



П. Н. Замятин,
К. В. Колісник,
О. Г. Аврунін, О. В. Бойко

ДУ «Інститут загальної
та невідкладної хірургії
ім. В. Т. Зайцева НАМНУ»,
м. Харків

Харківський національний
медичний університет

Національний технічний
університет «Харківський
політехнічний інститут»

Харківський національний
університет
радіоелектроніки

© Колектив авторів

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ МЕДИКО- ДІАГНОСТИЧНИХ ПИТАНЬ МОНІТОРІНГУ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ ПРИГОД

Резюме. В роботі розглядається можливість вирішення медико-діагностичних питань моніторингу наслідків надзвичайних ситуацій шляхом застосування методів системного аналізу та математичної статистики. При цьому передбачається напрацювання алгоритмів розрахунків оптимальної поведінки для найбільш ефективного ліквідації наслідків надзвичайних подій із наявністю торакальних ушкоджень при політравмі та комплексне вирішення задач діагностування постраждалих і надання первинної медичної допомоги.

Ключові слова: надзвичайні пригоди, торакальні ушкодження при політравмі, системний аналіз, медико-діагностичний моніторинг, медицина катастроф.

Вступ

Надання медичної допомоги в особливих умовах із наявністю торакальних ушкоджень при політравмі застосування характеризується рядом особливостей, що визначають основні методи проведення первинної діагностики та медичної допомоги постраждалим.

По-перше, це фактор несподіванки, так як від ступеня прогнозування можливості настання надзвичайних подій і прогнозуванні їх наслідків багато в чому залежить ефективність надання медичної допомоги постраждалим в них громадянам.

По-друге, це об'єктивна трудність в наданні медичної допомоги в даних умовах: невизначеності місця і часу події, неможливості передачі інформації про те, що трапилося по лінії зв'язку, ступінь віддаленості від населених пунктів і від підрозділів служб швидкого реагування, особливості доріг, під'їзних шляхів, аеродромів, людський фактор та ін. Істотне значення мають також природні фактори: кліматичний, метеорологічний, географічний, характер покриву землі (лісисто-місцевість, тайга, тундра, пустелі).

По-третє, це територіальна невизначеність виникають пригод. Надзвичайні події можуть виникнути на одному або декількох заздалегідь невідомих об'єктах. При цьому питання своєчасного та якісного надання медичних послуг будуть залежати як від місця розташування необхідних медичних фахівців та засобів, від їх кваліфікації та оснащеності медичними засобами, так і від можливості забезпечення телекомунікаційними послугами та засобами телемедицини.

Все це дозволяє віднести процес надання медичної допомоги при вирішенні медико-діагностичних питань моніторингу наслідків надзвичайних ситуацій до складних соціальних явищ, до яких застосовні методи системного аналізу.

Мета роботи

Розгляд можливості вирішення медико-діагностичних питань моніторингу наслідків надзвичайних ситуацій із наявністю торакальних ушкоджень при політравмі шляхом застосування методів системного аналізу та математичної статистики. При цьому передбачається напрацювання алгоритмів розрахунків оптимальної поведінки для найбільш ефективного ліквідації наслідків надзвичайних подій та комплексне вирішення задач діагностування постраждалих і надання первинної медичної допомоги.

У якості метода контролю стану кровотворної системи постраждалого нами було вибрано біоімпендансометрію, що дозволяє отримувати інформацію про стан внутрішніх органів пацієнта та наповнення їх кров'ю неінвазивно, що значно спрощує сам процес діагностики та дозволяє проводити її безперервно безпосередньо в місцях знаходження пацієнта при його первинному діагностуванні та наданні первинної допомоги.

При цьому для опрацювання та визначення необхідних біометричних показників використовуються методи математичної статистики та системного аналізу подій, що супроводжують розвиток надзвичайних обставин.

Важливою частиною проблеми активного моніторингу полягає у відсутності статистично обґрунтованих нормованих динамічних власних біомедицинських сигналів, локалізованих у часі. Це не дозволяє систематично підходити до розробки інформаційно-вимірних технологій та діагностичних систем, створених на прийняття рішення, з визначеним рівнем заданих рівнів достовірності (або одночасно ризикових первісних і другого рода).

Ця частина проблем неможливо вирішити без вірного вибору вірогідності статистичних моделей плану експерименту, гарантуючи ефективне використання технічних середніх, біологічних

електронних матеріалів, ресурсів часу медичного персоналу, що знаходяться в критерії максимальної статистичної потужності прикладних рішень. Існуючі методи контролю таких крововтрат на цей час досить недосконалі і виключають можливість моніторингу в режимі реального часу, що виявляється критичним, особливо для випадків гострої крововтрати в надзвичайних обставинах. Становить інтерес використання властивостей КМК БІМ-сигналів, корелюється з динамікою кровопостачання організму. Такі сигнали дозволяють отримувати контрольну інформацію в режимі реального часу, відстежуючи локалізовану в часі нестационарність кровотоку при випадковому факторному впливі (зміна обсягу судинного русла).

Планування експерименту по активному моніторингу наявності крововтрат є багатоетапним процесом, обов'язковими складовими якого є:

- планування метрологічної складової – вибір параметрів просторово-орієнтованої моделі системи первинних БІМ-перетворювачів;%
- планування методичної складової, як процедури вейвлет-перетворення — вибір кількості масштабів при локально-невизначеній тривалості зсуву (вибір частоти дискретизації вимірювального сигналу).
- планування вибору інформативних параметрів з максимальною чутливістю до факторного впливу (КМК в просторі двох координат: частота БІМ-сигналу і порядок вейвлет-спектра).

Для оцінки принципової можливості вирішення перерахованих завдань такого планування була проведена серія тестових активних експериментів. Були проведені вимірювання БІМ-сигналів на трьох частотах для 5 пацієнтів, з детермінованими межами 3 фаз експерименту: початкова, активна, кінцева. У цьому ж додатку подано результати розрахунку частотних КМК I та II порядків

Для тестування відмінностей коефіцієнтів кореляції r_{sm} , r_{sd} для суміжних фаз експерименту (фази 1-2 і 2-3) був обраний стандартний тест на значимість, критеріальну Т-статистику якого можна використовувати для кількісної оцінки ефективності варіантів вибору тих чи інших складових загального плану експерименту. У табл. 1 дані значення Т-статистик для чотирьох пацієнтів з

різними варіантами установки первинних перетворювачів БІМ-сигналів (пар електродів, встановлених на різних просторово-розділених ділянках тіла пацієнта).

З даних табл. 1 видно, що найбільше значення Т-статистики, несе інформацію про зміну КМК на кордоні двох фаз, максимально для відстані d4 ($T = 4,4575$). Це відстань геометрично максимальна і дозволяє обґрунтувати вибір варіанту розміщення датчиків на тілі пацієнта. Фактично, це завдання планування метрологічної складової, пов'язана з умовною оптимізацією варіантів по максимуму цільової функції у вигляді Т-статистики. Така оптимізація умовна, оскільки число початкових умов обмежено в даному варіанті кількістю пацієнтів, хоча загальне число варіантів прямує до нескінченності. Однак будь-яке обмеження варіантів дає можливість, наприклад, на основі даних таблиці 1 обирати варіант, який близький до відомих біофізичним моделям, підкріпленим максимізацією Т-статистики.

Для дослідження завдання планування методичної складової були проведені розрахунки середніх значень КМК по фазах експерименту (табл. 2).

Таблиця 2
Оцінка середніх значень КМК для частот БІМ-сигналів 20, 100 і 500 кГц

Частота БІМ-сигналу	Фаза	КМК I	КМК II
20 кГц	1	0,4902	0,6089
	2	0,0315	0,4976
	3	0,1211	0,6704
100 кГц	1	0,3589	0,5648
	2	0,1653	0,5504
	3	0,0345	0,5715
500 кГц	1	0,3811	0,4979
	2	-0,0944	0,1582
	3	0,1817	0,51

У табл. 2 наочно надано занижене значення КМК для фази 2 по відношенню до фаз 1 і 3. Зменшення КМК для фази 2 вказує на зростання динаміки спектральної нестационарності БІМ-сигналу на інтервалі часу, відповідному цій фазі. Фактично початок крововтрати супроводжується зменшенням КМК по відношенню до попередньої фази (фази 1), а закінчення крововтрати призводить до збільшення КМК по відношенню до фази 2. Тільки одне (затоноване) значення КМК I порядку

Таблиця 1
Значення Т-статистики для п'яти варіантів просторового поділу електродів на тілі пацієнта (на частоті 20 кГц; КМК - r_{sm})

Пацієнт	1	2	3	4
Розташування	Третина лівого передпліччя — середина плеча лівої руки	Долоня — середина плеча лівої руки	Зап'ясті лівої руки — голенистої лівої ноги	Зап'ясті лівої руки — голенистої правої ноги
Умовна відстань	d1	d2	d3	d4
Значення Т-статистики. Фаза 1-2	0,5711	0,8139	3,3348	4,4575
Значення Т-статистики. Фаза 2-3	-0,6101	не визначено	-0,5372	-0,5974

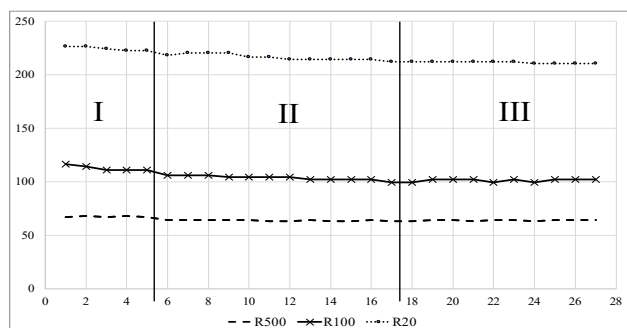


Рис. 1. Типові реалізації БІМ-сигналів для частот 20, 100 і 500 кГц

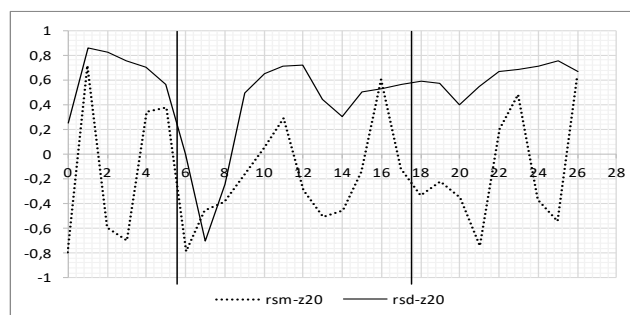


Рис. 2. Результати оцінювання КМК I порядку для частот 20, 100 та 500 кГц

(для частоти 100 кГц і фази 3) можна вважати промахом.

З отриманих даних 2 можна отримати графічну інформацію про зміни КМК по фазах 1,2 і 3 експерименту. На рис. 1-2 показані залежності вихідного БІМ-сигналу і інформативного параметра КМК I порядку від часу експерименту, зазначеним його фаз.

У подальшому наші дослідження показали необхідність планування експерименту по активному моніторингу появи і припинення крововтрат за наявності торакальних ушкоджень при політраумі при виконанні таких рекомендацій:

- забезпечення максимального шляху проходження скануючого струму БІМ-сигналу, за рахунок вибору місць фіксації електродів за спрощеним варіантом «ліва рука – права нога»;
- вибір частоти дискретизації БІМ-сигналу такою, щоб забезпечити число масштабів вейвлет-перетворень не менше 20;

- вибір несучої частоти БІМ-сигналу близько 500 кГц, та вибір КМК з використанням вейвлет-спектра другого порядку.

Таким чином, дослідження, що було проведено разом співробітниками ХНМУ й НТУ «ХПІ» вказали на перспективність інформаційно-вимірювальної процедури контролю динамічних параметрів нестаціонарності БІМ-сигналів в задачах виявлення прихованих кровотеч.

Важливим моментом є можливість використання автоматизації активного моніторингу в рамках вже існуючих комп'ютеризованих інформаційних систем медичного призначення.

Це впровадження базується на побудові плану біомедичного експерименту, у якому використовується спостереження БІМ-сигналу за допомогою зведеного вікна на моніторі. Таке вікно представляє два послідовних інтервали часу для кожного з яких обчислюється незалежне значення КМК, а порівняння цих КМК проводиться за допомогою Т-статистики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко В. В., Замятин П. Н., Колесник К. В., Шишкин М. А., Голдобин С. Н. Особенности телемониторинга состояния пострадавших в чрезвычайных ситуациях // Сборник научных трудов 6-го Международного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. МРФ 2017». Конференция «Проблемы биомедицины. Наука и технологии». 17-19 октября 2017 г., – Харьков, Украина. АНПРЭ, ХНУРЭ, – С. 116-118.
2. Бойко В. В., Замятин П. Н., Лихман В. М., Мирошниченко Ю. И., Провар Л. В. Особенности диагностики и хирургической тактики при повреждениях внутренних органов та заочеревных структур в условиях массивной кровопотери. – 2017. – С. 121-124.
3. Бойко В. В., Замятин Д. П., Замятин П. М. Хирургия сердечных ранений / Клиническая та экспериментальная патофизиология. – 2017. №2 (доп.). – С. 34-41.
4. Вибір параметрів планування та підвищення ефективності методу неінвазивного моніторингу крововтрати на основі біоімпедансометрії / Томашевський Р. С. // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник – Луцьк, 2018. – №61(152). – С.221-229 ISSN:24-15-39-66
5. Комплексний підхід щодо діагностики та первинної терапії постраждалих а надзвичайних обставинах за допомогою телемоніторингу / В. В. Бойко, П. Н. Замятин, Е. И. Сокол, П. Ф. Шапов, К. В. Колісник // Сучасні проблеми дерматовенерології, косметології та управління охороною здоров'я. Збірник Наукових праць Випуск 15. – Харків: Оберіг, 2018. – С. 14-20.
6. Особенности телемониторинга состояния пострадавших в чрезвычайных ситуациях / Бойко В. В., Замятин П. Н., Колесник К. В., Шишкин М. А., Голдобин С. Н. // Сборник научных трудов 6-го Международного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития. МРФ 2017». Конференция «Проблемы биомедицины. Наука и технологии». 17-19 октября 2017 г. – Харьков, Украина. АНПРЭ, ХНУРЭ, – С. 116-118.
7. Портативный биоимпедансометр для телемедицинского комплекса / Лосев Н. В., Томашевский Р. С., Чурсина Ю. В. // Материалы I международной научно-технической конференции: Актуальные проблемы автоматизации и приборостроения» (7-8 декабря, 2017). – Украина, Харьков. – 2017. НТУ ХПИ, – С. 63-64. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/33995>
8. Surgery of heart injuries. The features of modern doctrine / P. Labash, V. Boyko, P. Zamiatin, I. Polivenok, O. Buchneva, D. Zamiatin // Bratislava – Kharkiv/ pub. Komensky University in Bratislava». – 2017. – 248 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО
АНАЛИЗА ПРИ
РЕШЕНИИ МЕДИКО-
ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
ВОПРОСОВ
МОНИТОРИНГА
ПОСЛЕДСТВИЙ
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЙ

*П. Н. Замятин,
К. В. Колесник, О. Г. Аврунін,
О. В. Бойко*

USE OF SYSTEM ANALYSIS
METHODS IN SOLVING
MEDICAL DIAGNOSTIC
ISSUES OF MONITORING
CONSEQUENCES OF
EXTREME SITUATIONS

*Zamiatin P. N, K. V. Kolisnyk,
O. G. Avrunin, O. V. Boyko*

Резюме. В работе рассматривается возможность решения медико-диагностических вопросов мониторинга последствий чрезвычайных ситуаций путем применения методов системного анализа и математической статистики. При этом предусматривается разработка алгоритмов оптимального поведения для наиболее эффективного ликвидации последствий чрезвычайных происшествий и комплексного решения задач диагностирования пострадавших и оказания первичной медицинской помощи.

Ключевые слова: *чрезвычайные ситуации, торакальные повреждения при политравме, системный анализ, медико-диагностический мониторинг, медицина катастроф.*

Summary. The paper considers the possibility of solving medical and diagnostic issues of monitoring the consequences of emergencies by applying the methods of system analysis and mathematical statistics. At the same time, algorithms for calculating optimal behavior are provided for the most effective elimination of the consequences of emergencies and complex solution of problems of diagnosing the victims and rendering primary care.

Key words: *emergency thoracic lesions in polytrauma, system analysis, medical and diagnostic monitoring, disaster medicine.*