

УДК 57.087.1

Ю.Б. Паляниця, Є.Б Яворська, к. т. н, доц., Г.М. Шадріна к. т. н., доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

АЛГОРИТМ ПОПЕРЕДНЬОГО ОПРАЦЮВАННЯ ФОНОКАРДИОСИГНАЛУ ЯК ПЕРІОДИЧНО КОРЕЛЬОВАНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

Y. Palaniza, E. Yavorska, H. Shadrina

THE PHONOCARDIOSIGNAL AS A PERIODICALLY CORRELATED STOCHASTIC PROCESS PREPROCESSING ALGORITHM

Існуючі на сьогоднішній день у профілактичній медицині системи віддаленого моніторингу стану серцево-судинної системи (ССС), зокрема за фонокардіосигналом (ФКС) вимагають застосування коректних апаратно-програмних засобів для опрацювання його. Як показано в працях Драгана Я.П., Паляниці Ю.Б., [1] ФКС паралельно зареєстрований з електрокардіосигналом (ЕКС) як періодично корельований випадковий процес (ПКВП) опрацюються синфазним методом яко статистичним

Проте синфазний метод вимагає забезпечення однорідності статистичного матеріалу, що ускладнює дослідження, та визначення періоду корельованості вхідної послідовності, який у випадку ФКС, може бути представленим як середня тривалість серцевого циклу.

Класичним підходом до знаходження періоду корельованості є визначення періоду повторюваності автокореляційної функції [2]. Такий спосіб є чутливим до довжини вибірки та фазової структури серцевого циклу, що унеможливує забезпечення повторюваності результатів. Визначення тривалості одного серцевого циклу за тривалістю R-R інтервалу не дає змоги забезпечити вибірку однієї повної реалізації, тобто інтервалу між моментами прояву дії синусового вузла, що на ЕКГ виявляється Р-зубцем. Тому пропонується визначати кожен реалізацію серцевого циклу як інтервал Р-Р, оскільки Р-зубець відповідає моменту активації потенціалу дії (Шмидт-Фойгт). В клінічній практиці за тривалість серцевого циклу приймають R-R інтервал, однак це не відповідає природі досліджуваного об'єкта [3], оскільки початком кожної наступної реалізації циклу серцевого скорочення є момент прояву потенціалу дії синусового вузла, що на ЕКГ є Р-зубцем.

Оскільки значення амплітуди Р-зубця набагато менше, ніж R-зубця і форма його є більш плавною, то він більше спотворюється під впливом високочастотних шумів. При низьких значеннях відношення сигнал/шум встановити коректно локалізацію максимуму з високою точністю проблематично. Застосування фільтрів низьких частот є недопустимим, оскільки вони, окрім фазових спотворень, сильно розмивають стрімкі зубці та зсувають їх у часі.

У нашому випадку високочастотні шуми є некорельованими з корисним сигналом, тому доцільно використати згладжування.

Все більшого поширення набуває метод згладжування із застосуванням фільтра Савіцького-Голяя [4], при цьому: в околі кожної точки послідовності будують апроксимуючий поліном n-го порядку по методу найменших квадратів у вікні певної довжини; відтворюють послідовність обчисленням її із полінома меншої степеня, віддаючи молодші члени; здійснюють зсув вікна та повторення попередніх операцій. Згладжувальні фільтри Савіцького-Голяя (поліноміальні нерекурсивні фільтри) використовують для згладжування (у вузькому сенсі) зашумлених сигналів з широким спектром. Тоді такі фільтри дають набагато кращий результат у порівнянні зі звичайними нерекурсивними усереднюючими фільтрами, що мають тенденцію разом із

шумами видаляти й частину високочастотних корисних складових сигналу та вносити мінімальні фазові спотворення, що є критично важливою особливістю для опрацювання сигналу синфазним методом. Однак метод згладжування забезпечує дещо гірше ослаблення шуму порівняно зі звичайними нерекурсивними фільтрами, що вимагає більших затрат обчислювальної потужності системи. Оскільки така фільтрація забезпечує поліноміальну апроксимацію окремих кадрів вхідної послідовності по критерію мінімуму середньоквадратичної похибки, то в цьому сенсі він є оптимальним.

Таким чином застосування фільтра Савіцького-Голея не порушує форму корисного сигналу за умови оптимального підбору порядку полінома і ширини вікна згладжування.

Для ілюстрації процедури згладжування зашумлений ЕКС та згладжений за допомогою фільтра Савіцького-Голея зображено на рис. 1:

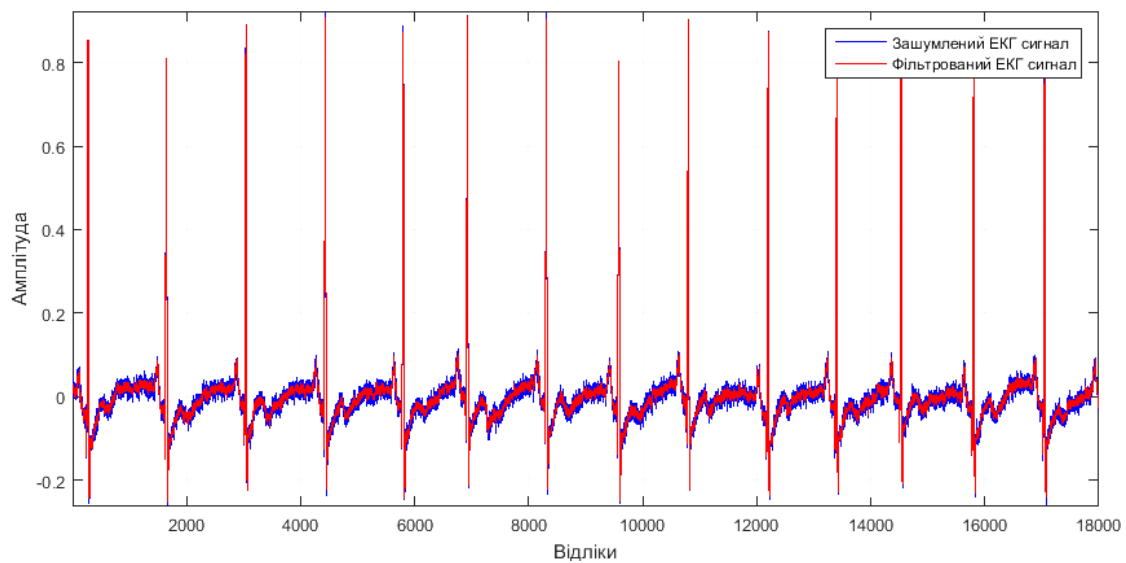


Рис. 1. Зашумлений та згладжений ЕКС фільтром Савіцького-Голея

Для пошуку Р-зубців у згладженому сигналі доцільно використати пороговий метод оскільки тоді відпаде потреба застосування різного роду процедур розпізнавання форми, пошуку патернів чи переходу в іншу область (наприклад, спектральну шляхом застосування перетворення Фур'є чи область масштабних вейвлет-коефіцієнтів).

Література

1. Драган Я.П. Системний аналіз статистичного оцінювання станів стохастичної вібраційної системи і принципу шунтування / Я.П. Драган, Ю.І. Грицюк, Ю.Б. Паляниця // НАУКОВИЙ ВІСНИК НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 25.10. – С.255-259.
2. Драган Я. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів: – Львів, Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. –XVI+333с.
3. Котельников С. А. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак, Е.Б. Шустов, И.Ю. Коваленко, В.Ю. Давыденко // Физиология человека. 2002. № 1. С. 130–143.
4. Никонов А.В. Фильтрация методом Савицкого-Голея спектральных характеристик чувствительности матричных фотоприемных устройств / А.В. Никонов, Р.В. Давлетшин, Н.И. Яковлева, П.С. Лазарев // Успехи прикладной физики. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 198-205.