

## ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ СТРУКТУРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ВИДІЛЕННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ФРАГМЕНТІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ

к.т.н. А.І. Поворознюк, Г.Є. Філатова  
(подав д.т.н., проф. В. М. Михайлов)

У даній статті наведено результати експериментальної перевірки ефективності методу структурної ідентифікації на прикладі виділення кардіологічних зубців і комплексів 12 стандартних відведень електрокардіограми (ЕКГ). При цьому показано, що якість класифікації невідомих об'єктів різних відведень ЕКГ на задані класи за допомогою розробленого методу значно краща, ніж при застосуванні евристичних алгоритмів.

Електрокардіограма – це просторово-часовий сигнал, що відображає складний процес поширення хвилі збудження по серцю. При цьому процес деполяризації передсердь реєструється на ЕКГ у вигляді зубця Р, процес деполяризації міокарда шлуночків – у вигляді комплексу QRS, період повного збудження шлуночків – у вигляді сегмента RS-T (ізоелектрична лінія), процес швидкої кінцевої реполяризації шлуночків – у вигляді зубця Т [1]. Під структурною ідентифікацією електрокардіограми розуміється виділення на фоні завад електрокардіологічних зубців і комплексів різних відведень ЕКГ [2].

Для перевірки ефективності методу структурної ідентифікації квазіперіодичних сигналів був проведений порівняльний аналіз виділення інформативних фрагментів стандартних відведень ЕКГ за допомогою розробленого [3, 4, 5] методу та за допомогою евристичного алгоритму, реалізованого в медичній комп'ютерній діагностичній системі «DX-Systems», що застосовується в Центральній клінічній лікарні № 5. Як критерій обрана величина  $F$ , що характеризує відсоток помилок класифікації невідомих об'єктів досліджуваного квазіперіодичного сигналу на задані класи

$$F = \frac{\alpha^{\Omega} + \beta^{\Omega}}{L^{\Omega_1}} \times 100\%, \quad (1)$$

де  $\alpha^{\Omega}$  – кількість об'єктів шуканого класу  $\Omega_1$ , що були віднесені до класу  $\Omega_2$  (число помилок першого роду);

$\beta^{\Omega}$  – кількість об'єктів класу  $\Omega_2$ , що були віднесені до класу  $\Omega_1$  (число помилок другого роду);

$L^{\Omega_1}$  – дійсна кількість об'єктів шуканого класу  $\Omega_1$ .

Треба відзначити, що на квазіперіодичних сигналах (відведеннях ЕКГ), які досліджуються, спостерігався досить високий рівень шумів, а також сильні структурні перекручування в окремих періодах. Це пояснюється особливостями реєстрації цих сигналів (рис. 1).

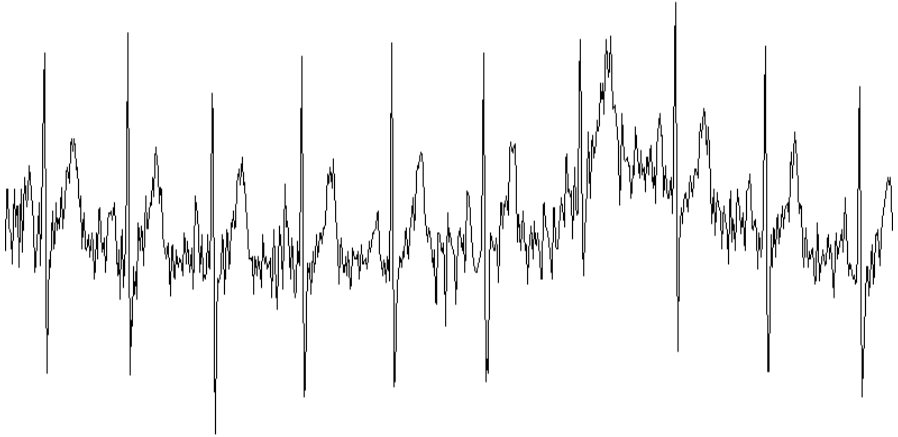


Рис.1. Зашумлена ділянка стандартного відведення електрокардіограми

З одного боку, наявність шумів зумовлена тим, що при проведенні експерименту використовувалися відведення ЕКГ, які передані по радіоканалу. З іншого боку, перекручування в сигнали, які реєструються, вносилися за рахунок того, що не завжди вдавалося забезпечити надійний контакт датчиків портативного кардіографа при тривалому (від декількох хвилин до декількох годин) моніторингові стану серцево-судинної системи пацієнта.

Для виділення кардіологічних зубців і комплексів відведень електрокардіограми розробленим методом структурної ідентифікації квазіперіодичних сигналів використовувалися оптимальні параметри  $\alpha$  функції диференціації відстаней та  $P_d$  розв'язувального правила, які отримані в результаті оптимізації даного методу (табл. 1).

Результати якості класифікації, оціненої по (1), що отримані за допомогою реалізації розробленого методу структурної ідентифікації квазіперіодичних сигналів і автоматизованої системи, в основі якої лежить евристичний алгоритм виділення кардіологічних зубців та комплексів різних відведень електрокардіограми, наведені в табл. 2.

З аналізу даних, які наведені у табл. 2, видно, що найбільш стабільне розпізнавання спостерігається для комплексу QRS, а найменше – для зубця P. При цьому у всіх випадках класифікація невідомих об'єктів на

задані класи виконується краще за допомогою розробленого методу структурної ідентифікації квазіперіодичних сигналів, ніж за допомогою евристичного алгоритму, який використовується в медичній комп'ютерній діагностичній системі «DX-Systems».

Таблиця 1  
Оптимальні параметри методу структурної ідентифікації

Відведення	Структурний елемент			Відведення	Структурний елемент				
	P	QRS	T		P	QRS	T		
I	$\alpha$	0.27	$0.12 \times 10^{-3}$	0.13	V1	$\alpha$	0.14	$0.9 \times 10^{-3}$	0.49
	$P_d$	0.57	0.56	0.53		$P_d$	0.72	0.59	0.47
II	$\alpha$	0.01	$0.9 \times 10^{-3}$	0.15	V2	$\alpha$	0.05	$0.12 \times 10^{-2}$	0.18
	$P_d$	0.58	0.73	0.63		$P_d$	0.62	0.67	0.61
III	$\alpha$	0.15	$0.13 \times 10^{-2}$	0.50	V3	$\alpha$	0.11	$0.17 \times 10^{-3}$	0.05
	$P_d$	0.54	0.65	0.46		$P_d$	0.61	0.51	0.67
aVL	$\alpha$	0.005	$0.5 \times 10^{-3}$	0.14	V4	$\alpha$	0.20	$0.14 \times 10^{-3}$	0.15
	$P_d$	0.77	0.59	0.63		$P_d$	0.57	0.61	0.62
aVR	$\alpha$	0.31	$0.29 \times 10^{-3}$	0.52	V5	$\alpha$	0.011	$0.12 \times 10^{-3}$	0.12
	$P_d$	0.72	0.58	0.62		$P_d$	0.67	0.66	0.64
aVF	$\alpha$	0.001	$0.54 \times 10^{-2}$	0.003	V6	$\alpha$	0.14	$0.53 \times 10^{-3}$	0.19
	$P_d$	0.61	0.71	0.68		$P_d$	0.58	0.63	0.61

Таблиця 2

Результати порівняння якості класифікації за допомогою розробленого методу структурної ідентифікації та евристичного алгоритму

Відведення	Структурний елемент			Відведення	Структурний елемент				
	P	QRS	T		P	QRS	T		
I	F	3.80	0	0.36	V1	F	2.71	0	0.18
	$F^{eb}$	12.66	0.18	0.9		$F^{eb}$	8.14	0	4.52
II	F	3.62	0	1.08	V2	F	2.89	0	0
	$F^{eb}$	12.30	0	6.87		$F^{eb}$	9.22	0	0.36
III	F	2.53	0	0.72	V3	F	0	0	0
	$F^{eb}$	8.32	0.36	8.67		$F^{eb}$	6.51	0	0
aVL	F	3.07	0	0	V4	F	0	0	0
	$F^{eb}$	11.03	0	2.71		$F^{eb}$	5.06	0	0.18
aVR	F	6.14	0	0.9	V5	F	3.98	0	0.90
	$F^{eb}$	14.47	0	5.06		$F^{eb}$	12.48	0.54	8.32
aVF	F	1.99	0.18	0.36	V6	F	0	0	0
	$F^{eb}$	8.68	0.18	4.16		$F^{eb}$	4.16	0	0

У табл. 2 величина  $F$  відповідає за якість класифікації за допомогою розробленого методу, а  $F^{ев}$  – за допомогою евристичного алгоритму.

У середньому помилка класифікації невідомих об'єктів за допомогою розглянутого методу структурної ідентифікації склала близько 3%, тоді як за допомогою евристичного алгоритму – близько 10%.

Таким чином, у випадку обробки сигналів з високим рівнем шумів якість класифікації невідомих об'єктів на задані класи за допомогою розробленого методу структурної ідентифікації квазіперіодичних сигналів значно вище, ніж при використанні евристичних алгоритмів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мурашко В.В., Струтынский А.В. Электрокардиография. – М.: Медицина, 1987. – 256 с.
2. Чирейкин Л.В., Шурыгин Д.Я., Лабутин В.К. Автоматический анализ электрокардиограмм. – Л.: Медицина, 1977. – 248 с.
3. Поворознюк А.И., Филатова А.Е. Метод преобразования пространства признаков при идентификации структурных элементов квазипериодических сигналов // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье: Сб. научн. тр. ХГПУ. – Харьков: ХГПУ. – 1998. – Вып. 6., Ч. 4. – С. 526 - 530.
4. Поворознюк А.И., Филатова А.Е. Преобразование пространства признаков при идентификации структурных элементов квазипериодических сигналов // Компьютерное моделирование. – Белгород: БелГТАМС, 1998. – С. 33 - 39.
5. Поворознюк А.И., Филатова А.Е. Выбор метрики пространства признаков в задаче структурной идентификации квазипериодических сигналов // Системный анализ, управление и информационные технологии: Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков: ХГПУ. – 2000. – Вып. 99. – С. 138 - 141.

*Надійшла до редколегії 15.10.2001*

---