

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

**МАТЕРІАЛИ
ЩОРІЧНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ШКОЛИ-СЕМІНАРУ**

Частина 2

**БІОЛОГІЧНА І МЕДИЧНА
ІНФОРМАТИКА ТА
КІБЕРНЕТИКА**

(БМІК-2012)

Київ – 2012

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ
ЦЕНТР ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І
СИСТЕМ
КІБЕРНЕТИЧНИЙ ЦЕНТР

*МАТЕРІАЛИ
ЩОРІЧНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ШКОЛИ-СЕМІНАРУ*

Частина 2

*БІОЛОГІЧНА І МЕДИЧНА
ІНФОРМАТИКА ТА
КІБЕРНЕТИКА*

(БМІК-2012)

Фізико-математична школа, с. Жукин, Україна
18 – 22 червня 2012 року

Київ – 2012

УДК 61.681

Біологічна і медична інформатика та кібернетика (БМІК-2012): матеріали щорічної науково-технічної школи-семінару, ФМШ Жукин, 18–22 червня 2012 р. – Київ: НАН України, Міжн. науково-навчальний центр «ІТ і систем», 2012. – Ч. 2. – 176 с.

Розглянуто питання створення та впровадження інформаційних технологій для медицини, біології і екології. Представлені розробки алгоритмів та програмного забезпечення для реєстрації, накопичення та обробки даних, розробки технічних засобів, у тому числі інтелектуальні сенсори, прилади та інформаційно-вимірвальні системи, в першу чергу на основі неінвазивних чи безконтактних методик. Велику увагу приділено підвищенню ефективності медичної діагностики та лікування, прогнозування несприятливих екологічних ситуацій на основі сучасних досягнень інформатики щодо обробки та інтерпретації даних та виконання складних обчислень.

Редакційна колегія: доктор технічних наук М.М. Будник,
доктор медичних наук, професор О.С. Коваленко

Рецензент: доктор біологічних наук Л.М. Козак

Затверджено до друку на засіданні Вченої ради Міжнародного науково-навчального центру «ІТ і систем» НАН та МОН України,
протокол № ____ від ____ .06.2012 р.

ISBN 978-966-02-6443-4

© Колектив авторів, 2012
© Міжн. науково-навчальний центр «ІТ і систем» НАНУ та МОНУ, 2012

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ТЕПЛОВИЗОР

Гордиенко Э.Ю., Шустакова Г.В., Фоменко Ю.В., Глушук Н.И.
Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН
Украины

Медицинское тепловидение, основанное на анализе тепловых полей на поверхности тела человека, является мощным неинвазивным диагностическим методом, позволяющим выявить на ранней стадии множество заболеваний, в том числе тех, которые невозможно выявить другими методами [1].

В последние годы в связи с качественным улучшением характеристик тепловизоров интерес к медицинскому тепловидению возрастает во всем мире, но носит пока преимущественно научный характер [2,3]. На практике этот уникальный метод диагностики и контроля за эффективностью лечения используется недостаточно. Например, в Харькове с населением свыше 1,5 млн. человек можно назвать лишь несколько медицинских учреждений, проводящих регулярное тепловизионное обследование пациентов.

Причина этого, с одной стороны, в отсутствии разработанных и утвержденных Минздравом методик тепловизионной диагностики конкретных заболеваний (и вообще, опыта использования этого метода в медицине), с другой стороны, - в отсутствии серийных отечественных систем с доступной ценой. На украинском рынке представлен достаточный ассортимент импортных коммерческих тепловизионных систем с требуемыми параметрами, но заинтересованность в них медицинских учреждений ограничена высокой стоимостью таких систем и отсутствием в них специализированного программного обеспечения.

Одним из направлений деятельности Физико-технического института низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины является разработка различных конструкций тепловизионных систем [4-6]. Особенностью разработанных моделей является модульная конструкцией приборной и программной частей, что позволяет адаптировать изготовленные приборы под конкретные задачи тепловой диагностики, в том числе, медицинские и биологические, и модернизировать их в процессе эксплуатации.

В [7,8] представлены разработанные в ФТИНТ НАНУ медицинские модели тепловизоров, недостатками которых является механическое сканирование (небольшая частота кадров) и охлаждение приемника жидким азотом. Тем не менее, благодаря высоким техническим характеристикам и оригинальному программному обеспечению эти модели вызывают большой интерес и успешно используются в медицинских целях для анализа стационарных или медленно меняющихся тепловых полей человека [3,9].

Целью данной разработки было создание отечественного многоэлементного неохлаждаемого тепловизора, предназначенного для тепловизионного анализа не только стационарных, но и быстропротекающих процессов, в том числе биологических.

К сожалению, в Украине и других странах бывшего СНГ отсутствует технология изготовления качественных неохлаждаемых матриц большого формата. Однако в настоящее время некоторые фирмы, специализирующиеся на производстве оптико-электронных приборов, предоставили для свободной продажи ряд разработок инфракрасных (ИК) модулей OEM (Original Equipment Manufacturer) на основе неохлаждаемых матриц ИК детекторов большого формата, оснащенных минимальной электронной обвязкой для формирования видеосигнала в том или ином формате и предназначенных для построения на их основе завершенных тепловизионных систем с необходимыми параметрами.

В данной работе описывается тепловизор, разработанный на основе ИК модуля GUIDIR[®] IR118 (разработка фирмы “ULIS”, Франция) [10]. В состав модуля входят неохлаждаемая матрица болометрических детекторов FPA (Focal Plane Array) из аморфного кремния форматом (384x288) элементов [11], объединенная со схемой поэлементного считывания сигнала ROIC (Standard Readout Integrated Circuit), и цифровой препроцессор, обеспечивающий предварительную обработку сигнала (выравнивание чувствительности массива элементов матрицы и др.). Благодаря высоким параметрам преобразования регистрируемого излучения и пространственного разрешения (размер единичного элемента матрицы составляет (25x25) мкм), компактности, а также наличию цифрового выхода пользователя, на разъем которого выведены все необходимые для дальнейшего усовершенствования сигналы данных и синхронизации, модуль является идеальной основой для построения завершенных высококачественных систем тепловой диагностики, способных формировать кадры изображения с частотой до 50 Гц.

Для создания тепловизионной системы, рассмотренной в данной работе, модуль IR118 был дополнен необходимыми элементами оптической схемы и электронными блоками. Функциональная схема разработанной системы представлена на рис.1.

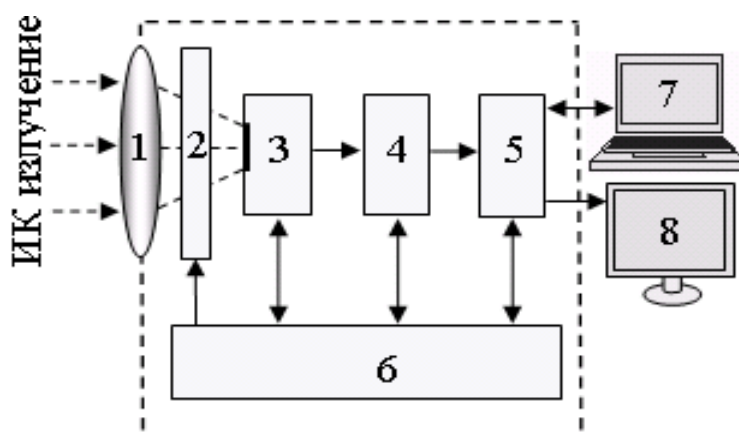


Рисунок 1. Функциональная схема многоэлементного тепловизора.

1 – объектив, 2- эталонный источник, 3 – ИК приемник, 4 – сигнальный процессор, 5 – интерфейсный модуль, 6 – электронный блок, 7 – персональный компьютер (или карманный персональный компьютер), 8 – телевизионный монитор.

Фокусировка ИК излучения в фокальной плоскости матрицы модуля IR118 (3) осуществляется при помощи германиевого объектива (1). Конструкция прибора предполагает использование нескольких сменных объективов в зависимости от специфики каждой конкретной задачи тепловой диагностики. Для медицинского применения был разработан и изготовлен широкоугольный 4-х линзовый объектив с фокусным расстоянием 50,9 мм, и относительным отверстием 1:1.

Цифровой сигнальный процессор ADSP2188 (4) связан с разъемом пользователя модуля IR118 и осуществляет дальнейшую обработку сигналов от элементов матрицы детекторов в цифровой форме. В частности, выполняет буферизацию кадров изображения в микросхеме статического оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) емкостью 512 Кбайт, усреднение кадров изображения в реальном времени для улучшения чувствительности, синхронизацию и покадровую передачу данных в интерфейсный электронный модуль (5).

Интерфейсный модуль выполнен на основе микросхемы FT245R, представляющей собой преобразователь цифровых данных в параллельном 8-ми битном коде в последовательный код, и обеспечивает формирование и передачу цифрового потока данных в персональный компьютер или карманный персональный компьютер (ПК, КПК) (7) со скоростью 12 Мбит/с в соответствии со спецификацией стандарта USB 1.1/2.0. Для согласования скоростей формирования кадра изображения и его передачи по USB каналу в интерфейсном модуле используется дополнительное статическое ОЗУ емкостью 256 Кбайт. Интерфейсный модуль имеет также композитный видеовыход для подключения телевизионного (TV) монитора (8).

Для проведения температурной калибровки измерительного тракта тепловизора используется эталонный излучатель (2) в виде металлической шторки с электромагнитным приводом. Шторка имеет известный коэффициент черноты ($\approx 0,98$), а ее температура контролируется при помощи полупроводникового микротермометра. Цифровой код, соответствующий температуре шторки и формируемый дополнительным 10-ти битным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), передается в ПК (КПК) вместе с другой информацией о каждом кадре изображения. В момент калибровки шторка перекрывает поле зрения матрицы таким образом, что электрический сигнал с каждого элемента пропорционален только мощности потока излучения с поверхности шторки.

Взаимодействие и синхронизация отдельных блоков тепловизора, генерация событий от органов управления осуществляется цифровой логикой дополнительного электронного блока (6).

Основные параметры разработанной системы приведены в табл., а внешний вид макета представлен на рисунке 2.

Таблица. Параметры разработанного тепловизора

Тип приемника	FPA (384 × 288)
Температура приемника, °С	неохлаждаемый
Спектральный диапазон, мкм	8 ÷ 14
Поле зрения, град.	26Н x 20V
Угловое разрешение, мрад.	1,2
Частота кадров, Гц	(10÷50)(USB), 30(TV)
Температурное разрешение при 30°С, °С	< 0,07
Точность измерения абсолютной температуры, %	±2



Рис.2. Внешний вид разработанного тепловизора

Визуализация теплового изображения на мониторе ПК или КПК и управление видеоблоком осуществляется через пользовательские интерфейсы оригинального программного обеспечения, разработанные на языке PPL (Pocket Programming Language) для операционной системы Windows XP и для операционной системы Windows Mobile.

При разработке программного обеспечения использовался модульный принцип построения программного кода. Это позволяет сравнительно легко расширять или изменять набор функций пользовательского интерфейса в зависимости от конкретных задач тепловой диагностики. Программный пакет имеет широкий набор основных функций: визуализацию теплового изображения на мониторе ПК (КПК) в цветах выбранной палитры, выбор активной цветовой палитры (черно-белая и 8 цветных палитр), регулировку яркости и контрастности теплового изображения, индикацию температуры в произвольном участке теплового изображения, построение термопрофилей в любом сечении, построение изотерм, сохранение термограмм и звукового комментария на жестком диске, просмотр сохраненных файлов термограмм и прослушивание звуковых комментариев, копирование графической информации в «буфер обмена» для подготовки отчетов и другие. Главная страница интерфейса для операционной

системы Windows XP показана на рисунке 3. На рисунке 4 представлены примеры термограмм, полученные на разработанном тепловизоре, причем правая термограмма получена при работе прибора в режиме ИК микроскопа.

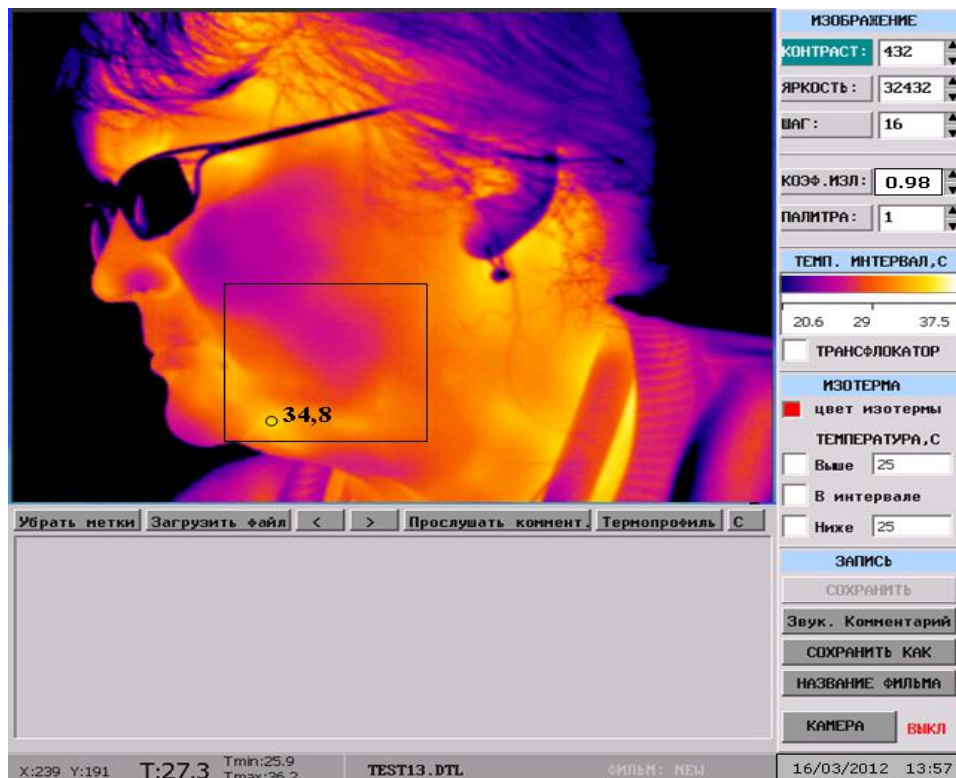


Рис.3. Главная страница интерфейса



Рис.4. Примеры термограмм, полученных на разработанном тепловизоре: слева – тепловое изображение кожи при гиноидной липодистрофии (целлюлите), справа – фрагмент поверхности пальца руки с открытыми каналами потовых желез (черные точки).

Преимуществом разработанного отечественного тепловизора на основе неохлаждаемой микроболометрической матрицы является блочная структура приборной и программной частей и гибкое оригинальное программное обеспечение, что позволяет изменять параметры прибора и блоки программы в соответствии с требованиями конкретной методики, соединять систему с другим медицинским или иным оборудованием, создавая общий интерфейс (например, при экспресс-селекции людей при проведении карантинных мероприятий), и др. Благодаря такой конструкции, разработанная тепловизионная система может быть адаптирована для решения любой конкретной задачи тепловой диагностики, в том числе, медицинской, биологической или научной.

В соответствии с основной целью наших разработок – способствовать практическому внедрению тепловизионных методов в отечественную медицину, на данный момент мы взаимодействуем с несколькими медицинскими учреждениями г. Харькова для совместной разработки специализированного программного обеспечения, которое позволит автоматизировать процедуру тепловизионного медицинского обследования, составление заключения по результатам обследований, обработку базы данных тепловых образов пациентов и др. с учетом специфики конкретных медицинских направлений.

Работа выполнена при финансовой поддержке НАН Украины в рамках научно-технического проекта «Разработка анализатора тепловых полей для научных исследований» (Программа научного приборостроения).

1. Diakides N. A. Medical Infrared Imaging // N.A. Diakides, J.D. Bronzino. - CRC Press, 2007. - 448 p.
2. Иваницкий Г. Р. Тепловидение в медицине / Г. Р. Иваницкий // Вестник Российской академии наук. - 2006. - т. 76, № 1. - С. 48-62.
3. Тепловизионная методика прогнозирования острого мукозита у онкологических больных / Г.В. Шустакова, В.Г. Ефременко, В.А. Новосад и др. // Кибернетика и вычислительная техника. - 2011. - вып. 164. - С.71-77.
4. Сайт ФТИНТ НАН Украины. Тепловизионный программно-аппаратурный комплекс ТК1 [Электронный ресурс]: http://www.ilt.kharkov.ua/bvi/technology/tk1/tk1_r-1.html.
5. Анализатор тепловых полей для лабораторных исследований / Е.Ю. Гордієнко, В.Г. Ефременко, Л.С. Керемет и др. // Радиоэлектроника и информатика. - 2010. - № 3. – С.57-62.
6. Многоэлементный тепловизор на основе неохлаждаемой болометрической матрицы / Э.Ю. Гордиенко, Н.И. Глушук, Ю.Я. Пушкарь и др. // ПТЭ. - 2012. - №4. - С.85-88.
7. Медичний інфрачервоний термограф / Е.Ю. Гордієнко, Ю.В. Фоменко, Г.В Шустакова, Г.С. Єфімова // Збірник доповідей 2-ї Науково-технічної школи-семінару «Біомедичні інформаційні технології в охороні здоров'я», м.Київ – Жукін. - 2009. - С.185-187.
8. A Broadband imaging system for research applications / V. Yefremenko, E. Gordiyenko, G. Shustakova et al. // Rev. of Scientific Instruments. - V.80, N.5. – 2009. - P.056104.
9. Диагностические возможности тепловидения в онкологии / Г.С. Ефимова, Г.В. Шустакова, Э.Ю. Гордиенко, Ю.В. Фоменко // Сборник трудов 5-го Съезда онкологов и радиологов СНГ, г.Ташкент. – 2008. - С.119.
10. Uncooled Thermal Imaging Module GUIDIR® [Электронный ресурс]: <http://www.wuhan-guide.com/Content.aspx?lang=en&id=48>
11. High Perfomance Uncooled Amorphous Silicon VGA IR FPA with 17 μm pixel-pitch / J.L.Tissot, F.Durand, Th.Garret et al // Proc. SPIE. - 2010. - V. 7660. - 7660 OT.

ЗМІСТ

№		Стор.
1	<i>Беклер Т.Ю.</i> Информационная технология оценки качества компьютерных алгоритмов анализа ЭКГ	1
2	<i>Пашинська С.Л.</i> Технологія формування інформаційного масиву для комплексного оцінювання стану здоров'я населення	3
3	<i>Рогозинська Н.С., Козак Л.М.</i> Моделювання динаміки медико-статистичних показників для порівняльного дослідження стану населення	6
4	<i>Царенко К.К.</i> Стандартизація передачі медичних зображень в Україні	8
5	<i>Галян Є.Б., Підопригора О.М., Шевченко А.Б.</i> Методика тренувань дрібної моторики китиці. Програми та топологія сигналів керування	11
6	<i>Волощук Е.В.</i> Эффективность применения одномерных и многомерных методов статистики при расчете интегральных показателей	14
7	<i>Лебедушко Т.Ю.</i> Фазовые портреты ЭКГ в задачах медицинской диагностики	18
8	<i>Романюк О.А.</i> Возможности применения Интернета для выполнения научно-исследовательских задач	20
9	<i>Шередеко Ю.Л.</i> Модель семантического пространства субъекта – архитектура и динамика смыслов: типы, норма и отклонения	22
10	<i>Ярошенко М.О.</i> Оценка и мониторинг состояния здоровья триатлониста	32
11	<i>Багацький О.</i> Кількісна оцінка якості надання комунальних послуг	34
12	<i>Чайковський І., Риженко Т., Будник М.</i> Економічна ефективність МКГ порівняно із загальноприйнятими методами клінічної діагностики щодо ІХС	42
13	<i>Козловский В.</i> Изменение электрофизиологии предсердий при персистирующей форме мерцательной аритмии	45
14	<i>Риженко Т., Козловський В., Будник М.</i> Кількісні параметри магнітного поля та розподілу струмів при МКГ картуванні у хворих на ІХС	46
15	<i>Козловский В.</i> Желудочковая тахикардия: возможность прогнозирования у больных острым инфарктом миокарда	48
16	<i>Козловський В., Риженко Т.</i> Дослідження можливостей методу магнітокардіографії для вивчення електрофізіологічних змін при ІХС	50
17	<i>Ляхно В., Минов Д., Шнырков В., Будник Н.</i> Разработка конструкции стеклоклопластикового гелиевого криостата для 9-канального кардиомагнитного сканера	51
18	<i>Наджафیان М.</i> Обработка и формирование карт распределения плотности тока разных классов	55
19	<i>Наджафیان М., Васильєв В.</i> Методика попередньої обробки магнітокардіограм	62
20	<i>Орел В.Е., Шевченко А.Д., Романов А.В., Бурлака А.П., Лукін С.М., Щепотін І.Б.</i> Магнітні властивості карциноми легені Льюїс та	

	протипухлинного магнітного наноконкомплексу	71
21	<i>Риженко Т.</i> Особливості проведення клінічних випробувань кардіомагнітного сканера	79
22	<i>Риженко Т., Будник М.</i> Розробка методики виконання вимірювань для багатоканального СКВІД-магнітометра	85
23	<i>Риженко Т., Будник М.</i> Розробка метрологічного забезпечення багатоканального магнітокардіографа	90
24	<i>Риженко Т., Будник М., Чайковський І.</i> Розробка протоколу клінічних випробувань для 9-канального кардіомагнітного сканера	98
25	<i>Фролов Ю., Сутковий П., Будник В.</i> Розробка вимог до програмного забезпечення 9-канальної модифікації кардіомагнітного сканера	108
26	<i>Фролов Ю.</i> Розробка програми керування та синхронної реєстрації МКГ та ЕКГ сигналів для 9-канального кардіомагнітного сканера	113
27	<i>Гордиенко Э.Ю, Шустакова Г.В., Фоменко Ю.В., Глуцук Н.И.</i> Многоэлементный медицинский тепловизор	121
28	<i>Турутанов О.Г., Ляхно В.Ю., Шнырков В.И.</i> Стохастический резонанс в сверхпроводящих интерферометрах с sis и scs контактами: численное моделирование	127
29	<i>Горбунов О.А.</i> Видеоанализ движений в реабилитационном осмотре неврологических больных	134
30	<i>Горбунов О.А., Горбунов О.О.</i> Особенности организации защиты информации в медицинских информационных системах	136
31	<i>Горбунов О.А., Попов А.А., Осадчий Е.А., Ткаченко В.В.</i> Вопросы построения антропоморфных механизмов для нейрореабилитации	138
32	<i>Кривова О.А., Коваленко О.С.</i> Проблемы, трудности и решения в задачах статистической оценки дифференциации региональных медико-демографических процессов	140
33	<i>Лаута А.Д. Підпригора О.М.</i> Нейропластичність як основа реабілітаційного потенціалу в практиці відновного лікування рухів	143
34	<i>Чайковский И.А., Кальниш В. В., Кривова О.А., Ена Т.А., Фролов Ю.А., Ена А.А.</i> Объективная и субъективная реакция на эмоционально окрашенные видеостимулы	146
35	<i>Храмов В., Устищенко В., Судаков О., Кононов М., Будник Н.</i> Создание web-портала для моделирования и мониторинга техногенных ситуаций в Грид	154
36	<i>Вовк М.И., Горбанев В.Н., Шевченко А.Б.</i> Реабилитационный потенциал программ тренировки движений аппаратом Тренар-02	161
37	<i>Закорчений О., Будник М.</i> Розробка методики обчислення шкали градацій для 4-8-значних вирішувальних правил та їх інтерпретація для біомедичних застосувань	163
38	<i>Закорчений О., Будник М., Риженко Т.</i> Розробка методики синтезу порогового та 3-значного нечітких вирішувальних правил для адаптивної дискримінації	169