



Рисунок 3 - Результаты досліджень вибору частоти струму подразнення тканин хірургічної рани:  
а) – занадто висока; б)- оптимальна; в) - висока

### Висновок

Розглянуто спосіб та засоби виявлення ЗГН з поміж тканин хірургічної рани. Запропоновано та обґрунтовано для подальшого удосконалення способу використати модель електричних властивостей тканин хірургічної рани у вигляді лінійного електричного фільтра другого порядку з одним нелінійним елементом. Адекватність запропонованої моделі підтверджено на вибірці пацієнтів з понад 100 осіб.

### Список використаних джерел

1. Патент України на корисну модель №51174 . Спосіб ідентифікації гортанного нерва з інших тканин хірургічної рани при проведенні хірургічних операцій на щитовидній залозі / Дивак М.П., Шідловський В.О., Козак О.Л. // Бюл. "Промислова власність" №13. – 2010.

УДК 519.711:616-089-06

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ КИСЛОРОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЦИЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

**Зыбина Т.И.<sup>1)</sup>, Яковенко А.В.<sup>2)</sup>, Настенко Е.А.<sup>3)</sup>**

*Национальный технический университет Украины «КПИ»*

*<sup>1)</sup>аспирант, <sup>2)</sup>ассистент, <sup>3)</sup>д.б.н., профессор*

### I. Вступление

В настоящее время в Украине выполняется значительное количество кардиохирургических вмешательств, которые проводятся в условиях искусственного кровообращения (ИК). Развитие технологий и устройств ИК предполагает их тестирование без участия пациента. Поэтому актуальной является задача построения модели, которая генерирует реакции пациента в ответ на изменение характеристик ИК. На первом шаге построения модели был проведен анализ массива наблюдений параметров перфузии, для определения показателей, которые тем или иным образом могут влиять на транспорт кислорода в организме.

Массивы наблюдений за объектами биологической природы разбиваются на семейства несовместимых многомерных функциональных зависимостей, которые могут отличаться друг от друга как структурно, так и функционально. Задача разделения зависимостей далека от окончательного решения.

### II. Цель работы

Целью данной работы было исследование и моделирование функциональных зависимостей кислородных характеристик пациента в условиях искусственного кровообращения.

Для достижения цели исследования была поставлена задача разбиения массива наблюдений на семейства функциональных зависимостей с целью определения параметров, которые оказывают влияние на кислородные характеристики пациента.

### III. Материалы и методы

Для решения поставленной цели и задачи исследования, был проведен анализ результатов хирургического вмешательства 447 пациентов с применением ИК. Для построения модели были использованы мониторинговые параметры перфузий пациентов. Всего было проанализировано 1592 наблюдения. Все вмешательства выполнены в НИССХ им. Н.Н. Амосова НАМНУ.

Во время проведения перфузий измерялись и рассчитывались следующие показатели: содержание кислорода в венозной ( $c_vO_2$ ) и артериальной ( $c_aO_2$ ) крови, перфузионный индекс (PI), индекс потребления кислорода ( $IVO_2$ ), гемоглобин (Hb), артериальное (AP) и центральное венозное (CVP) давления, индекс периферического сосудистого сопротивления (SVRI) и температура тела пациента.

Основываясь на нашем опыте, перспективным решением поставленной задачи является кластерный анализ (КА). Перечисленные показатели были разделены на две группы для проведения КА. В Группу 1 вошли все вышеперечисленные показатели, кроме SVRI, а в Группе 2 – учитывался SVRI, но исключались AP и CVP. Кластерный анализ проводился методом, разработанным в НИССХ им. Н.Н. Амосова, с целью объединения близких по величине параметров или связанных величин в виде несферических кластеров [1]. Это позволило упорядочить показатели в однородные группы, в которых есть определенная функциональная зависимость.

### IV. Результаты и обсуждения

В качестве исходных показателей анализировались функциональные зависимости содержания кислорода в венозной и артериальной крови, поскольку, на эти показатели влияют другие параметры перфузии и они являются показателями, характеризующими работу оксигенатора.

В результате проведенного КА, для каждой группы показателей было распознано семейство из 11 и 8 линейных функциональных зависимостей содержания  $O_2$  в артериальной и венозной крови. Данные зависимости размещались на координатной плоскости в виде пучка прямых, которые отличались углом наклона, то есть разным содержанием кислорода в венозной крови при одном и том же содержании его в артериальной крови.

Зависимость содержания  $O_2$  в венозной и артериальной крови разделяется на семейство линейных зависимостей, которые могут быть представлены в виде семейства линейных уравнений регрессии вида:

$$c_vO_2 = a \cdot c_aO_2 + b \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – соответствующие коэффициенты регрессии.

Для всех одиннадцати зависимостей Группы 1 имел место достаточно высокий коэффициент детерминации между показателями:  $R^2 = 0,35 \dots 0,74$ . В Группе 2, для восьми полученных зависимостей коэффициент детерминации имел следующие значения:  $R^2 = 0,32 \dots 0,74$ .

Первоочередной задачей кровообращения является сохранение адекватного снабжения кислородом тканей для поддержания процессов биологического окисления. Одним из наиболее информативных показателей транспортной функции кровообращения является индекс потребления кислорода, который вычисляется следующим образом [2]:

$$IVO_2 = (c_aO_2 - c_vO_2) \cdot CI \quad (2)$$

где CI – сердечный индекс, который в условиях ИК заменяется на перфузионный.

Учитывая комплексность и нелинейные свойства взаимодействия регуляторных механизмов кровообращения, полученные данные перфузий и семейства функциональных зависимостей содержания  $O_2$  в крови анализировались на наличие нелинейных связей между показателями. Был проведен корреляционный анализ коэффициентов полученных уравнений регрессии и показателей перфузии, перечисленных в Группе 1 и 2 по каждому кластеру, с целью определения показателей, которые регулируют содержание кислорода в венозной крови, а следовательно потребление  $O_2$ . В рамках данного анализа рассчитывался коэффициент корреляции между коэффициентами  $a$ ,  $b$  и средними значениями показателей в группах.

В ходе проведения корреляционного анализа была выявлена тесная корреляция коэффициента  $a$  с Hb и CVP в обеих группах показателей. Гемоглобин является одним из основных показателей

насыщения крови  $O_2$ , поскольку его основная функция это доставка кислорода к клеткам, поэтому его уровень значительно влияет на содержание  $O_2$  в крови. Центральное венозное давление при ИК говорит об объеме крови пациента. С его помощью можно урегулировать количество крови пациента и емкости аппарата ИК. На основе проведенного анализа, можно сделать вывод, что содержание  $O_2$  в венозной крови является функцией от гемоглобина и центрального венозного давления.

### Выводы

Одной из особенностей массивов наблюдений за объектами биологической природы есть то, что они могут иметь некоторое множество несовместимых многомерных функциональных зависимостей, которые могут отличаться друг от друга как структурно, так и функционально. Поскольку кластерный анализ объединяет наблюдения близкие по величине или медленно меняющиеся, а также учитывая «цепочечный эффект» метода, разработанного в НИССХ им. Н.Н. Амосова, нами была сделана попытка решить эту задачу с помощью кластеризации.

В результате проведения КА были обнаружены семейства зависимостей, и они были различны. Сопоставление с исходной базой данных показало, что зависимости содержат группы наблюдений одних и тех же больных, то есть отражают функциональную связь показателей.

На основе корреляционного анализа коэффициентов уравнений регрессий, была установлена взаимосвязь между  $Hb$ ,  $СVP$  и содержанием кислорода в венозной крови. Данная взаимосвязь может использоваться для дальнейшего анализа и моделирования кислородных характеристик пациентов.

Наличие нелинейных связей между показателями функционирования системы кровообращения приводит к возникновению эффектов самоорганизации, упорядочиванию наблюдений в пространстве признаков разной размерности. Это позволяет решить проблему распознавания, воспроизведения функциональных зависимостей показателей системы кровообращения с помощью новых информационных технологий и использовать для построения и идентификации математических моделей.

### Список литературы

1. Nastenko E.A. The use of Cluster Analysis for Partitioning Mixtures of Multidimensional Functional Characteristics of Complex Biomedical Systems // J. of Automation and Information Sciences. – 1996. – Vol. 28. – N 5-6. – P. 77-83.
2. Эйнгрон А.Г. 'Патологическая анатомия и патологическая физиология' - Москва: Медицина, 1983 - с.304

УДК 004.724.4

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ З СТАТИЧНОЮ ТА ДИНАМІЧНОЮ МАРШРУТИЗАЦІЄЮ

Касянчук М.М.<sup>1)</sup>, Поровський А.М.<sup>2)</sup>, Меркушина І.В.<sup>3)</sup>

*Тернопільський національний економічний університет,  
1) к.ф.-м.н., доцент; 2) магістрант; 3) старший викладач*

### I. Постановка проблеми

Для широкого використання переваг сучасних інформаційних технологій збору, транспортування та збереження інформації необхідно планувати навантаження мереж передачі даних [1]. Закони функціонування комп'ютерних мереж та систем передачі даних не завжди відомі або мають імовірнісну природу. Поведінка систем багато в чому визначається людським чинником, що створює додаткову невизначеність при спробі її обрахунку. Тому в умовах стохастичної невизначеності, де результат залежить від складних взаємозалежних між собою випадкових подій і аналітичні обчислення нереальні, застосовується імітаційне моделювання мереж передачі даних.

### II. Мета роботи

Метою даної роботи є розробка системи імітаційного моделювання мереж передачі даних з використанням алгоритмів оптимізації маршрутизації.