

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ СТРУКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ ДЛЯ ПРИБОРОВ НЕИНВАЗИВНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

А.П. Тарасов^{1,2}

tarasov.ap@phystech.edu

Д.А. Рогаткин¹

rogatkin@monikiweb.ru

¹ Московский областной научно-исследовательский клинический институт (МОНИКИ) им. М.Ф. Владимирского, Москва, Российская Федерация

² Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Обоснована возможность создания программного обеспечения с универсальной структурой верхнего уровня для приборов неинвазивной медицинской спектродофотометрии с использованием среды графического программирования LabVIEW. Для достижения этой цели предложено использовать модульную структуру построения программы, при которой специализированные модули, связанные непосредственно с измерениями и обработкой данных измерений, работают независимо от общих модулей, предназначенных для работы со служебной текстовой информацией и базами данных, и не имеющих сильных отличий для разных методов неинвазивной медицинской спектродофотометрии

Ключевые слова

Функциональная диагностика, спектродофотометрические методы, программное обеспечение, среда графического программирования LabVIEW, базы данных

Поступила 21.12.2018

© Автор(ы), 2019

Оптические неинвазивные методы в медицинской диагностике в настоящее время получают широкое распространение благодаря их высокой чувствительности, дешевизне, преимуществам получения данных в реальном времени, неповреждающему ткани (прижизненному, *in vivo*) характеру измерений и т. д. [1]. Неинвазивная медицинская спектродофотометрия (НМС) как одно из направлений оптической медицинской диагностики основывается на зависимости совокупных спектральных оптических свойств (коэффициентов отражения, поглощения, рассеяния света) биологических тканей от их функционального состояния (норма, воспаление, опухоль и т. п.) и морфологической структуры, количественного содержания различных веществ-хромофоров и флюорофоров в тка-

нях, которые, в свою очередь, также обладают своими уникальными оптическими характеристиками [2, 3]. Сегодня активно развиваются и входят в медицинскую практику такие методы НМС, как оптическая тканевая оксиметрия (включая пульсоксиметрию и церебральную оксиметрию) [4, 5], лазерная флуоресцентная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния [6–8], лазерная доплеровская флоуметрия [9] и другие оптические методы исследования микрогемодинамики *in vivo* [10]. Все эти методы призваны в режиме реального времени отслеживать различные прижизненные физиологические параметры био-тканей, органов и систем, а также их динамику во времени, среди которых можно отметить частоту пульса, форму и скорость распространения пульсовой волны, процентное содержание оксигемоглобина крови микроциркуляторного русла и более глубоких тканей (параметр, кратко называемый также оксигенацией или сатурацией крови), объемное кровенаполнение, перфузию тканей кровью, качественное и количественное содержание определенных биохимических веществ (меланина, билирубина, глюкозы, жиров, порфиринов, коллагена) [4–11]. Приборы для реализации всех перечисленных методов сегодня, как правило, создаются по блочно-модульной структуре и представляют собой аппаратно-программные комплексы, большая доля функций которых реализуется программно за счет развитого и проблемно-ориентированного программного обеспечения (ПО) [12].

Общая структура ПО приборов НМС была рассмотрена ранее в работах [13–15]. Все ПО таких приборов можно разделить на два основных уровня. Первый, нижний, уровень образует ПО микроконтроллеров (микрочипов), осуществляющих управление работой оптоэлектронных блоков (излучателей, фотоприемников), аналого-цифровое преобразование сигнала, его первичную обработку и передачу на следующий уровень для анализа и вычислений, так как первичные физические измеряемые величины (например, мощность оптического излучения) не являются сами по себе значимой медицинской информацией [13]. Второй, или верхний, программный уровень, называемый также основной программой в [15], предназначен для формирования интерфейса пользователя и отвечает за отображение всех измеренных данных, их обработку соответствующими физико-математическими методами НМС с получением конечного медико-биологического результата, сохранение его в базе данных (БД), обработку служебной информации пациентов и т. п. Согласно модели «клиент–сервер» функции верхнего уровня делят между собой два подуровня: программа сбора данных, находящаяся на сервере и осу-

шествующая опрос средств измерения и вторичную обработку сигналов, и программа получения, обработки и отображения данных, установленная на компьютере клиента и предназначенная для отображения измеренных данных в визуально-понятной для врача форме, вычислений по этим данным необходимых диагностических параметров, работы с БД, вывода необходимой информации на печать и т. д. [14]. В работе [15] в отдельный уровень выделяется еще программа обработки информации в БД, которая в настоящей работе рассматривается как элемент основной программы. Иногда, в зависимости от поставленных задач, добавляют дополнительные уровни, служащие надстройкой к указанным программным уровням. Так, в работе [16] в качестве дополнения указывается уровень медицинской информационной системы, предназначенный для статистического анализа данных. Ясно, что многие функции, выполняемые основной программой, являются общими для многих типов приборов и измерений в НМС, поэтому использование некой универсальной компоновочной схемы основной программы представляется весьма логичным решением. Однако до последнего времени этот вопрос слабо был освещен в профильной литературе. Цель настоящей работы — обоснование возможности построения ПО верхнего уровня по единой универсальной структуре для всех или большинства методов и приборов НМС.

Обеспечить такую универсальность можно за счет модульного принципа при построении основной программы. При этом важно, чтобы отдельные модули, отвечающие каждый за свою функцию (работа с личными данными пациентов, настройка аппаратной части, калибровка, измерение, сохранение массивов данных и др.), могли вызываться и выполняться независимо друг от друга. Это позволяет организовать компоновку программы, при которой можно легко извлекать, заменять или добавлять специализированные модули, предназначенные для какого-либо определенного типа измерений, оставляя при этом общие модули для обработки служебной информации и работы с БД практически неизменными (рис. 1). Причем заменяемые модули могут быть предназначены для работы как с разными приборами, так и с разными исполнениями одного и того же прибора, что несомненно удобно и практично при разработке каждого модуля независимо от других модулей и основной программы. Разумеется, между отдельными модулями для их взаимодействия могут быть при необходимости проведены отдельные каналы. В наиболее удобном для пользователя случае общая часть программы должна быть построена так, чтобы автоматизированно адаптироваться под подключаемый модуль.

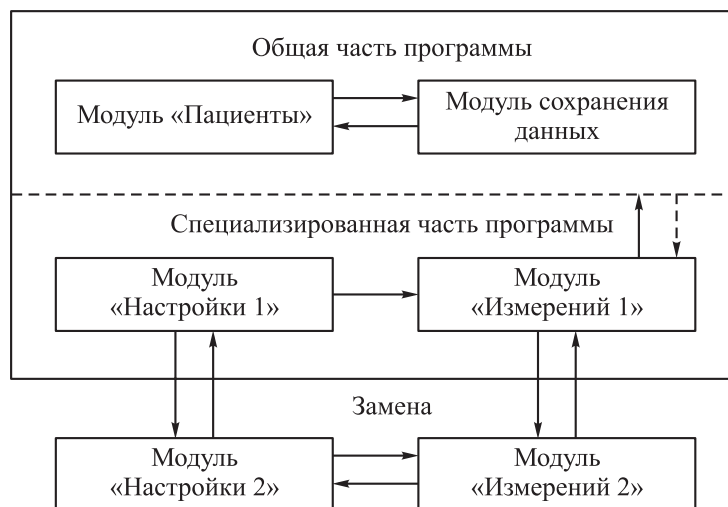


Рис. 1. Схема универсальной компоновки основной программы, отражающей принцип модульности; здесь для простоты изображено всего четыре модуля: два общих (модуль для работы с данными пациентов и модуль сохранения данных измерений) и два специализированных (модуль настроек и модуль измерений)

В общем случае модули для работы со служебной информацией, куда могут входить, например, модули для работы с личными данными пациентов и информацией о лечащих врачах, определяются протоколом работы с конкретной системой управления базами данных (СУБД) и структурой самой БД. А модуль сохранения, помимо зависимости от протокола работы с СУБД, взаимодействует, как было указано ранее, с модулями измерений и анализа, получая от них результаты измерений для последующего сохранения в БД и/или в файловую систему управляющего персонального компьютера (УПК) и вывода необходимой информации на печать. Формально, конечно, и специализированные модули, относящиеся к работе с измеренными данными, могут зависеть от общих модулей, но такая зависимость в правильно построенной программе не должна быть определяющей. Так, модуль анализа может использовать некоторые данные пациентов, запрашивая их у модуля работы со служебными данными пациентов (возраст, рост, вес и т. п.). Указанную иерархичность символизирует штриховая стрелка на рис. 1.

На рис. 2 приведен пример пользовательского интерфейса, который визуально отражает модульный принцип построения основной программы (программа реализована в среде графического программирования LabVIEW). В данном случае использован элемент управления Tab Control,

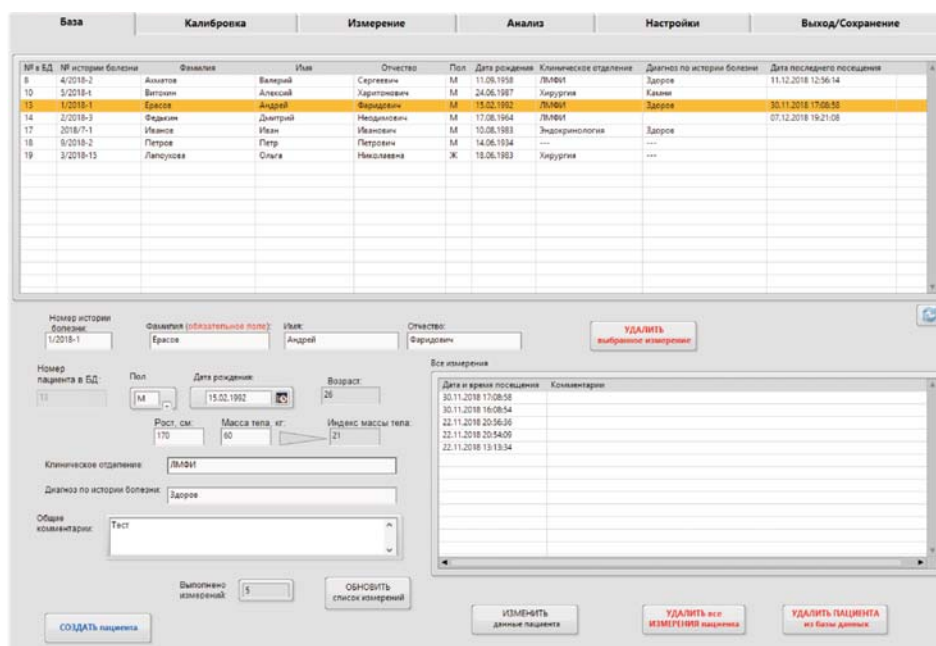


Рис. 2. Пример пользовательского интерфейса, отражающий модульный принцип построения основной программы (LabVIEW)

в котором были созданы вкладки «База», «Калибровка», «Измерение», «Анализ» и «Выход/Сохранение», отражающие соответствующие специализированные и общие программные модули. Переключение между этими вкладками в процессе выполнения программы может осуществляться в любое время. Такой вид пользовательского интерфейса, конечно же, не является обязательным, но он непосредственно следует из программной составляющей. И наоборот, построение основной программы из отдельных модулей, возможно, является наиболее простым способом программной реализации такого интерфейса.

Упрощенная блок-схема основной программы, отвечающей указанным условиям, приведена на рис. 3. В этом примере после старта программы по умолчанию запускается модуль «Пациенты» (соответствующий вкладке «База» на рис. 2), предназначенный для работы со служебной информацией пациентов, в том числе для создания/удаления пациентов в БД, загрузки/удаления выбранных измерений и т. п. Далее в ходе выполнения основного цикла программы пользователь может начать работу с любым имеющимся модулем и легко переходить от модуля к модулю (см. рис. 2). После того как работа закончена, пользователь имеет возможность сохранить результаты измерений в БД или выйти из программы без сохранения. Перед выходом программа проверяет, были ли сохранены измеренные данные.

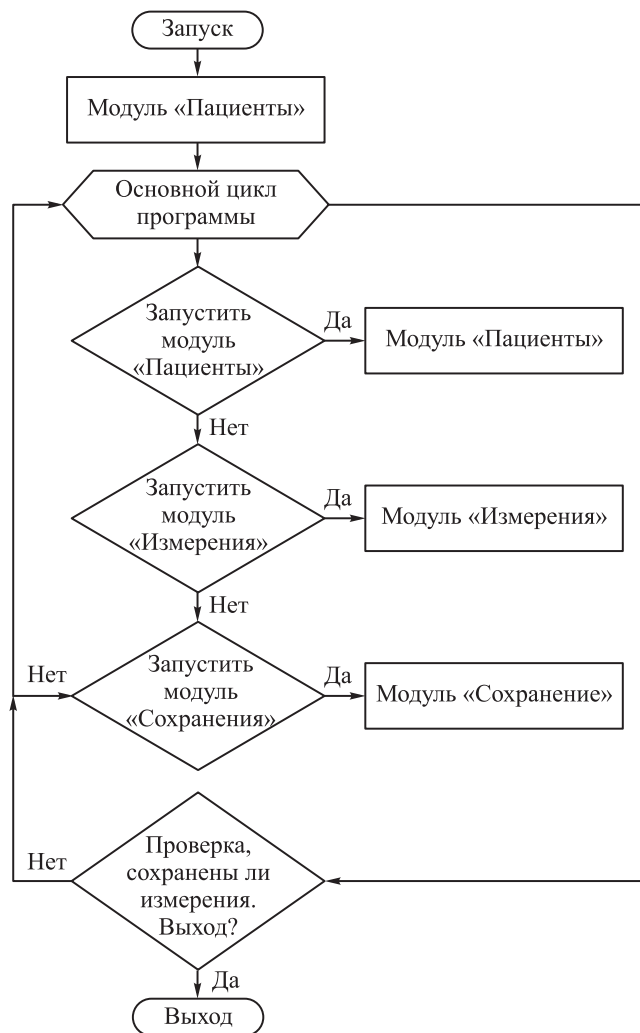


Рис. 3. Упрощенная блок-схема основной программы, отвечающая модульному принципу построения программы

При таком подходе структура БД в простейшем случае отражает структуру основной программы. В ней ведутся таблицы, содержащие служебную информацию о пациентах и проведенных измерениях — общая часть БД, независимая от типа проводимых измерений, а также таблицы с данными измерений — специализированная, «заменяемая» часть (рис. 4). В таблице «Измерения» хранится информация о дате и времени, когда были проведены измерения, записываются идентификаторы пациентов, которым принадлежат измерения, а также содержатся указатели на таблицы с массивами измеренных данных. В зависимости от типа измерений каждая строка в таблицах с измеренными данными («Измерение 1», «Измерение 2» и т. д.) (рис. 4) может соответствовать, например, определенной длине волны при

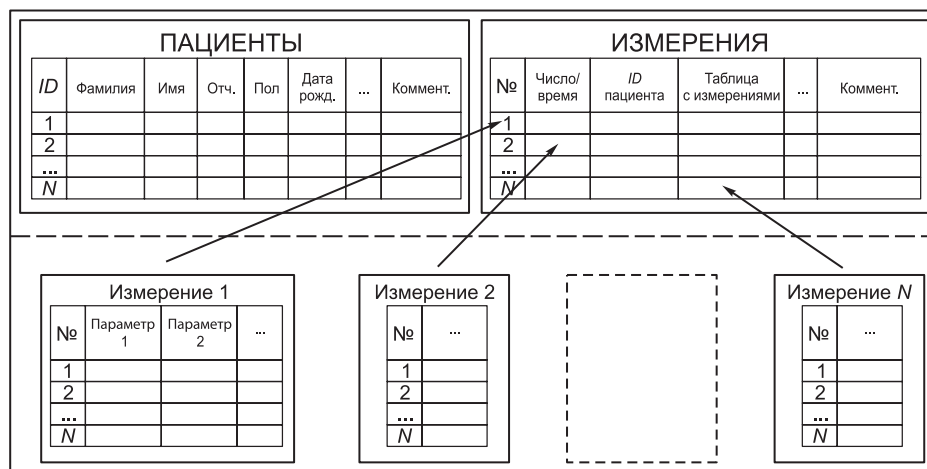


Рис. 4. Схема структуры БД

регистрации спектра оптического сигнала или моменту времени при записи какого-либо сигнала как функции времени (например, фотоплетизмограммы). Такая таблица может содержать огромный объем информации, занимающий десятки и сотни тысяч строк, что определяется количеством элементов ПЗС-сенсора при спектральном разложении, частотой опроса прибора и общим временем измерений при регистрации сигнала в режиме реального времени. Если сохранение большого количества данных не требуется, а нужны лишь рассчитанные по измеренным данным медико-биологические параметры, то в БД может быть создана лишь одна таблица, содержащая результаты всех измерений. Однако часто, особенно на этапе разработки какого-либо нового метода и/или прибора, необходимо сохранять все измеренные, в том числе и первичные, данные для отработки алгоритмов и анализа данных.

В качестве СУБД удобно выбрать MySQL Server, которая, являясь весьма простой в использовании, обладает достаточным для рассматриваемой задачи функционалом, требует незначительных ресурсов и, в отличие, например, от Microsoft Access, распространяется бесплатно. Кроме того, MS Access обладает существенным недостатком: размер ее БД ограничен 2 ГБ [16]. Для решения этой проблемы можно создать еще одну БД или воспользоваться функцией сжатия файлов и папок файловой системы УПК, что позволит на какое-то время уменьшить текущий размер БД, однако все эти задачи лягут на плечи пользователя. Поэтому СУБД MS Access, применяемая для хранения относительно небольшого объема данных, как, например, в случае, рассмотренном в работе [16], не подходит для исследований, в которых регистрация каких-либо параметров ведется длительно в режиме реального времени (режим мониторинга). При использова-

нии MS Access в этом случае измеренные данные могут быть сохранены непосредственно в файловой системе УПК только в виде файлов с форматами типа .txt, .dat и т.п.

В среде LabVIEW для связи с СУБД (в том числе MySQL) могут быть использованы средства библиотеки LabVIEW Database Connectivity Toolkit или какой-либо сторонней библиотеки, например открытой библиотеки LabSQL [17]. Взаимодействие между базами данных MySQL и LabVIEW достаточно легко устанавливается посредством использования программного интерфейса ODBC.

Заключение. Использование предложенной универсальной модульной структуры при построении основной программы позволяет упростить процесс разработки, отладки и изменения ПО прибора и самой методики исследований. Кроме того, рассмотренные в настоящей работе принципы могут быть применимы не только при разработке ПО приборов НМС, но и для более общего случая медицинских диагностических приборов, в частности приборов функциональной диагностики, регистрирующих любые физиологические данные пациента как функцию времени (электрокардиографы, электромиографы, спирометры и т. д.).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тучин В.В., ред. Оптическая биомедицинская диагностика. В 2 т. М., Физматлит, 2007.
- [2] Рогаткин Д.А., Лапаева Л.Г. Перспективы развития неинвазивной спектрофотометрической диагностики в медицине. *Медицинская техника*, 2003, № 4, с. 31–36.
- [3] Rogatkin D., Shumskiy V., Tereshenko S., et al. Laser-based non-invasive spectrophotometry an overview of possible medical application. *Photonics Lasers Med.*, 2013, vol. 2, no. 3, pp. 225–240. DOI: 10.1515/plm-2013-0010
- [4] Steppan J., Hogue C.W.Jr. Cerebral and tissue oximetry. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.*, 2014, vol. 28, no. 4, pp. 429–439. DOI: 10.1016/j.bpa.2014.09.002
- [5] Тарасов А.П., Егоров А.И., Дроздов Д.В. Оптическая тканевая оксиметрия: проблемы применения в функциональной диагностике. *Медицинский алфавит*, 2017, т. 2, № 22, с. 48–52.
- [6] Рогаткин Д.А. Физические основы лазерной клинической флюоресцентной спектроскопии in vivo. Лекция. *Медицинская физика*, 2014, № 4, с. 78–96.
- [7] Marcu L. Fluorescence lifetime techniques in medical applications. *Ann. Biomed. Eng.*, 2012, vol. 40, no. 2, pp. 304–331. DOI: 10.1007/s10439-011-0495-y
- [8] Jermyn M., Desroches J., Aubertin K., et al. A review of Raman spectroscopy advances with an emphasis on clinical translation challenges in oncology. *Phys. Med. Biol.*, 2016, vol. 61, no. 23, pp. R370–R400. DOI: 10.1088/0031-9155/61/23/R370

- [9] Rajan V., Varghese B., van Leeuwen T.G., et al. Review of methodological developments in laser Doppler flowmetry. *Las. Med. Sci.*, 2009, vol. 24, no. 2, pp. 269–283. DOI: 10.1007/s10103-007-0524-0
- [10] Рогаткин Д.А. Физические основы современных оптических методов исследования микрогемодинамики in vivo. *Медицинская физика*, 2017, № 4, с. 75–93.
- [11] Smirnova O.D., Rogatkin D.A., Litvinova K.S. Collagen as in vivo quantitative fluorescent biomarkers of abnormal tissue changes. *J. Innov. Opt. Heal. Sci.*, 2012, vol. 5, no. 2, pp. 1250010. DOI: 10.1142/S1793545812500101
- [12] Рогаткин Д.А., Лапаева Л.Г. Комплексный биотехнический подход на этапе идейно-технического проектирования многофункциональных диагностических систем для медицинской неинвазивной спектродофотометрии. *Биомедицинская радиоэлектроника*, 2008, № 8-9, с. 89–97.
- [13] Rogatkin D.A. Basic principles of organization of system software for multifunctional noninvasive spectrophotometric diagnostic devices and systems. *Biomed. Eng.*, 2004, vol. 38, no. 2, pp. 61–65. DOI: 10.1023/B:BIEN.0000035722.72246.bf
- [14] Бессонов А.С., Колбас Ю.Ю., Рогаткин Д.А. Виртуальные диагностические приборы в медицинской неинвазивной спектродофотометрии. *Технологии живых систем*, 2007, т. 4, № 1, с. 50–57.
- [15] Бессонов А.С., Дронов И.В., Колбас Ю.Ю. и др. Особенности проектирования аппаратно-программного комплекса для функциональной диагностики системы микроциркуляции крови. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2013, № 1, с. 65–83.
- [16] Microsoft Access specifications. *Microsoft*: веб-сайт. URL: <https://support.office.com/en-us/article/access-specifications-0cf3c66f-9cf2-4e32-9568-98c1025bb47c> (дата обращения: 15.10.2018).
- [17] LabVIEW Open Source Tools. *jeffreystavis*: веб-сайт. URL: <http://jeffreystavis.com/lost/labsql.html> (дата обращения: 15.10.2018).

Тарасов Андрей Петрович — инженер лаборатории медико-физических исследований ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского (Российская Федерация, 129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2); младший научный сотрудник лаборатории квантово-механических усилителей и генераторов ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН (Российская Федерация, 125009, Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7).

Рогаткин Дмитрий Алексеевич — д-р техн. наук, заведующий лабораторией медико-физических исследований ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского (Российская Федерация, 129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Тарасов А.П., Рогаткин Д.А. Универсальность структуры программного обеспечения верхнего уровня для приборов неинвазивной медицинской спектродофотометрии. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2019, № 2, с. 104–115. DOI: 10.18698/0236-3933-2019-2-104-115

UNIVERSALITY OF THE TOP-LEVEL SOFTWARE STRUCTURE FOR NONINVASIVE SPECTROPHOTOMETRIC DIAGNOSTIC DEVICES

A.P. Tarasov^{1,2}

tarasov.ap@phystech.edu

D.A. Rogatkin¹

rogatkin@monikiweb.ru

¹ **Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI) named after M.F. Vladimirskiy, Moscow, Russian Federation**

² **Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation**

Abstract

The paper justifies the possibility of creating software with a universal top-level structure using LabVIEW for noninvasive spectrophotometric diagnostic devices. To attain these ends it is proposed to use a modular structure of the program where specialized modules directly associated with measurements and processing measurement data work independently of common modules designed for working with service textual information and databases, and having no strong differences for different non-invasive medical spectrophotometry methods

Keywords

Functional diagnostics, spectrophotometric methods, software, graphic programming environment LabVIEW, databases

Received 21.12.2018

© Author(s), 2019

REFERENCES

- [1] Tuchin V.V., ed. Handbook of optical biomedical diagnostics. SPIE Publications, 2002.
- [2] Rogatkin D.A., Lapaeva L.G. Prospects for development of noninvasive spectrophotometric medical diagnosis. *Biomed. Eng.*, 2003, vol. 37, no. 4, pp. 217–222 (in Russ.). DOI: 10.1023/B:BIEN.0000003304.00591.e7
- [3] Rogatkin D., Shumskiy V., Tereshenko S., et al. Laser-based noninvasive spectrophotometry an overview of possible medical application. *Photonics Lasers Med.*, 2013, vol. 2, no. 3, pp. 225–240. DOI: 10.1515/plm-2013-0010
- [4] Steppan J., Hogue C.W.Jr. Cerebral and tissue oximetry. *Best Pract. Res. Clin. Anaesthesiol.*, 2014, vol. 28, no. 4, pp. 429–439. DOI: 10.1016/j.bpa.2014.09.002
- [5] Tarasov A.P., Egorov A.I., Drozdov D.V. Optical tissue oximetry: problems of application in functional diagnostics. *Meditinskiy alfavit* [Medical alphabet], 2017, vol. 2, no. 22, pp. 48–52 (in Russ.).
- [6] Rogatkin D.A. Physical foundations of laser clinical fluorescence spectroscopy in vivo. Lecture. *Meditinskaya fizika* [Medical Physics], 2014, no. 4, pp. 78–96 (in Russ.).


- [7] Marcu L. Fluorescence lifetime techniques in medical applications. *Ann. Biomed. Eng.*, 2012, vol. 40, no. 2, pp. 304–331. DOI: 10.1007/s10439-011-0495-y
- [8] Jermyn M., Desroches J., Aubertin K., et al. A review of Raman spectroscopy advances with an emphasis on clinical translation challenges in oncology. *Phys. Med. Biol.*, 2016, vol. 61, no. 23, pp. R370–R400. DOI: 10.1088/0031-9155/61/23/R370
- [9] Rajan V., Varghese B., van Leeuwen T.G., et al. Review of methodological developments in laser Doppler flowmetry. *Las. Med. Sci.*, 2009, vol. 24, no. 2, pp. 269–283. DOI: 10.1007/s10103-007-0524-0
- [10] Rogatkin D.A. Physical foundations of modern optical methods for diagnostics of microhemodynamics in vivo. Lecture. *Meditinskaya fizika* [Medical Physics], 2017, no. 4, pp. 75–93 (in Russ.).
- [11] Smirnova O.D., Rogatkin D.A., Litvinova K.S. Collagen as in vivo quantitative fluorescent biomarkers of abnormal tissue changes. *J. Innov. Opt. Heal. Sci.*, 2012, vol. 5, no. 2, pp. 1250010. DOI: 10.1142/S1793545812500101
- [12] Rogatkin D.A., Lapaeva L.G. Complex bio-technical approach on a stage of ideological-technical designing of multifunctional diagnostic systems for noninvasive medical spectrophotometry. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedical Radioelectronics], 2008, no. 8-9, pp. 89–97 (in Russ.).
- [13] Rogatkin D.A. Basic principles of organization of system software for multifunctional noninvasive spectrophotometric diagnostic devices and systems. *Biomed. Eng.*, 2004, vol. 38, no. 2, pp. 61–65. DOI: 10.1023/B:BIEN.0000035722.72246.bf
- [14] Bessonov A.S., Kolbas Yu.Yu., Rogatkin D.A. Virtual diagnostic instruments in noninvasive medical spectrophotometry. *Tekhnologii zhivyykh sistem* [Technologies of Living Systems], 2007, vol. 4, no. 1, pp. 50–57 (in Russ.).
- [15] Bessonov A.S., Dronov I.V., Kolbas Yu.Yu., et al. Peculiarities of designing of hardware and software complex for functional diagnostics of the blood microcirculation system. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Priborostr.* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Instrum. Eng.], 2013, no. 1, pp. 65–83 (in Russ.).
- [16] Microsoft Access specifications. *Microsoft*: website. Available at: <https://support.office.com/en-us/article/access-specifications-0cf3c66f-9cf2-4e32-9568-98c1025bb47c> (accessed: 15.10.2018).
- [17] LabVIEW Open Source Tools. *jeffreystavis*: website. Available at: <http://jeffreystavis.com/lost/labsql.html> (accessed: 15.10.2018).

Tarasov A.P. — Engineer, Laboratory for Medical and Physical Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI) named after M.F. Vladimirov (Shchepkina ul. 61/2, Moscow, 129110 Russian Federation); Research Assistant, Laboratory of Quantum Mechanical Amplifiers and Generators, Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics, Russian Academy of Sciences (Mokhovaya ul. 11, korp. 7, Moscow, 125009 Russian Federation).

Rogatkin D.A. — Dr. Sc. (Eng.), Head of the Laboratory for Medical and Physical Research, Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI) named after M.F. Vladimirskiy (Shchepkina ul. 61/2, Moscow, 129110 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Tarasov A.P., Rogatkin D.A. Universality of the top-level software structure for non-invasive spectrophotometric diagnostic devices. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2019, no. 2, pp. 104–115 (in Russ.). DOI: 10.18698/0236-3933-2019-2-104-115

	<p>В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана вышло в свет учебное пособие авторов Э.Н. Самохвалова, Г.И. Ревункова, Ю.Е. Гапанюка</p> <p>«Введение в проектирование и разработку приложений на языке программирования C#»</p> <p>Представлены основы языка программирования C#. Рассмотрены среда исполнения .NET, конструкции языка C# и объектно-ориентированное программирование на нем, работа с коллекциями, файловой системой, рефлексией, а также параллельная обработка данных. Приведено введение в технологию разработки оконных пользовательских интерфейсов Windows Forms. Для студентов, изучающих информатику и вычислительную технику в МГТУ им. Н.Э. Баумана.</p> <p>По вопросам приобретения обращайтесь: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1 +7 (499) 263-60-45 press@bmstu.ru http://baumanpress.ru</p>