

## Алгоритъм и структурна схема за работа на електронна система за предаване и обработка на данни по безжичен път

Любомира Димитрова

**Algorithm and structural design for an electronic system for processing and transfer data wirelessly:** *This article presents an algorithm and the structural design for an electronic system for processing and transfer data wirelessly from research object - research and treatment of endogenous and exogenous factors.*

**Key words:** *biomedical parameters, ambient temperature, internal temperature.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Непрекъснато изследван и осъвременяван въпрос в съдебната медицина е определянето на момента на настъпилото събитие на обекта (смърт) въз основа на следсмъртни констатации. Съдебните експерти, работещи със съществуващите методи и апаратура, използват в повечето случаи теоретични методики за определяне на времето на събитието [1,5], които се основават на литературни източници, таблични и статистически данни. Това води допълнително до натрупване на редица грешки и до разширяване на определения часови интервал.

**Целта** на настоящата статия е да се представи алгоритъм и структурна схема за работа на електронна система за предаване и обработка на данни по безжичен път на изследвания обект при изследване и обработка на ендогенни и екзогенни фактори.

### СТРУКТУРА НА ЕЛЕКТРОННАТА СИСТЕМА

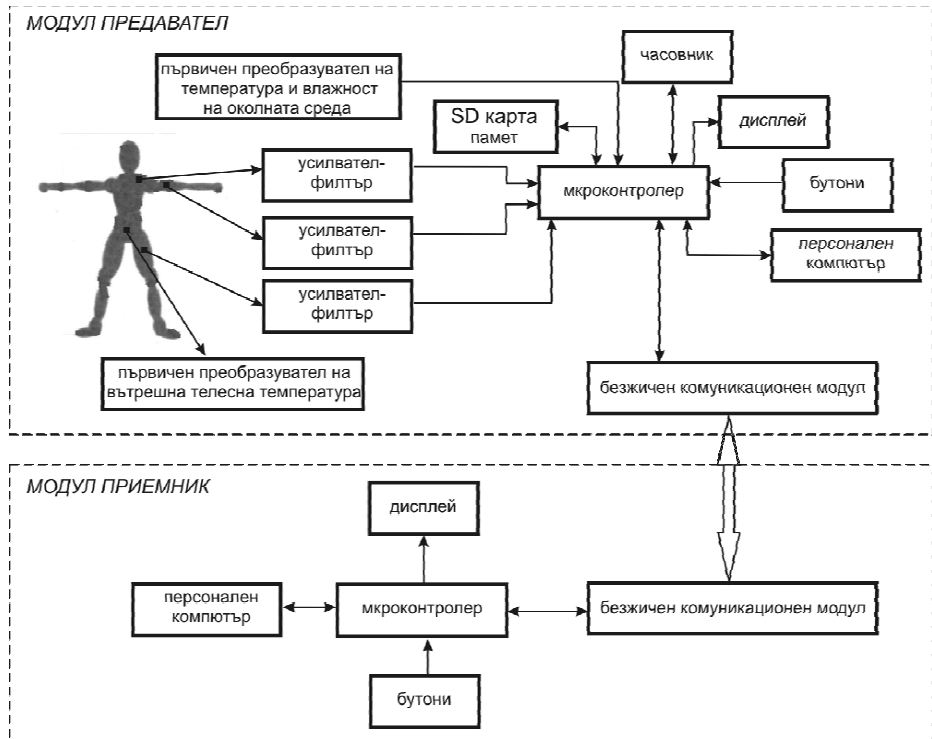
В съдебната медицина е важно прецизното определяне момента на настъпилото събитие, което изисква използването на съвременни средства за измерване на биопотенциали, адекватни методи за анализ и критерии за обработка на изследваните параметри [1,2,3,4]. Един от методите за определяне на вътрешно телесната температура на обекта е посредством измерване на ректалната температура на обекта. Този метод се класифицира като най-точен и щадящ индивида и се използва от съдебните лекари, в допълнение на другите съществуващи – определяне на посмортални петна, съпротивителни реакции и др..

След настъпване на събитието, биомедицинските сигнали с течение на времето намаляват и са показателни за изследвания и анализи само в рамките на първия 24-ов интервал. Измерените сигнали са с малки амплитуди и е необходимо да бъдат усилени, за да могат да се обработват допълнително.

Един основен параметър за определяне на давността на събитието е вътрешно телесната температура на обекта. При нейното определяне оказват косвено влияние температурата и влажността на околната среда. Това определя необходимостта за включване в електронната система на специализирани сензори за съответните измервания.

Структурната схема на електронната система за предаване и обработка на данни по безжичен път за приложение в изследванията на съдебните лекари, е разделена на *модул предавател* и *модул приемник*, и е представена на фиг.1. Измерването на биопотенциали се осъществява в три контролни зони на обекта.

За получаване на коректни данни от изследвания обект с необходимата тежест като доказателствен материал, е необходимо да се отчитат година, месец, дата и час, което налага включването на часовник за реално време със собствено захранване.



Фиг. 1. Структурна схема на електронната система за предаване и обработка на данни по безжичен път – *модул предавател* и *модул приемник*

Разработеният алгоритъм за работа на електронна система за предаване и обработка на данни по безжичен път е съобразен с текущата работа на оперативните специалисти в съдебната медицина и спецификата на техните изследвания, което налага и допълнително криптиране на получената информация за осигуряване на сигурността ѝ при предаване. Включената външна памет, SD карта, съхранява целия часови интервал на изследването и позволява разтоварването на данните при разстояния, по-големи от действието на безжичната връзка. За контрол на работата на системата са предвидени дисплей и управляващи бутони.

### МАТЕМАТИЧЕН МОДЕЛ

Методът за определяне на вътрешнотелесната температура на обекта се осъществява чрез измерване на ректалната температура на индивида през равни интервали от време с продължителност 10...15min. Измерването на тази температура се осъществява с помощта на първичен преобразувател с висока точност на измерване 0,01°C.

Сензорът за измерване на вътрешнотелесна температура се поставя в диагностичната област на ректума на дълбочина от 10cm до 12cm. Измерването започва след не по-малко от 3min [5].

Математическият модел за определяне на събитието включва преизчисляване на ректалната температура на дълбочина 12cm чрез израз (1).

$$T_{12} = \frac{T_{rectum} \cdot 100}{2,03 \cdot l + 89,493} \quad (1)$$

където:

$T_{12}, ^\circ C$  е ректалната температура на дълбочина от 12cm;

$T_{rectum}, ^\circ C$  е температурата на обекта, измерена в произволна дълбочина в ректума;

$l, cm$  е дълбочината на поставяне на сензора в ректума.

Определянето на давността на събитието се извършва въз основа на използването на експоненциалния закон на промените във вътрешнотелесната температура [3,4].

Когато температурните промени околната среда са плавни и няма видимо изменение, за изчисляване на времеконстантата на охлаждане е необходимо да се определи средна стойност на температурните изменения от четири последователни измервания на обекта. В този случай експоненциалната времеконстанта на нормалното охлаждане на обекта  $\tau_1$  се определя от израз (2).

$$\tau_1 = \frac{\frac{\Delta \tau}{\ln\left(\frac{T_1 - T_C}{T_2 - T_C}\right)} + \frac{\Delta \tau}{\ln\left(\frac{T_2 - T_C}{T_3 - T_C}\right)} + \frac{\Delta \tau}{\ln\left(\frac{T_3 - T_C}{T_4 - T_C}\right)} + \frac{\Delta \tau}{\ln\left(\frac{T_4 - T_C}{T_n - T_C}\right)}}{n} \quad (2)$$

където:

$n$  е брой на измервания на температурата;

$T_{1...n}, ^\circ C$  е температурата на обекта за четири последователни измервания;

$T_C, ^\circ C$  е температурата на околната среда;

$\Delta \tau, h$  е интервалът между измерванията (от 10min до 15min).

Когато температурните промени околната среда са резки и не се знае тяхната скорост на изменение, се използва оптимизационният метод на Пуел.

Приема се първоначалната вътрешнотелесна ректална температура на индивида за  $T_{0z} = 37^\circ C$ . Измерва се температурата на околната среда  $T_C$ , след което се отчитат две моментни измервания на ректалната температура  $T_1$  и  $T_2$  през интервал от време  $\Delta \tau$ . С помощта на тези температури се изчислява експоненциалната времеконстантата на охлаждането на индивида  $\tau_1$  чрез израз (3).

$$\tau_1 = \frac{\Delta \tau}{\ln\left(\frac{T_1 - T_C}{T_2 - T_C}\right)} \quad (3)$$

където:

$T_1, ^\circ C$  е ректалната температура на обекта за първото измерване;

$T_2, ^\circ C$  е ректалната температура на обекта за второто измерване;

$T_C, ^\circ C$  е температура на околната среда;

$\Delta \tau, h$  е интервал от време между измерванията на температурата.

След определя на времеконстантата на охлаждане, се изчислява давността на смъртта TD (time of death) чрез израз (4).

$$TD(j) = \tau_1 \cdot \ln \left( \frac{T_0 - T_c}{T_j - T_c} \cdot \frac{K}{K-1} \right) \quad (4)$$

където:

$T_0, ^\circ C$  е температурата на обекта при жизнени условия;

$\tau_1$  е експоненциалната константа на охлаждане на обекта;

$K$  е постоянен коефициент в интервала 10...15;

$j$  е пореден номер на измерваните температури.

Стойността на безразмерната величина  $K$  се избира въз основа на състоянието на обекта. Измерена ректална температура от  $37,0^\circ C$  определя коефициента  $K$  със стойност 12,0 [4,5].

Определят се две стойности  $TD$  за двете измерени температури  $T_1$  и  $T_2$ , т.е. за първия момент на измерване  $T_1$  се изчислява  $TD(T_1)$  и за втория момент на измерване  $T_2$  -  $TD(T_2)$ . Необходимият прогнозен интервал от време се задава чрез израз (5).

$$\Delta \tau_{forecast} = TD(T_2) - TD(T_1) \quad (5)$$

Верификацията на получения прогнозен интервал от време се извършва чрез намиране на оптималните начална температура и околна температура, така че да е спазено условие (6)

$$|\Delta \tau_{forecast} - \Delta \tau| \leq \varepsilon \quad (6)$$

След оптимизация на началните условия се изчислява давността на настъпилото събитие по израз (4)

Границите на изменение на времето на давността на смъртта се определят от израза (7).

$$0,809.TD_a - 1,455 \leq TD \leq 0,900.TD_a + 2,597 \quad (7)$$

където:

$TD_a, h$  е прогнозната стойност на давността на смъртта, определена чрез (4);

$TD, h$  е реалната стойност на давността на смъртта.

### АЛГОРИТЪМ НА РАБОТА НА ЕЛЕКТРОННАТА СИСТЕМА

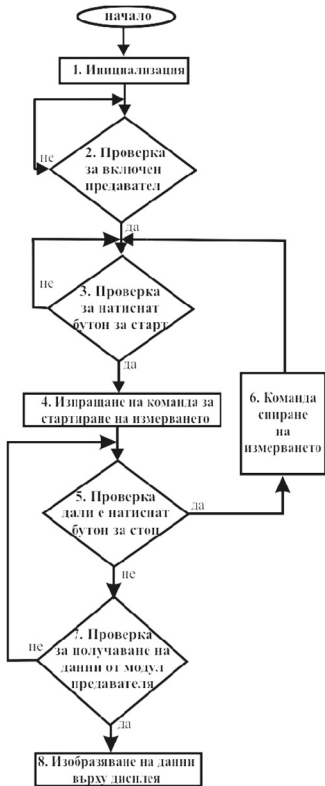
На фиг.2. е показан алгоритъмът на работа на електронната система – *модул приемник*.

В блок 1 се извършва начална инициализация на модула приемник. Следва проверка за включен модул предавател (блок 2). При „да“ се проверява за натиснат бутон за стартиране (блок 3) и се изпраща команда старт за измерване (блок 4).

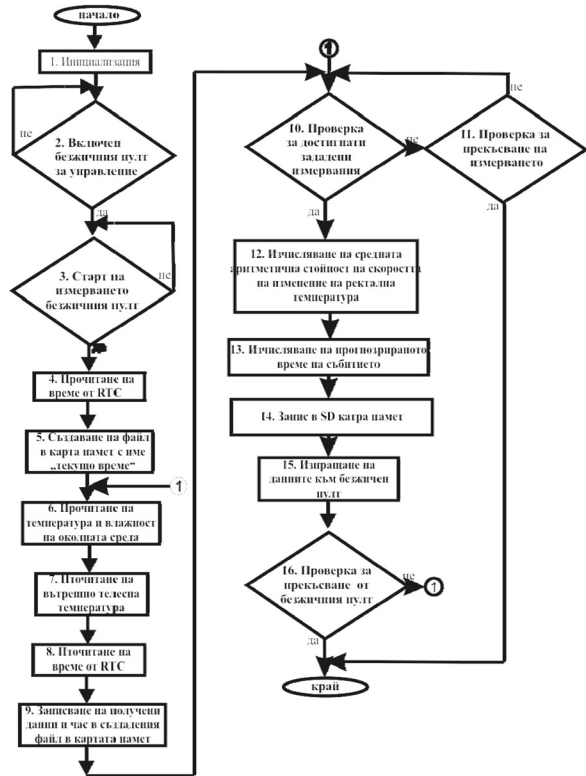
В блок 5 се проверява за натиснат бутон стоп. При „да“ се изпраща команда спиране на измерването (блок 6). При „не“ следва проверка за получаване на данни от модула предавател (блок 7). След приключване на измерванията, изчислените данни се изобразяват върху дисплея (блок 8).

В началният момент се извършва инициализация на системата (блок 1). След нея се проверява за включен безжичен управляващ пулт (блок 2) и ако не е включен проверката се извършва отново. При включен пулт се следи за команда от него за стартиране на измерването (блок 3). Ако няма такава команда проверката се извършва отново.

При постъпила команда за стартиране на измерването, се прочита текущото време от модула за реално време (RTC) (блок 4). Следва създаване на файл в картата памет с име на файл текущото време (блок 5). Прочита се температурата и влажността на околната среда (блок 6) и вътрешно телесната температура (блок 7). За достоверност, параметрите се съпровождат с датата и часа на измерването, които се прочитат за всяко измерване от модула RTC (блок 8). Всички получени данни се съхраняват в създадения файл (блок 9).



фиг.2. Алгоритъм на работа на електронната система модул приемник



фиг.3. Алгоритъм на работа на системата модул предавател

За изчисляване на точния момент на събитието е нужно да се направят 10 броя измервания. В блок 10 се проверяват броят на измервания. Ако не са достигнали зададената стойност, се прави проверка за команда за спиране на измерването (блок 11) и се прекратяват измерванията. Ако не се достигнали зададената стойност, се преминава към следващо измерване.

При достигане на зададения брой измервания се изчислява средна аритметична стойност на скоростта на изменение на ректалната температура (блок 12). Следва блок за изчисляване на прогнозираното време на събитието по зависимости от математичния модел (блок 13). Изчислените стойности се записват в картата памет (блок 14) и се изпращат към безжичния пулт за управление (блок 15).

В края на алгоритъма се извършва проверка за команда прекъсване на измерването (блок 16).

### РЕЗУЛТАТИ

На фиг.4 са представени моментни резултати от работата на електронната система с визуализиране на измерените параметри. Чрез получените данни се изчислява времето на настъпилото събитие.



Фиг.4. Работен дисплей с получени данни от измерванията

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата статия е представен алгоритъм и структурна схема за работа на електронна система за предаване и обработка на данни по безжичен път.

Предложената електронна система за мониторинг на биомедицински сигнали дава възможност за реално въвеждане на методите в практиката при определяне точността на настъпилото събитие според медицинските критерии. Тази система позволява детайлно следене на настъпващите промени в тялото на индивида.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Вавилов Ю. „Судебно-медицинская диагностика давности смерти тепловыми методами”, Москва, 2009.

[2] Куликов А., Коновалов А., Вавилов Ю. „Оптимизационный подход уточнения давности наступления смерти в судебно-медицинской практике” Москва, 2009.

[3] Prutchi D., Norris M. “Design and Development of Medical Electronic Instrumentation: A Practical Perspective of the Design, Construction and Test of Medical Devices”, Wiley-Interscience 2004.

[4] <http://www.forens-med.ru>

[5] <http://sudmed.org.ua>

### За контакти:

маг.инж. Любомира Димитрова, редовен докторант, катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: (082) 888 682, e-mail: lidimitrova@ecs.uniruse.bg.

*Изследванията са подкрепени по договор № BG051PO001-3.3.04/28, „Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите”. Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси” 2007-2013, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз”.*

**Докладът е рецензиран.**