

ЛАБОРАТОРИЯ № 7

Лаборатория обработки биоэлектрической информации

Заведующий лабораторией – д.б.н., профессор Титомир Леонид Иванович

Тел.: (095) 209-46-79; E-mail: titomir@iitp.ru

Ведущие ученые лаборатории:

д.т.н. Малиновский Л. Г.

к.т.н. Жожикашвили А. В.

д.т.н. Стефанюк В. Л.

с.н.с. Айду Э. А.-И.

к.т.н. Трунов В. Г.

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ:

- исследование характеристик экономичных систем отведений для электрокардиографического картирования в экспериментально-клинических условиях;
- разработка, модельное и экспериментально-клиническое исследование оптимальных методов локации патологических электрогенных зон в сердце для топической диагностики с использованием экономичных систем отведений;
- теоретическое и экспериментальное исследование возможности определения анатомического положения области миокарда желудочков сердца, генерирующей высокочастотные составляющие кардиоэлектрических сигналов, которые могут быть использованы для прогнозирования опасных аритмий сердца;
- модельная оценка точности метода пространственной локации электрогенных зон в сердце с учетом антропометрических параметров и экспериментально-клиническая апробация предложенного метода антропометрической коррекции данных электрокардиографического картирования;
- развитие эффективных методов содержательно-образного представления характеристик электрофизиологического состояния и функций сердца при неинвазивных электрокардиографических измерениях у больных с ишемией и инфарктом;
- сравнительное исследование модельно-структурных методов статистического анализа данных на примере электрокардиографических записей;
- разработка критерия научной рациональности как основы системной методологии анализа и организации сложных объектов и систем, а также способов управления ими.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработаны методы фильтрации сигналов униполярных электрокардиографических отведений для выделения составляющих сигнала в заданном высокочастотном диапазоне, порождаемых патологическими электрогенными областями миокарда.

Дано физико-физиологическое обоснование процессов возникновения биоэлектрических генераторов в очагах умеренной и острой ишемии миокарда желудочков сердца. Предложены обобщенные математические модели локального кардиоэлектрического генератора в ишемических областях миокарда с неус-

тойчивым процессом деполяризации, который описывается дипольными микрогенераторами с хаотическим изменением модуля и ориентации дипольного момента. Установлена взаимосвязь между этими моделями и параметрами, описывающими поздние потенциалы желудочков сердца в методике электрокардиографии высокого разрешения.

Для неинвазивного определения локализации аритмогенных зон в желудочках сердца предложен принцип фиктивного точечного генератора, создающего электрическое поле со сферической симметрией, изменяющееся при удалении от генератора аналогично полю точечного диполя. На основе такой модели развиты два варианта метода локализации аритмогенных зон – для разработанных ранее оптимальных многоэлектродных систем отведений (НЕКТАЛ-48 и НЕКТАЛ-16) и для экономичной системы отведений Франк-М. Программно-алгоритмические блоки для решения указанных задач локализации аритмогенных зон апробированы на верифицированных случаях трудно диагностируемых состояний с высокой вероятностью сердечных аритмий и включены в общий комплекс компьютерных программ для диагностики ишемии и инфаркта. Этот комплекс обеспечивает определение стадии развития, размеров и локализации ишемического очага, а также положение и степень выраженности гипертрофированных областей желудочков сердца.

Для обоснования методов локализации областей миокарда с более выраженными изменениями, приводящими не только к возникновению высокочастотных поздних потенциалов, но и к значительным смещениям сегмента ST электрокардиосигналов, усовершенствована предложенная ранее концепция "срединной плоскости" генератора. Для сравнительной оценки возможностей локализации очагов острой ишемии при использовании многоэлектродных и экономичных систем отведений проведены исследования на реалистической математической модели, учитывающей анатомическое строение сердца и грудной клетки и электрофизиологические процессы при возбуждении сердца (модель представлена Институтом физиологических регуляций Словацкой академии наук и Институтом проблем измерения Словацкой академии наук в соответствии с договорами о научном сотрудничестве с ИППИ РАН).

Продемонстрирована эффективность разработанной экономичной системы отведений при решении указанных диагностических задач в сложных условиях обследования пациентов. Проведена экспериментально-лабораторная апробация предложенных методов при динамическом наблюдении за развитием инфаркта миокарда с содержательно-образным представлением данных для повышения эффективности эмпирико-эвристического анализа данных.

Сотрудники лаборатории приняли активное участие в Российско-американском семинаре «Технические средства для оценки психофизиологического состояния человека», проведенном 17-20 ноября 2003 г. в Москве Всероссийским НИИ автоматики Минатома РФ и Лос-Аламосской национальной лабораторией (США). От ИППИ РАН на семинаре был представлен доклад о новых электрокардиографических методах с содержательно-образной визуализацией данных и перспективах применения этих методов для оценки психофизиологического состояния работников, занятых на опасных производствах, в частности, в атомной промышленности.

Сотрудниками лаборатории был подготовлен доклад, посвященный локализации ишемических повреждений, который был представлен с.н.с. Э. А.-И. Айду на XXX Международном конгрессе по электрокардиологии (Финляндия, г. Хельсинки, 11-14 июня 2003 г.).

Институт проблем передачи информации РАН

В сентябре 2003 г. в КНР проходило научное турне российских специалистов, во время которого в городах Харбин, Сэн-Хуа и Нанкин был представлен доклад «Метод ДЭКАРТО в кардиологии».

Профессор Л. И. Титомир участвовал в международном сотрудничестве по научно-организационным вопросам как член Совета Международного общества электрокардиологии и в научно-издательской деятельности как член редколлегии журнала "Функциональная диагностика", редакционный консультант журнала "Journal of Electrocardiology" (США) и член редакционного совета журнала "Bratislava Medical Journal" (Словацкая Республика).

ГРАНТЫ:

- **Российский фонд фундаментальных исследований (№ 03-01-00147):** "Математическое моделирование очагов пространственно-временной нестабильности электрических процессов в миокарде и разработка методов предсказания аритмий сердца на основе информационных технологий".

ПУБЛИКАЦИИ В 2003 г.

1. Малиновский Л.Г. Идеология – системная наука об основах управления в обществе. – В кн.: Вторая международная конференция по проблемам управления (Москва, 17-19 июня 2003 г.). Т. 1. М.: ИПУ РАН, 2003. С. 102-103.
2. Малиновский Л.Г. Модельно-конструктивное мышление. М.: Наука, 2003. 656 с.
3. Титомир Л.И., Грачев С.В., Кушкова Н.М., Хасан С.Х. Исследование электрофизиологических свойств миокарда у больных различными формами ИБС с использованием методов ЭКГ ВР и поверхностного картирования при проведении стресс-теста. – В кн.: Электрокардиография высокого разрешения. М.: Триада-Х, 2003. С. 207-224.
4. Титомир Л.И., Трунов В.Г., Айду Э.А.-И. Неинвазивная электрокардиотопография. М.: Наука, 2003, 200 с.
5. Титомир Л.И., Трунов В.Г., Айду Э.А.-И., Сахнова Т.А., Блинова Е.В. Динамическое наблюдение за состоянием сердца при инфаркте миокарда методом дипольной электрокардиотопографии (ДЭКАРТО) // Функциональная диагностика. 2003. № 2. С. 46-51.
6. Титомир Л.И., Хасан С.Х., Бабаахмади С., Кузнецов А.Б. Оценка электрофизиологических свойств миокарда с использованием ЭКГ высокого разрешения и дипольной электрокардиотопографии. – В кн.: Электрокардиография высокого разрешения. М.: Триада-Х, 2003. С. 225-232.
7. Aidu E.A.I., Trunov V.G., Titomir L.I., Capderou A., Vaïda P. Transformation of vectorcardiogram due to gravitation alteration. – In: Measurement 2003. Bratislava: Inst. Meas. Sci. SAS – VEDA, 2003/ P. 169-172.
8. Aidu E.A.I., Trunov V.G., Titomir L.I., Szathmary V., Tysler M. Noninvasive location of acute ischemic lesion in the heart ventricles using a few-lead system: Study on a realistic mathematical model. – In: Measurement 2003. Bratislava: Inst. Meas. Sci. SAS – VEDA, 2003. P. 173-176.
9. Titomir L.I., Trunov V.G., Aidu E.A.I., Sakhnova T.A., Mikhnev A.A. Recognition of myocardial ischemic lesion on the basis of ECG-mapping data // Int. J. Bioelectromagn. 2003. V. 5. No 1. P. 246-247.

Группа искусственного интеллекта

НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ:

- исследование поведения локально-организованных систем искусственного интеллекта в теории и в приложениях;
- разработка интеллектуальных компьютерных обучающих систем;
- развитие семиотических методов искусственного интеллекта;
- использование теории категорий для описания задач обучения и обработки знаний в области искусственного интеллекта;
- разработка интеллектуальных методов борьбы с вирусами и нежелательной информацией, поступающей по сети Интернет.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные результаты, полученные в группе, представлены в книге В. Л. Стефанюка "Локальная организация интеллектуальных систем: Модели и приложения", посвященной разработке и систематизации математических методов анализа и синтеза локально-организованных систем, возникающих в различных задачах искусственного интеллекта и их приложениях. Цель книги состоит в разработке теории и средств анализа дискретных, непрерывных, нечетких и программных локально-организованных систем, а также в создании на этой основе ряда новых математических моделей, иллюстрирующих развиваемые подходы.

Первая глава "Общие принципы локальной организации систем" содержит обзор основных подходов к математическому моделированию больших (или сложных) систем, помогающий уяснить место моделей с локальной организацией среди известных вариантов моделей систем, дано определение локально-организованных систем и формулируется методика их анализа.

Во второй главе "Методы исследования локальной организации в дискретных моделях" предполагается, что подсистемами служат стохастические или детерминированные конечные автоматы, имеющие конечное число возможных действий. При этом внутренние состояния автоматов и совершаемые ими действия могут изменяться в дискретные моменты времени под влиянием получаемых данной подсистемой эффектов, зависящих, в частности, от действий всех остальных подсистем.

В третьей главе "Локальная организация целесообразного поведения в непрерывных моделях" в качестве подсистем выступают автоматы с непрерывным множеством действий, взаимодействующие по некоторому детерминированному закону не в дискретной, а непрерывной шкале времени. В качестве основного приложения здесь рассматриваются проблемы устойчивости в коллективах мобильных радиостанций.

В главе "Локальный подход к решению фундаментальных задач искусственного интеллекта" делается попытка рассмотреть поиск адекватного представления задач, знаний, а также проблемы обучения, как работу некоторой локально-организованной системы.

В заключительной главе "Использование локальной организации при разработке прикладных программных и человеко-машинных систем" собраны приме-

ры, когда на основе локальной организации удалось построить пакет программ, решающий полезную для приложений задачу (или группу задач).

В ходе развития проекта создания компьютерных систем одновременно с созданием транзакционного анализа на когнитивных уровнях ведется работа по созданию универсального формального языка, необходимого для построения такой достаточно сложной системы искусственного интеллекта.

С этой целью был предложен алгебраический подход к описанию продукционных систем, опирающийся на теорию категорий. Определение теоретико-категорной продукции является результатом обобщения различных конкретных типов продукций, известных из литературы. Оно охватывает многие типы продукций и правил из искусственного интеллекта, математической логики и смежных областей.

В прошедшем году были получены новые результаты в разработке такого языка для описания работы со знаниями в человеко-машинных системах. Были показаны некоторые полезные свойства так называемых сетей продукций, представляющих собой рекурсивную альтернативу системам продукций в искусственном интеллекте и экспертных системах, в которых продукции обычно применяются в определенном смысле последовательно.

При создании алгебраической теории продукционных систем постоянно имелось в виду исследование алгоритмов автоматического формирования систем таких продукций. В предыдущих работах на эту тему было показано, как, используя определенную операцию обобщения, можно формировать новые продукции. В отчетном году был исследован вопрос о формировании подобными методами сети продукций.

Традиционно в работах в области компьютерных обучающих систем в качестве модели обучаемого используется совокупность его знаний. Как показала практика, ее явно недостаточно причем надежность такой модели весьма спорна. Поэтому было предложено рассмотреть интеллектуальную модель обучаемого, учитывающую его когнитивный уровень.

На основе оригинальной схемы когнитивных уровней, вовлекаемых в обучение, для области обучающих систем построена модель транзакций, возникающих в процессе обучения. Именно эта модель положена в основу разрабатываемого в группе проекта персональной обучающей системы, позволяющей вести детальный и динамический учет личностных свойств обучаемого, проявляющихся в ходе обучения. Такая система хорошо согласуется с организацией интеллектуального интерфейса, разработанного авторами проекта ранее.

Основную трудность при попытке использовать представление о когнитивных уровнях на практике составляет вопрос детерминации уровня учителя и ученика. Была начата работа по изучению проблемы детерминации когнитивных состояний.

Специальное внимание было уделено рассмотрению особенностей детерминации на уровне аналогий и обобщений. На этом уровне обучаемый, анализируя предлагаемые учителем примеры задач, осваивает не только решение этих конкретных задач, но и решение аналогичных, близких к ним задач, самостоятельно делая необходимые для этого обобщения. Одна из трудностей – указать методы оценки способности обучаемого к такому способу усвоения знаний.

По определению, на этом уровне возможны два подхода. Согласно первому, учащийся, научившись решать некоторую задачу, осваивает также близкие к ней задачи, отличающиеся в деталях. Это – обучение *с использованием аналогии*. Способность учащегося осваивать предмет таким способом можно определять по тому, насколько далеко отстоят задачи, которые он решает самостоятельно, от тех, решение которых было объяснено учителем. Вторым подход

основан на концепции обобщения. Научившись решать несколько близких задач, отличающихся не особенно существенными деталями, обучающийся самостоятельно строит метод решения общей задачи, частным случаем которой являются все исходные. Здесь решающее значение имеет способность обучающегося к обобщению. На самом деле оба способа обучения – по аналогии и посредством обобщения – близки. Поэтому в когнитивной модели ученика оба эти способа рассматриваются совместно.

При переходе от отдельных транзакций к их цепочкам был рассмотрен важный пример из практики сети Интернет – получение нежелательной для пользователя информации и вирусов по электронной почте. Здесь в качестве "учителя" выступает источник спама, а в качестве ученика – получатель электронной корреспонденции. Получатель писем полагает обычно, что спам может рассматриваться на когнитивном уровне аналогий и обобщений (уровень 3), т.е. как обучение на примерах, поэтому широкое распространение получили фильтры, отбраковывающие нежелательные сообщения по ключевым словам или фразам, встречающимся в исходных примерах. Однако современные спамеры строят свои письма так, чтобы обратиться на более высокий уровень, тем самым избегая фильтрации с помощью автоматической системы, воспринимающей информацию на когнитивном уровне 3. Спамеры достигают этого теми же средствами, которые в филологии получили название эзоповых приемов или эзопова языка. В этом отношении описанная проблема оказывается весьма близкой исследованиям Л. В. Савинич, которая разработала классификацию эзоповых приемов.

Вице-президент Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ) и постоянный член Европейского координационного совета по искусственному интеллекту В. Л. Стефанюк в 2003 году выступил организатором и членом программного комитета ряда международных конференций:

- 18-я международная объединенная конференция по искусственному интеллекту (IJCAI-2003), Мексика, август 2003 (член программного комитета, координатор коллектива рецензентов).
- Международная конференция по многоагентным системам с интенсивным использованием знаний (KIMAS'03), г. Бостон, США, октябрь 2003 (плeнарный докладчик, председатель секции).
- Объединенная международная конференция по программированию на основе знаний, г. Протвино, август 2004. Объединенная конференция по программированию на основе знаний (JCKBSE2004) (В. Л. Стефанюк – сопредседатель конференции, А. В. Жожикашвили – председатель национального оргкомитета).
- Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2004), г. Тверь, октябрь 2004 (член программного комитета).
- Международная конференция IEEE "Интеллектуальные системы" (AIS'04), г. Дивноморское, 3-10 сентября (член программного комитета).
- IV российско-украинский научный семинар "Интеллектуальный анализ информации", г. Киев, 19-21 мая 2004 (член программного комитета).

ГРАНТЫ:

- Программа Президиума Российской академии наук "Математическое моделирование и интеллектуальные системы" (Госконтракт № 10002-251/П-16/097-096/310303-068): "Проблемы построения персональных обучающих систем на основе интеллектуальных человеко-машинных интерфейсов". Руководитель В. Л. Стефанюк.
- Российский фонд фундаментальных исследований (№ 02-01-00955): "Проблемы построения интеллектуальных человеко-машинных интерфейсов методами локально-организованных систем". Руководитель В. Л. Стефанюк.

ПУБЛИКАЦИИ В 2003 г.

1. Stefanuk V.L. – In: International Conference on Integration of Knowledge Intensive Multi-Agent Systems (KIMAS'03: Modeling, Exploration, and Engineering). Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2003. P. 432-437.
2. Stefanuk V.L. In Search for Hidden Meaning: Pospelov's Work on Applied Semiotics // International Conference on Integration of Knowledge Intensive Multi-Agent Systems (KIMAS'03: Modeling, Exploration, and Engineering). Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2003. P. 575-578.
3. Жожикашвили А.В., Стефанюк В. Л. Производственные сети: развитие теории ТК-продукций // Вестник Российского университета дружбы народов; серия "Прикладная и компьютерная математика". 2004. Т. 2. № 1. С. 118-126.
4. Стефанюк В. Л. Чему нас научили спаммеры? // Научная сессия МИФИ-2004. Сборник научных трудов. Т. 3: "Интеллектуальные системы и технологии". Министерство образования Российской Федерации. М: Московский инженерно-физический институт, 2004.
5. Стефанюк В.Л. Локальная организация интеллектуальных систем: Модели и приложения.– М.: Наука. Физматлит, 2004. 349 с. (в печати).