 г. проф. Иво Илиев е изнесъл лекционни курсове в Испания и Канада по програма „Еразъм+“.

Бил е рецензент на 30 процедури за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности. Рецензирал е повече от 100 публикации в реферирани чуждестранни издания и международни научни форуми.

4. Участие в национални, чуждестранни и международни научни и експертни съвети и комисии

Проф. Илиев е бил член на изпълнителния съвет на Фонд научни изследвания (мандат 2014 - 2017г.) разработил „Правилник за дейността на фонда“. Бил е член на управителния съвет на Българското дружество по биомедицинска физика и инженерство, през периода 2004-2008г.

проф. д-р инж. Иво Цветанов Илиев

През периода 2017-2018г. е бил член на Independent Scientific Evaluation Group към NATO Science for Peace and Security Programme.

От 2017 г. участва в експертния съвет към инициативата „Българската коледа“ под патронажа на Президента на Република България. Отличен е с грамота от Президента.

03.06.2024 г.

Изготвил:

/проф. Иво Илиев/