

УДК 519.85

О. Д. Азаров, д. т. н., проф.;

О. Я. Галаган;

А. В. Снігур, асп.;

І. С. Кручай

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АКТИВНОСТІ АКУПУНКТУРИ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ ТОЧОК

Запропоновані математична модель та алгоритми оцінювання активності акупунктури людини на основі інформативних параметрів біологічно-активних точок. Показано, що врахування реальних особливостей змінення параметрів даних точок дозволяє проводити більш адекватне діагностування стану здоров'я людини.

Активність акупунктури людини на сьогоднішній день можна оцінювати за відповідним підходом, що базується на певних математичних моделях (ММ). Основою для цього є інформативні параметри біологічно-активних точок (БАТ) або точок акупунктури (ТА), що отримуються при використанні інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) [1], [2].

Сучасні згадані ММ, типова з яких розроблена у [2], недостатньо враховують певні важливі особливості зміни станів ТА, зокрема їх індивідуальні варіації у різних людей [6]. Тому альтернативою даному підходу може бути використання окремих відповідних параметрів, що враховують такі особливості [3].

Однак на практиці постає проблема оцінювання активності БАТ на основі вказаних параметрів в комплексі за певними алгоритмами. Отже актуальним є вирішення такої проблеми за допомогою відповідних ММ та алгоритмів з метою подальшого адекватного діагностування стану здоров'я людини.

Метою статті є розширення можливостей оцінювання активності акупунктури людини за допомогою відповідної ММ.

Задачами досліджень є:

1. Побудова ММ активності БАТ людини з урахуванням індивідуальних особливостей зміни станів ТА.

2. Побудова алгоритмів оцінювання активності БАТ.

Активність БАТ насправді можна охарактеризувати великою кількістю її проявів. Всі ці прояви з метою адекватного діагностування стану людини повинні враховуватися за допомогою відповідних інформативних параметрів. Отже, в основу ММ активності ТА людини авторами пропонується покласти ті параметри, що запропоновані в роботі [3]:

1) параметр Hh – набуває значень вимірних рівнів сигналів БАТ, має розмірність [В] або [А];

2) параметр Kh – набуває значень коефіцієнтів (показників), що обчислюються на основі вимірних рівнів сигналів активних точок (Hh), має розмірність відносних одиниць [в. о.];

3) vh – швидкість зміни значень рівнів сигналів ТА (Hh) у часі, має розмірність [В/с] та дозволяє визначати вплив на людину факторів зовнішнього середовища;

4) vk – швидкість зміни значень коефіцієнтів (показників), що обчислюються на основі вимірних рівнів сигналів БАТ (Kh) у часі, має розмірність [в. о. /с] та дозволяє визначати вплив на людину факторів зовнішнього середовища;

5) V_{Hs} – середнє арифметичне значення результатів обчислення швидкостей vh протягом відповідних періодів часу їх визначення, має розмірність [В/с] та дозволяє визначати загальну тенденцію до збільшення (зменшення) або стабільності акупунктури людини;

6) V_{Ks} – середнє арифметичне значення результатів обчислення швидкостей vk протягом відповідних періодів часу їх визначення, має розмірність [в. о. /с] та дозволяє визначати загальну тенденцію до збільшення (зменшення) або стабільності акупунктури людини;

7) eh_{\min}, eh_{\max} – виміряні індивідуальні відповідно мінімальні, максимальні (екстремальні) значення рівнів сигналів БАТ (Hh), мають розмірності [В] або [А];

8) th_{\min}, th_{\max} – час встановлення (бажано визначати протягом доби) відповідно eh_{\min}, eh_{\max} ; знаючи th_{\min}, th_{\max} можна виконувати в разі необхідності корекцію eh_{\min} та eh_{\max} у процесі лікування людини;

9) ek_{\min}, ek_{\max} – виміряні індивідуальні відповідно мінімальні, максимальні (екстремальні) значення Kh , мають розмірності [в. о.];

10) tk_{\min}, tk_{\max} – час встановлення (бажано визначати протягом доби) відповідно ek_{\min}, ek_{\max} ; знаючи tk_{\min}, tk_{\max} можна виконувати в разі необхідності корекцію ek_{\min}, ek_{\max} у процесі лікування людини;

11) s – індикаторний показник, який враховує наявність ($s = 0$) або відсутність «піків» ($s = 1$) у ритмограмі БАТ (сигналах ТА); s визначається тільки для певних ТА, наприклад точки «спіральных меридіанів», що розташована посередині правої частини проксимальної фаланги (якщо умовно розділити фалангу на дві рівні частини) вказівного пальця лівої руки на її зовнішній частині [4]; $s = 0$ у випадку емоційно напруженого стану людини або прояву гальмівної дії певних факторів, а $s = 1$ у протилежному випадку емоційного піднесення або прояву факторів збуджувальної дії.

Аналіз описаних вище показників свідчить, що активність ТА людини потрібно оцінювати за двома напрямками. У першому — за характером зміни значень параметрів БАТ у часі (динамікою станів ТА при використанні ІВС) та величиною їх відхилення від умовної норми. У другому — за індивідуальним підходом оцінювання такої активності, що пов'язано із індивідуальними варіаціями для різних людей значень параметрів ТА внаслідок хвороби або дії певних факторів [5], [6]. Розглянуті напрямки дають підставу авторам запропонувати визначення активності БАТ людини за допомогою математичної моделі (ММ)

$$\left\{ \begin{array}{l} Hh_{N \min} \leq Hh \leq Hh_{N \max}; \\ F_{Vh}(v_{H_i}) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } v_{H_i} < v_{H_{i-1}}; \\ 0, & \text{якщо } v_{H_i} = v_{H_{i-1}}; \\ 1, & \text{якщо } v_{H_i} > v_{H_{i-1}}; \end{cases} \\ F_{V_{H_s}}(V_{H_{s_k}}) = \begin{cases} -1, & \text{якщо } V_{H_{s_k}} < V_{H_{s_{k-1}}}; \\ 0, & \text{якщо } V_{H_{s_k}} = V_{H_{s_{k-1}}}; \\ 1, & \text{якщо } V_{H_{s_k}} > V_{H_{s_{k-1}}}; \end{cases} \\ s = 1 \forall 0; \\ eh_{\min}, eh_{\max}; \\ th_{\min}, th_{\max}, \end{array} \right. \quad (1)$$

де $Hh_{N \min}, Hh_{N \max}$ — відповідно позначення мінімальної та максимальної границь рівнів активності БАТ (визначаються з елементів множини H_h , де $h_i, i = 1 \dots n, |H_h| = n$; параметр Hh набуває значення з H_h згідно з [3]). Вони, як правило, отримуються на основі багатократних вимірювань для репрезентативної сукупності людей з подальшою статистичною обробкою результатів [8]. В межах цих границь активність акупунктури людини відповідає умовній нормі і має загальноприйнятну назву «фізіологічний коридор здоров'я». Значення Hh , яке менше ніж $Hh_{N \min}$ відповідає пригніченню активності, а більше ніж $Hh_{N \max}$ — небажаному збудженню станів ТА. Аргументами функції $F_{Vh}(v_{H_i})$ є елементи (v_{H_i}) множини значень параметра $Vh(V_H)$ [3], де $i = 1, \dots, n, |V_H| = n$. Поточне обчислювальне значення v_{H_i} може змінюватися відносно попереднього $v_{H_{i-1}}$ у бік збільшення, зменшення поступово або умовним стрибком (більше ніж у 1,5 рази)

та призводити до виходу Hh за межі $Hh_{N\min}$, $Hh_{N\max}$. Така обставина сигналізує про вплив на людину певних факторів. Функція $F_{V_{Hs}}(V_{Hs_k})$ набуває значення $-1, 1, 0$, коли на різних етапах (кроках $- k, k = 1, 2, \dots$) оцінювання активності ТА реєструється відповідно зменшення, збільшення значень h_i або їх стабільність, така зміна h_i враховує V_{Hs_k} . Поточним значенням V_{Hs} тут є V_{Hs_k} . Знак \vee — логічне «АБО». Параметри eh_{\min}, eh_{\max} , визначають відповідно нижню та верхню границі певної «області» активності ТА. Авторами пропонується визначити її як «область індивідуальних варіацій активності БАТ»; вона перетинається із зазначеним «фізіологічним коридором здоров'я» і отримується внаслідок впливу зовнішніх факторів.

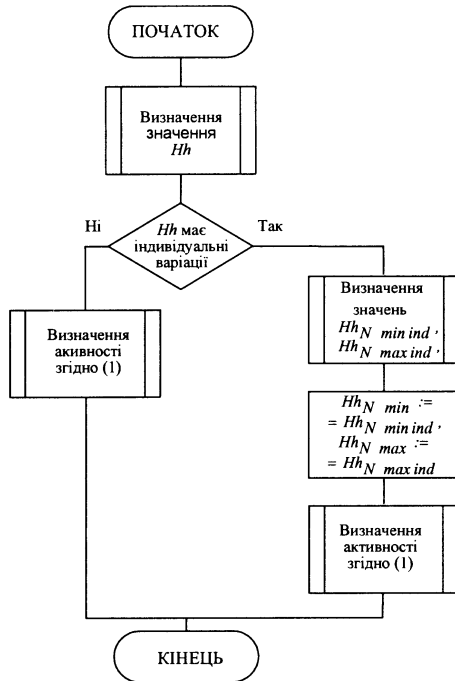


Рис. 1. Узагальнений алгоритм оцінювання активності БАТ людини за «індивідуальним фізіологічним коридором здоров'я»

У можливих випадках [6], тобто коли для певної людини $Hh_{N\min} \leq Hh \leq Hh_{N\max}$ і водночас є скарги на стан здоров'я, або коли $Hh_{N\max} \leq Hh \leq Hh_{N\min}$ та скарги на стан здоров'я відсутні, це може означати, що для даної особи існують індивідуальні варіації Hh порівняно із «фізіологічним коридором здоров'я». В цьому випадку оцінити активність згідно з (1) неможливо, тому авторами пропонується користуватись тоді узагальненим алгоритмом (рис. 1). На рис. 1 $Hh_{N\min ind}$ та $Hh_{N\max ind}$ — індивідуальні значення для конкретної людини відповідно $Hh_{N\min}, Hh_{N\max}$. Вони можуть отримуватися аналогічно $Hh_{N\min}, Hh_{N\max}$ після статистичної обробки відповідних таких значень Hh . Таким чином перша нерівність у (1) матиме вигляд

$$Hh_{N\min ind} \leq Hh \leq Hh_{N\max ind} \quad (2)$$

та визначатиме, за пропозицією авторів, «індивідуальний фізіологічний коридор здоров'я».

ММ (1) та все описане щодо неї, справедливе і для визначення активності БАТ за параметром Kh та вими до нього. Тобто у (1) Hh замінюється на Kh ; $Hh_{N\min}, Hh_{N\max}$ — відповідно на $Kh_{N\min},$

$Kh_{N\max}; Vh, Vh_{\min}, Vh_{\max}$ — на $Vk, Vk_{\min}, Vk_{\max}; V_{Hs}, V_{Hs\min}, V_{Hs\max}$ — на $V_{Ks}, V_{Ks\min}, V_{Ks\max}$, також $Hh_{N\min ind}, Hh_{N\max ind}$ — на $Kh_{N\min ind}, Kh_{N\max ind}$. В подальшому викладенні матеріалу йтиметься тільки про параметр Hh та додаткові до нього, однак все це є справедливим і для Kh та відповідних додаткових до нього параметрів.

Для зазначеного першого напрямку оцінювання активності, ММ (1) дозволяє це виконати за вісьмома вимірювальними та обчислювальними параметрами: $Hh, Vh, V_{Hs}, s, eh_{\min}, eh_{\max}, th_{\min}, th_{\max}$. Вона відрізняється від існуючих таких моделей тим, що містить додатково параметри: $Vh, V_{Hs}, s, eh_{\min}, eh_{\max}, th_{\min}, th_{\max}$. Другий напрямок — враховує відповідний підхід, що базується на (2); на сьогоднішній день інші ММ тут практично відсутні.

За допомогою (1) та на основі (2) можна проводити оцінювання активності БАТ людини у двох варіантах: швидке (експрес) [6] або детальніше оцінювання з неперервним стеженням за станом здоров'я хворого з використанням ІВС (реєстрування). Відповідні параметри визначити тут можна як для окремих ТА так і послідовно для їх сукупностей («меридіанів») за алгоритмом, що пропонується авторами (рис. 2). Все описане вище можна застосовувати як у корпоральній так і у «Су-Джок» терапії.

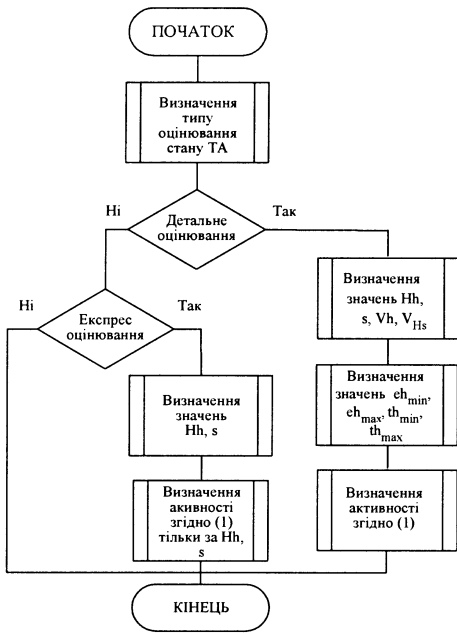


Рис. 2. Узагальнений алгоритм здійснення експрес та детального оцінювання активності ТА людини

Покажемо комплексне оцінювання активності БАТ людини згідно з ММ (1), алгоритму (див. рис. 1), [3] на числовому прикладі. Необхідні загальні дані для цього подаються нижче:

1. Прізвище, ім'я, по батькові досліджуваного – Д Д Д.
2. Стать досліджуваного – чоловіча.
3. Вік досліджуваного – 20 років.
4. Тип акупунктури (терапії), для якої визначається активність — «Су-Джок» акупунктура.
5. Найменування ТА («меридіану»), для якої визначається активність — «серцевий енергетичний центр». ТА розташована на уявній середній лінії долонної поверхні вказівного пальця лівої руки посередині другої фаланги.
6. Найменування органу (функції організму), що досліджується — серце.

Експрес оцінювання активності БАТ здійснюється з використанням таких параметрів та додаткової інформації:

1. Дата проведення дослідження – 12.05.04.
2. Час початку проведення дослідження – 16 год. 00 хв.
3. Параметри активності ТА: $Hh = 7$ мВ, $s = 1$.
4. Фактори зовнішнього середовища, протягом яких виконувались вимірювання: температура повітря 10°C , атмосферний тиск 740 мм рт. ст., відносна вологість 63 %, погода із змінною хмарністю.

5. Внутрішні фактори: перенесена хвороба серця – міокардит.
6. Тип фізичної величини, що вимірюється – напруга.
7. Метод вимірювання – ручний; вимірювання біопотенціалу ТА виконується відносно середини долоні. Тут потрібно застосовувати ІВС, структура якої розроблена в [4].
8. Похибки вимірювання: методична – викликана припущенням про постійність рівня сигналу БАТ протягом вимірювання (інтервалів-періодів загального часу вимірювання), інструментальна – 2,5 %.

Детальне оцінювання здійснюється за таку кількість кроків, які дають особі, що це виконує можливість максимально всебічно визначити стан здоров'я хворого за значеннями параметрів активності його акупунктури. В даному випадку виконаємо його за два кроки.

На першому кроці використовуються всі дані ідентичні для експрес визначення активності (окрім Hh), проте додатково до цього необхідно виконати таке:

1. Через певні значення (періоди) часу t_i , ($i = 1, 2, \dots$), потрібно проводити багаторазові повторні вимірювання (для ручного вимірювання у даному прикладі), а взагалі неперервне реєстрування за допомогою ІВС параметра Hh – тобто сформувати множину його значень (H_h). Для даного прикладу $t_i = 10$ хвилин ($i = 1, 2, 3, 4$); елементами H_h (h_i , $i = 1, 2, 3, 4$) є: $h_1 = 6$ мВ, $h_2 = 2$ мВ, $h_3 = 6$ мВ, $h_4 = 5$ мВ. Значення h_i округлюються.

2. Обчислити множину значень $Vh(V_H)$. Елементами V_H є швидкості зміни значень $h_i - v_{Hi}$, ($i = 1, 2, \dots$) протягом відповідних періодів t_i за загальною формулою $v_{Hi} = h_i / t_i$. Тут припускається, що за час t_i значення h_i не змінюється, тобто v_{Hi} є лінійними швидкостями. Для даного прикладу $v_{H1} = 0,0100$ мВ/с, $v_{H2} = 0,0033$ мВ/с, $v_{H3} = 0,0100$ мВ/с, $v_{H4} = 0,0083$ мВ/с.

3. Розрахувати значення V_{Hs} (для даного пункту V_{Hs1}) за формулою $V_{Hs} = \left(\sum_1^p v_{Hi} \right) / p$, де p – кількість v_{Hi} , ($i = 1$). Для прикладу отримуємо $V_{Hs1} = 0,0079$ мВ/с.

4. Визначити кількість екстремальних значень активності ТА в процесі реєстрування значень Hh за допомогою ІВС протягом доби та відповідного часу їх спостереження. Для даного прикладу розглянемо два різних таких значення (в загальному випадку може бути більше, враховуючи

вплив різних факторів, наприклад, додатково за допомогою h_2), що характеризують добову активність акупунктури [7] $eh_{\min} = 4$ мВ, $eh_{\max} = 8$ мВ (значення округлені); час їх спостереження $th_{\min} = 11$ год. 30 хв., $th_{\max} = 17$ год. 30 хв.

На другому кроці визначення активності використовуються такі виміряні та обчислені дані та параметри: $h_1 = 7$ мВ, $h_2 = 6$ мВ, $h_3 = 6$ мВ, $h_4 = 6$ мВ; $v_{H1} = 0,0116$ мВ/с, $v_{H2} = 0,0100$ мВ/с, $v_{H3} = 0,0100$ мВ/с, $v_{H4} = 0,0100$ мВ/с; $V_{HS2} = 0,0104$ мВ/с; $s = 1$; $eh_{\min} = 4$ мВ, $eh_{\max} = 8$ мВ, $th_{\min} = 11$ год. 30 хв., $th_{\max} = 17$ год. 30 хв., проте тут вказані екстремальні значення визначати не обов'язково. Розрахунки проводилися за формулами та пунктами як у зазначеному першому кроці. Дата вимірювання 13.05.04, час початку вимірювання 16 год. 00 хв. Фактори зовнішнього середовища, протягом яких виконувались вимірювання, такі: температура повітря 9 °С, атмосферний тиск 737 мм рт. ст., відносна вологість 73 %, погода із змінною хмарністю, короткочасний дощ.

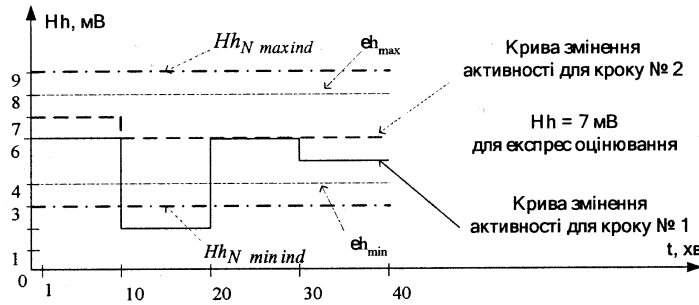


Рис. 3. Графічна інтерпретація оцінювання активності БАТ

енергетичний центр» (тобто нормальній роботі серця). Такий вибір виконувався при незначній кількості вимірювань Hh (50 разів протягом семи днів). На графіку початок координат для осі абсцис відповідає 16-ти годинам, а для осі ординат 0 мВ.

З рис. 3 видно, що активність ТА в процесі експрес-оцінювання знаходиться в межах норми. У ритмограмі БАТ присутні «піки».

Детальне оцінювання виявило таке:

1. Індивідуальні екстремальні значення активності ТА мають час встановлення, що не збігається із загальноприйнятою такою нормою для серця з 11 до 13 години [7] (можливо здійснення корекції даних значень).

2. Під впливом зовнішнього фактора (зміни освітленості за хмарної погоди, внаслідок короткочасного дощу) на першому вказаному вище кроці наприкінці десятої хвилини спостереження $F_{Vh}(v_{H2}) = -1$. Тобто параметр Vh змінив своє попереднє значення стрибком приблизно у 3 рази з $v_{H1} = 0,0100$ мВ/с до поточного $v_{H2} = 0,0033$ мВ/с. Внаслідок цього Hh тут вийшло за межі норми $Hh_N \min \text{ ind}$. Це дає підставу в подальшому проводити профілактичне лікування з метою недопущення розвитку сприйнятливості досліджуваного до можливих змін погодних умов. При цьому необхідно зазначити, що фактор, вплив якого визначається, може бути будь-яким.

3. Значення $F_{Vhs}(V_{HS2}) = 1$. Спостерігається загальне збільшення активності акупунктури на другому кроці вимірювання ($V_{HS2} - V_{HS1} = 0,0025$ мВ/с). Таке збільшення відбулось після короткотривалого профілактичного лікування.

Для наочного порівняння із типовим та сучасним підходом оцінювання активності ТА за допомогою ІВС [2], з підходом (рис. 2), занесемо значення відповідних їм параметрів (або їх еквівалентів) до таблиці. Перший рядок відображає рис. 2 із скороченим переліком значень інформативних параметрів БАТ першого кроку детального оцінювання активності, другий — типовий підхід.

Під-хід №	Значення параметрів активності ТА								Фактор впливу
	h_1	v_{H1}	V_{HS1}	s	eh_{\min}	th_{\min}	eh_{\max}	th_{\max}	
1	6 мВ	0,0100 мВ/с	0,0079 мВ/с	1	4 мВ	11 год 30 хв	8 мВ	17 год 30 хв	визначається
2	7 мВ	—	—	—	—	—	—	—	—

Висновки

1. Запропонована ММ та алгоритми для оцінювання активності акупунктури людини порівняно з існуючими дозволяють здійснити:

— експрес-оцінювання активності ТА додатково з урахуванням емоційного стану людини; це дає можливість коригувати даний стан поряд із поточним лікуванням з метою швидшого одужання;

— оцінювання активності БАТ, як таке, для людей, параметри активності акупунктури яких мають індивідуальні варіації порівняно з загальноприйнятою умовною нормою, є «фізіологічним коридором здоров'я».

2. Аналіз зміни у часі (динаміки) станів ТА, екстремальних значень параметрів БАТ у межах детального оцінювання активності акупунктури, дає можливість визначати наявність негативного впливу на людину різного роду факторів та здійснювати на основі цього, за необхідності, випереджувальне профілактичне (або можливо основне) лікування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисогор В. М. та ін. Компоненти моделі оцінки стану здоров'я людини з використанням спеціалізованої інформаційно-виміральної системи. // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2003. — № 2. — С. 157—160.
2. Власюк А. І. Система контролю активності акупунктури людини: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.11.16 / ВДТУ — Вінниця, 1999. — 21 с.
3. Азаров О. Д., Галаган О. Я., Звенигородський Е. Л., Снігур А. В. Оцінювання активності акупунктури на основі виміральної інформації // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 4. — С. 5—8.
4. Азаров О. Д., Снігур А. В. Система вимірювання та реєстрування сигналів БАТ для акупунктурної терапії // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2005. — № 2. — С. 16—19.
5. Самосюк І. З. Біоритми та акупунктура. — К.: Здоров'я, 1994. — 32 с.
6. Кобзарь А. Д. Экспресс-диагностика эффективности психотерапевтического воздействия методикой биогальванометрии. // Информативность БАТ, приборные методы их определения и эффективность медико-технических исследований. — Харьков. — 1981. — С. 51—52.
7. Табеева Д. М. Руководство по иглорефлексотерапии. — М.: Медицина, 1982. — 560 с.
8. Злоказов В. И. Методология построения моделей состояния для оперативной диагностики биологических систем. // Технические аспекты рефлексотерапии и систем диагностики. — Калинин. 1984. — С. 3—13.

Рекомендовано кафедрою обчислювальної техніки

Надійшла до редакції 31.05.05
Рекомендована до друку 15.07.05

Азаров Олексій Дмитрович — завідувач кафедри, **Снігур Анатолій Васильович** — аспірант.

Кафедра обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет;

Галаган Олексій Якович — директор Центру інформаційної медицини;

Кручай Ігор Степанович — інженер КСК «Автоматизація», м Вінниця