



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **84833** (13) **U**
(51) МПК
A61B 5/0476 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2012 14551	(72) Винахідник(и): Прокопенко Ігор Григорович (UA), Омельчук Ігор Павлович (UA), Чирка Юрій Дмитрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.12.2012	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 11.11.2013	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 11.11.2013, Бюл.№ 21	

(54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ СПАЙКІВ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ

(57) Реферат:

Спосіб виявлення спайок електроенцефалограми полягає у виділенні з реалізації електроенцефалограми сигнальної складової без повільних хвиль, отриманні з сигнальної складової числового масиву значень ознаки спайок. Додатково за встановленим критерієм розшарування визначають оптимальний поріг розшарування масиву значень ознаки на два кластери, перший з яких об'єднує значення ознаки, що перевищують оптимальний поріг та є виявленими спайками, а другий кластер об'єднує інші значення ознаки.

U
84833
UA

Спосіб належить до галузі нейродіагностики та може бути використаний при створенні апаратно-програмних комплексів аналізу поточного стану мозку суб'єктів для забезпечення автоматизації процесів обробки електроенцефалограм.

Відома система аперіодичного аналізу енцефалограм [1], яка здійснює розпізнавання хвиль електричної енцефалограми (ЕЕГ).

Спільними ознаками відомої системи та запропонованого способу є виділення сигнальної складової енцефалограми, яка не містить повільних хвиль та може містити спайки. Однак використання у критеріях обробки хвильових компонент фіксованих порогів призводить до зменшення стійкості обробки ЕЕГ за значних відхилень реальних параметрів спайок від типових значень.

Відомий спосіб діагностики рефлекторно обумовлених поліморфних епілептичних випадків у дітей [2], за яким здійснюється аналіз атипичних епілептичних ознак випадків.

Спільними ознаками відомого та запропонованого способу є діагностування епілептичних ознак випадків у вигляді фрагментальних або постійних редукованих комплексів "гостра-повільна хвиля". Однак відсутність параметричного визначення ознак гострих хвиль (спайок) не дозволяє застосовувати відомий спосіб для автоматичного їх виявлення.

Відомий спосіб аналізу випадків за ЕЕГ [3], де здійснюється індивідуальна обробка форми хвиль з їх описом деякою групою амплітудних та часових параметрів.

Спільними ознаками відомого та запропонованого способу є отримання множини відліків ЕЕГ, усереднення реалізації ЕЕГ, визначення її піків. Однак незалежність використаних критеріїв від загальних властивостей конкретної ЕЕГ призводить до збільшення похибок у процесі виявлення спайок.

Найбільш близькою до запропонованого способу є система передбачення, швидкого виявлення, попередження, запобігання або контролю зміни станів активності мозку об'єкту [4], у якій сигнальний процесор для прогнозування клінічних приступів на підставі реалізацій електроенцефалограм аналізує поточну активність мозку, для чого застосовують комплекс операцій нелінійної обробки і фільтрації, та отримують значення шпильчастості спайок.

Спільним ознаками прототипу та запропонованого способу є операції усереднення електроенцефалограми, розрахунку значень типових ознак та порівняння їх із порогом в процесі виявлення спайок у одному або декількох каналах. Однак достовірність виявлення спайок відомою системою суттєво погіршується за умов значного відхилення від типових значень їхніх амплітуд та шпильчастості, що обумовлено принципом попереднього встановлення порогів виявлення спайок та використанням параболічної ковзної фільтрації, яка нездатна виявити вузькі спайки, кількість виміряних відліків у яких може не перевищувати 3-5 одиниць.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити спосіб виявлення спайок електроенцефалограми, який забезпечить підвищення достовірності результатів автоматичної обробки реалізації електроенцефалограми в умовах апріорної невизначеності діапазону значень ознак спайок.

Поставлена задача удосконалити корисну модель вирішується тим, що у способі виявлення спайок енцефалограми, який полягає у виділенні з реалізації електроенцефалограми сигнальної складової без повільних хвиль, отриманні з сигнальної складової числового масиву значень ознак спайок, згідно з корисною моделлю, додатково визначають за встановленим критерієм розшарування оптимальний поріг розшарування масиву значень ознак на два кластери, перший з яких об'єднує значення ознак, що перевищують оптимальний поріг та є виявленими спайками, а другий кластер об'єднує інші значення ознак, визначають міру відстані між першим та другим кластерами, порівнюють її з наперед заданим порогом рішення та приймають рішення про відсутність спайок у реалізації енцефалограми, якщо отримана міра відстані менша за поріг рішення, а міру відстані між першим та другим кластерами визначають за правилом $M = [(m_1 - \alpha\sigma_1) - (m_2 + \alpha\sigma_2)] / X_{opt}$, де $\alpha \geq 0$ - наперед заданий довільний

коефіцієнт, m_1 , σ_1 - математичне очікування та середнє квадратичне відхилення значень першого кластеру, m_2 , σ_2 - математичне очікування та середнє квадратичне відхилення значень другого кластеру, X_{opt} - оптимальний поріг розшарування, при цьому критерій розшарування встановлюють на множині значень ознак як глобальний мінімум або глобальний максимум цільової функції, яку розраховують для кожного значення порогу розшарування за групою характеристик двох розшарованих цим порогом кластерів, а значення порогу розшарування у точці глобального мінімуму або глобального максимуму приймають за оптимальний поріг розшарування, а цільову функцію розраховують за дисперсіями значень у кожному з розшарованих кластерів, зокрема, як суму квадратів дисперсій значень у кожному з

розшарованих кластерів. Крім того додатково утворюють масив значень ознаки спайок з усіх отриманих із сигнальної складової додатних значень ознаки та окремо виявляють додатні спайки та утворюють масив значень ознаки спайок з інвертованих усіх отриманих із сигнальної складової від'ємних значень ознаки, окремо виявляють від'ємні спайки та об'єднують їх з додатними спайками, причому, додатні та від'ємні спайки виявляють окремо у двох або більше реалізаціях.

Суть запропонованого способу ґрунтується на таких основних положеннях.

Важливість підвищення достовірності виявлення спайок обумовлюється тим фактом, що їх поява у структурі ЕЕГ, навіть впродовж незначного часу, свідчить про суттєві нервові розлади у діяльності мозку людини, зокрема, про епілептичний випадок [5]. При зоровому сприйнятті спайки як специфічні патерни ЕЕГ розпізнаються достатньо чітко, але у алгоритмах автоматичної обробки задача суттєво ускладнюється внаслідок великого варіювання значень основних ознак спайок, навіть у однієї людини впродовж нетривалого спостереження, що може не перевищувати 10 с.

Суттєвою завадою для процедур амплітудного виявлення спайок є повільні хвилі, які можуть мати порівнянну зі спайками амплітуду. І тому завжди на першому етапі обробки виділяють сигнальну складову з реалізації електроенцефалограми, яка не повинна містити низькочастотних складових та повільних хвиль, що й здійснюється у багатьох відомих пристроях та способах за допомогою фільтрації.

На наступному кроці обробки вимірюють масив значень ознаки спайок. Основними ознаками окремого спайку вважають амплітуду, тривалість та шпильчастість. При різних захворюваннях тривалість спайку може змінюватися до п'яти разів (15-70 мс), тому використовувати її як самостійну ознаку для виявлення спайок недоцільно. Те ж саме стосується і шпильчастості спайку, яка обернено залежить від його тривалості. Необхідно також зазначити, що при частоті дискретизації 240 Гц та при малій тривалості спайку на нього припадає лише 3-4 відліки, тому типові алгоритми автоматичного розрахунку шпильчастості, наприклад ковзної квадратичної фільтрації, стають нестійкими. Більш інформативно стабільними є амплітуди спайок, які зазвичай у півтора та більше разів перевищують максимальні значення інших середньо- та високочастотних складових ЕЕГ. Але для остаточного прийняття рішення про наявність спайку у багатьох випадках необхідно все ж таки перевірити його тривалість. Тобто ознакою спайку, значення якої підлягають обробці, надалі вважають або амплітуду, або шпильчастість.

При автоматичній обробці реалізації ЕЕГ отримують послідовно числовий масив значень $X = \{x_i\}$ обраної ознаки спайок, більшість з яких є фоновими та не відповідають спайкам, а тільки деяка невелика група може означати їхню наявність. Таким чином, цей масив розглядають як вибірку, складену з двох кластерів значень, які підлягають розшаруванню. Суттєва апіорна невизначеність математичних очікувань та дисперсій значень цих кластерів вимагає адаптації процедури розшарування безпосередньо до масиву значень даної вибірки. Цю задачу вирішують методом оптимізаційного кластерного аналізу, відповідно до якого оптимальний поріг розшарування x_{opt} визначають за критерієм пошуку глобального екстремуму (мінімуму або максимуму) цільової функції $F_{\alpha} = \{x_i\}$ на множині значень ознаки X як

$$x_{opt} = \underset{x_i \in X}{\operatorname{argmin}} \{F_{\alpha} \{x_i\}\}.$$

За результатом цього отримують два кластери $X_1 \cup X_2 = X$, де $\forall x_i \geq x_{opt} \Rightarrow (x_i \in X_1)$ та $\forall x_i < x_{opt} \Rightarrow (x_i \in X_2)$; тобто кожне значення першого кластеру $x_i \in X_1$, свідчить про наявність окремого спайку.

Як частковий варіант, використовують цільову функцію виду

$$F_{\alpha} \{x_{пор}\} = [\sigma_{(<)}^*]^4 + [\sigma_{(\geq)}^*]^4,$$

де $\sigma_{(<)}^*$, $\sigma_{(\geq)}^*$ - середньо квадратичні відхилення (СКВ) значень розшарованих порогом $x_{пор}$ кластерів $X_{(<)} \cup X_{(\geq)} = X$, де $\forall x_i \geq x_{пор} \Rightarrow (x_i \in X_{(\geq)})$ та $\forall x_i < x_{пор} \Rightarrow (x_i \in X_{(<)})$. Для оптимального порогу розшарування є слушним: $X_{(\geq)} = X_1$, $X_{(<)} = X_2$.

Особливістю описаної процедури розшарування є те, що незалежно від наявності спайок завжди формуються два кластери. Тому після розшарування додатково контролюють фактичну відстань між цими кластерами. Як частковий варіант, використовують відносну міру відстані у такому вигляді:

$$M = \frac{(m_1 - \alpha\sigma_1) - (m_2 + \alpha\sigma_2)}{X_{opt}} > R,$$

де $\alpha \geq 0$ - наперед заданий довільний коефіцієнт, m_1 , σ_1 - математичне очікування (МО) та СКВ значень першого кластеру, m_2 , σ_2 - МО та СКВ значень другого кластеру, R - поріг рішення про наявність спайок у першому кластері.

5 Вочевидь, при $\alpha = 0$ міра відстані визначається тільки відносним зсувом МО обох кластерів, при цьому R доцільно встановлюють на рівні 1-2 одиниць. Практично немає сенсу вибирати $\alpha > 0$, оскільки контрольні межі $(m_1 - \alpha\sigma_1)$, $(m_2 + \alpha\sigma_2)$ кластерів можуть перетинатися.

10 Принциповим для автоматичної обробки ЕЕГ є окреме виявлення додатних та від'ємних спайків, оскільки подальше їх об'єднання у мультипікових патернах надасть додаткову інформацію про характер нервового захворювання. При цьому додатні спайки виявляють окремо за додатними значеннями ознаки у повній відповідності до описаного способу; це ж саме стосується й від'ємних спайок, але для їх виявлення використовують інвертовані від'ємні значення ознаки.

Джерела інформації:

- 15 1. Патент US 4323079. Aperiodic analysis system, as for electroencephalogram. Опуб. Apr. 6, 1982, A 61 B 5/04.
2. Патент UA 19625A. Спосіб діагностики рефлекторно обумовлених поліморфних епілептичних випадків у дітей, Опубл. Dec. 25, 1997, бюл. № 6, A61B 5/0476.
3. Патент WO 2005/018448 A1, EEG seizure analysis. Опубл. Mar. 03, 2005, A61B 5/0476.
- 20 4. Патент US 2010/0198098, System for the prediction, rapid detection, warning, prevention, or control of changes activity states in the brane of a subject, Опубл. Aug. 5, 2010. A61B 5/0476.
5. Зенков Л.Р. Клиническая энцефалография (с элементами эпилептологии)/ Л.Р. Зенков. - 3-е изд. - М.: МЕДпресс-информ, 2004. - 368 с.

25

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб виявлення спайок електроенцефалограми, який полягає у виділенні з реалізації електроенцефалограми сигнальної складової без повільних хвиль, отриманні з сигнальної складової числового масиву значень ознаки спайок, який **відрізняється** тим, що додатково за встановленим критерієм розшарування визначають оптимальний поріг розшарування масиву значень ознаки на два кластери, перший з яких об'єднує значення ознаки, що перевищують оптимальний поріг та є виявленими спайками, а другий кластер об'єднує інші значення ознаки.

30 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що визначають міру відстані між першим та другим кластерами, порівнюють її з наперед заданим порогом рішення та приймають рішення про відсутність спайок у реалізації електроенцефалограми, якщо визначена міра відстані менша за поріг рішення.

35 3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що міру відстані між першим та другим кластерами визначають за правилом

$$M = [(m_1 - \alpha\sigma_1) - (m_2 + \alpha\sigma_2)] / X_{opt},$$

40 де $\alpha \geq 0$ - наперед заданий довільний коефіцієнт, m_1 , σ_1 - математичне очікування та середнє квадратичне відхилення значень першого кластера, m_2 , σ_2 - математичне очікування та середнє квадратичне відхилення значень другого кластера, X_{opt} - оптимальний поріг розшарування.

45 4. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що критерій розшарування встановлюють на множині значень ознаки як глобальний мінімум або глобальний максимум цільової функції, яку розраховують для кожного значення порогу розшарування за групою характеристик двох розшарованих цим порогом кластерів, а значення порогу розшарування у точці глобального мінімуму або глобального максимуму приймають за оптимальний поріг розшарування.

50 5. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що цільову функцію розраховують за дисперсіями значень у кожному з розшарованих кластерів.

6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що цільову функцію розраховують як суму квадратів дисперсій значень у кожному з розшарованих кластерів.

55 7. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що масив значень ознаки спайок утворюють з усіх отриманих із сигнальної складової додатних значень ознаки та окремо виявляють додатні спайки.

8. Спосіб за п. 7, який **відрізняється** тим, що масив значень ознаки спайок утворюють з інвертованих усіх отриманих із сигнальної складової від'ємних значень ознаки, окремо виявляють від'ємні спайки та об'єднують їх з додатними спайками.
9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що додатні та від'ємні спайки виявляють окремо у двох або більше реалізаціях електроенцефалограм.
- 5

Комп'ютерна верстка М. Ломалова

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601