МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СТРАЖЕ ДОЛГОЛЕТИЯ

УДК 681.518.2, 616-073.65

ББК 53.4

DOI:10.33065/2307-1052-2020-1-31-115-121

Автоматизированная система хранения, обработки и визуализации данных суточной термометрии человека

Абаев Дмитрий Владимирович,

студент факультета математики, информационных и авиационных технологий, ORCID ID: 0000-0003-0361-9418, Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия

Цыганова Юлия Владимировна,

доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационных технологий факультета математики, информационных и авиационных технологий, ORCID ID: 0000-0001-8812-6035, Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия

Аннотация. Вследствие большого объема данных термометрии их ручное исследование представляет собой очень трудоемкую задачу. Вследствие этого появляется потребность в разработке автоматизированной системы обработки данных, настроенной на специфические потребности пользователя-эксперта. Авторами разработана автоматизированная система для хранения, обработки и визуализации данных суточной термометрии человека. Данные термометрии получают с помощью таблетки-термометра (iButton), которая автономно считывает температуру кожного покрова человека каждые 5 минут на протяжении суток. Прикладная программа позволяет анализировать данные температурных кривых с целью извлечения дополнительной информации при постановке клинического диагноза. В частности, полученные от температурных датчиков данные визуализируются, предварительно подвергнувшись специальной предобработке (удаление аномальных измерений), также для них высчитываются статистические характеристики.

Ключевые слова: практическая медицина, статистическая обработка медицинских данных, суточная термометрия здорового человека, автоматизированная система обработки данных, аномальные измерения.

Automated System for Storing, Processing and Visualising Daily Human Thermometry Data

Abaev Dmitry V.,

Student, School of Mathematics, Information and Aviation Technologies, ORCID ID: 0000-0003-0361-9418, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

Tsyganova Iulia V.,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Information Technologies, School of Mathematics, Information and Aviation Technologies, ORCID ID: 0000-0001-8812-6035, Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia

Abstract. Due to the large volume of thermometry data, manual investigation is a very time-consuming task. As a result, there is a need for the development of an automated data processing system that is tuned to the specific needs of an expert user. The authors have developed an automated system for storing, processing and visualising daily human thermometry data. Thermometry data is obtained using a tablet thermometer (iButton), which autonomously reads the temperature of the skin of a person every 5 minutes during a day. The application program allows you to analyse temperature curve data in order to extract additional information when making a clinical diagnosis. The data obtained from temperature sensors are visualised, having previously undergone special pre-processing (removal of anomalous measurements), and statistical characteristics are also calculated for them.

Keywords: practical medicine, statistical processing of medical data, daily thermometry of a healthy person, automated data processing system, anomalous measurements.

Введение. В настоящее время цифровые решения применяются во многих областях знаний, в том числе, и в медицине [Стентон 1998; Ланг, Сесик 2011; Методы статистической обработки... 2012]. На практике возникает ситуация, когда врачу необходимо исследовать изменение температуры пациента через конечные интервалы времени за сутки. Для чего это нужно? Современные специалисты могут выявить некоторые специфические заболевания (например, малярия), исследуя процесс изменения температуры в организме человека. Однако, вручную измерять температуру пациента каждые пять минут очень неудобно.

Одним из решений автоматизации мониторинга процесса суточной термометрии является технологическое устройство iButton. Оно выглядит как небольшая таблетка, которая прикрепляется к кожному покрову тела пациента на заданный интервал времени (например, сутки), установленный врачом.

Рисунок 1. iButton.

Устройство iButton (см. рис. 1) – автономный регистратор, являющийся уникальным устройством мониторинга температуры и влажности [Symmetron 2020]. Внутри корпуса из нержавеющей стали, выдерживающего удары и вибрацию, находится электронная схема. Регистратор iButton содержит микросхему со встроенным датчиком температуры и часовой кварц для отсчета точного времени, а также устройство для защиты от электростатического разряда. Источником энергии служит плоская круглая литиевая батарея с длительным сроком службы. Для цифрового обмена данными по протоколу 1-Wire используются два контакта: контакт данных (верхняя крышка) и контакт заземления (корпус). В регистраторе, предназначенном для наблюдений за влажностью, имеется также датчик влажности и соответствующая схема управления.

Целью работы является создание автоматизированной системы для хранения, обработки и визуализации данных суточной термометрии человека.

1. Существующие аналоги. Для чтения данных суточной термометрии с устройства iButton разработано программное обеспечение “OneWireViewer” [Maximintegrated 2020]. Это бесплатная программа, позволяющая пользователю легко осуществлять операции чтения и записи с iButton на персональный компьютер с операционной системой Windows через USB-порт. Здесь также можно отметить, что “OneWireViewer” – это демонстрационное приложение, написанное на языке программирования Java, для изучения возможностей микросхем iButton или 1-Wire. Оно автоматически находит микросхемы iButtons или 1-Wire в сети 1-Wire, а затем отображает их серийные номера и описание соответствующих функций и параметров меню. Данное программное обеспечение поддерживает функции большинства устройств 1-Wire, включая температуру, влажность, регистрацию данных, переключение, аналого-цифровое преобразование и функции памяти, средство просмотра журнала температуры для Thermochron.

В [Petrova, Afanasova 2015: 3287] представлена прикладная программа “Temperature Data Converter”. Она представляет собой два программных модуля. Первый – преобразователь данных термометрии, второй – программное обеспечение для их моделирования и обработки. Программа написана на языке Borland Delphi для ОС Microsoft Windows.

2. Средства разработки. Представленная в данной работе автоматизированная система хранения, обработки и визуализации данных суточной термометрии человека написана в среде разработки IntelliJ IDEA Community на языке программирования Java (12 SDK) [Informatics 2020]. Выбор данного языка программирования не случаен. Java поддерживает объектно-ориентированную парадигму программирования, что делает процесс разработки и написания кода более удобным с точки зрения разработчика. Помимо этого, Java обеспечивает разработчика огромным набором стандартных библиотек, обеспечивающих функциональные возможности от стандартного ввода/вывода и сетевых протоколов до графических пользовательских интерфейсов. Благодаря широким возможностям языка Java, графический интерфейс в автоматизированной системе был реализован при помощи встроенных библиотек Swing и AWT (Abstract Window Toolkit). Они гарантируют корректный вывод данных, обеспечивая отображение встроенными средствами запускаящей среды. В случае, если в среде нет необходимых компонентов, виртуальная Java-машина (JVM) предложит свой вариант отображения, независимый от запускаящей платформы. Для реализации системы управления базами данных (СУБД) был выбран язык MySQL. Взаимодействие с самой базой данных осуществляется при помощи JDBC (Java Database Connectivity). Это некий общий стандарт, применяемый для совместимости их продукта и интерфейса JDBC. Для отображения содержимого БД в виде графиков использован API JFreeChart-1.5.0. Это API с открытым исходным кодом

предназначено специально для работы с графиками, диаграммами и т.п. Имеет гибкие настройки и функционал, полезные для пользователей.

Разработанная программа поддерживает и ручной ввод данных. Для работы с календарной датой использован API JDatePicker-1.3.2. Это позволило сделать ввод намного удобнее, так как для пользователя отображается привычный календарь.

3. Описание базы данных. Изначально на вход программы подавались уже готовые данные термометрии “RawData”, которые затем подвергались предобработке. Для более удобного и эффективного использования и представления созданная таблица “PatientInfo” содержит необходимую информацию о пациенте – id пациента, его полное имя, заметки врача. При необходимости в дальнейшем данную таблицу можно будет дополнить и улучшить. Далее идет таблица замеров “Measurement”. Она содержит id замера, область (место) замера (левая подмышечная впадина, правая подмышечная впадина и т.д.), идентификационный номер пациента, температуру тела (в градусах Цельсия) на конкретный момент времени замера, календарную дату и время замера в двадцати четырехчасовом формате. На рис. 2 показан наглядный пример представления структуры базы данных.

Рисунок 2. ER-модель представления БД

4. Описание реализованных алгоритмов. В данном разделе представлены некоторые функциональные возможности разработанной программы.

Метод “getMarkedRows” определяет помеченные строки в таблице данных. Метод “unselectAll” снимает выделения строк в таблице данных. В программе есть возможность строить графики по имеющимся данным. В случае, когда данные в таблице окажутся не отсортированными, автоматически построенный график может отображаться некорректно из-за нарушенной хронологической последовательности записей. Во избежание подобных ситуаций в программе предусмотрена функция “sorting”. Она принимает в качестве входного аргумента список выбранных записей. После этого создается новый список, содержащий списки записей, упорядоченных в хронологическом порядке.

Не менее важным является связка методов “showChartPanel”, “reEnableChartButtons”, “frameOutOfRoof” и “correctLocation”. Они отвечают за корректное изменение размеров окна. В случае, если окно при увеличении размера выйдет за границы экрана, данные методы помогут моментально исправить положение. Они переместят окно таким образом, чтобы оно полностью было видимо на экране пользователя.

5. Краткое описание автоматизированной системы. При запуске программы появляется окно интерфейса. Далее при нажатии на кнопку “Показать панель добавления”,

окно горизонтально увеличится в размерах, отобразив ранее скрытую панель “Панель добавления”.

ID пациента	Положение	ID замера	ID даты	Температура	Время замера
1	Подмышка	1	25325	37.4	Sun Jan 19 10:36:23 GST 2020
1	Подмышка	2	164	37.8	Sun Jan 19 11:36:23 GST 2020
1	Подмышка	3	163	38.5	Sun Jan 19 12:36:23 GST 2020
1	Подмышка	4	1872	37.9	Sun Jan 19 13:36:23 GST 2020
2	Подмышка	5	928	37.1	Sun Jan 19 10:15:23 GST 2020
2	Подмышка	6	7033	37.3	Sun Jan 19 10:20:23 GST 2020
2	Подмышка	7	627	37.7	Sun Jan 19 10:25:23 GST 2020
2	Подмышка	8	629	38.2	Sun Jan 19 10:30:23 GST 2020
0		0	0	0.0	Thu Jan 01 04:00:00 GST 1970

Рисунок 3. Загрузка данных из БД

Далее следует нажать кнопку 2 “Запись из БД”. Это означает, что программа в автоматическом режиме считает данные из базы данных и внесет их в таблицу (см. рис. 3). Если же подключение к базе данных отсутствует, то следует нажать кнопку 1 “Ручная запись”. Панель добавления изменит свой вид. Пользователю необходимо заполнить все поля. После заполнения всех полей, следует нажать кнопку “Записать”. После этого в таблицу будет внесена новая запись с указанными ранее в панели добавления данными (см. рис. 4).

ID пациента	Положение	ID замера	ID даты	Температура	Время замера
1	Подмышка	1	25325	37.4	Sun Jan 19 10:36:23 GST 2020
1	Подмышка	2	164	37.8	Sun Jan 19 11:36:23 GST 2020
1	Подмышка	3	163	38.5	Sun Jan 19 12:36:23 GST 2020
1	Подмышка	4	1872	37.9	Sun Jan 19 13:36:23 GST 2020
2	Подмышка	5	928	37.1	Sun Jan 19 10:15:23 GST 2020
2	Подмышка	6	7033	37.3	Sun Jan 19 10:20:23 GST 2020
2	Подмышка	7	627	37.7	Sun Jan 19 10:25:23 GST 2020
2	Подмышка	8	629	38.2	Sun Jan 19 10:30:23 GST 2020
0		0	0	0.0	Thu Jan 01 04:00:00 GST 1970
4	Подмышка	14	2	37.1	Sun Jan 12 16:57:00 GST 2020

Рисунок 4. Ручной ввод данных

Для дальнейшего анализа данных специалистами необходимо построить график. Сначала выведем на экран данные, нажав кнопку “Отобразить диаграмму” (см. рис. 5). Далее выберем все записи с одинаковыми значениями поля “ID пациента”. Пусть ID = 1

(см. рис. 5, желтая рамка). Далее нажимаем кнопку 3 “Выбрать пациента” (на рис. 5 она называется “Поменять пациента”, т.к. пациент уже выбран), затем кнопку 4 “Обработать диаграмму”. Программа в автоматическом режиме построит график по данным, которые были выделены в таблице ранее.

Рисунок 5. Работа с диаграммой

Теперь, чтобы добавить данные на график, нужно выбрать дополнительные записи из таблицы, а затем снова нажать на кнопку “Обработать диаграмму”. Чтобы проанализировать данные другого пациента, следует нажать на кнопку 3 “Поменять пациента”. Выделенные записи станут вновь не выделенными, однако график по-прежнему сохранится.

Таким образом, разработанная автоматизированная система обладает следующими функциональными возможностями: с ее помощью пользователь может визуализировать отображение данных термометрии, добавлять данные о пациентах вручную или автоматизировано, редактировать внесенные данные. Имеется возможность поиска аномальных измерений температуры и их замены на усредненные значения [Серышева 2018:67; Рудницкая 2017: 866]. Автоматический поиск аномальных измерений позволяет определить вышедший из строя или плохо закрепленный датчик.

Заключение. В работе представлена автоматизированная информационная система для хранения, обработки и визуализации данных суточной термометрии человека. Система имеет возможность ручного внесения данных о результатах термометрии с последующим выводом выбранной информации на экран в виде наглядного графика.

В будущем функционал программы планируется расширить путем доработки старых алгоритмов и добавления новых, таких как:

- реализация более дружелюбного интерфейса;
- усовершенствование алгоритмов нахождения аномальных измерений;
- усовершенствование алгоритмов устранения аномальных измерений;
- усовершенствование структуры базы данных;
- поддержка импорта данных;
- статистический анализ данных термометрии;
- адаптивное стохастическое моделирование процесса суточной термометрии.

Источники и литература:

1. Стентон Г. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. М.: Практика, 1998. 459 с.
2. Ланг Т. А., Сесик М. Как описывать статистику в медицине. М.: Практическая Медицина, 2011. 480 с.
3. Методы статистической обработки медицинских данных: Методические рекомендации для ординаторов и аспирантов медицинских учебных заведений, научных работников / сост.: А. Г. Кочетов, О. В. Лянг, В. П. Масенко, И. В. Жиров, С. Н. Наконечников, С. Н. Терещенко. М.: РКНПК, 2012. 42 с.
4. Symmetron. [Электронный ресурс]. URL: <http://old.symmetron.ru/suppliers/maxim/maxim-11.shtml> (дата обращения 17.01.2020).
5. Maximintegrated. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.maximintegrated.com/en/products/ibutton/software/1wire/OneWireViewer.cfm> (дата обращения 17.01.2020).
6. Petrova E. S., Afanasova A. I. Software tools for data modelling and processing of human body temperature circadian dynamics. // 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Milan. 2015. P. 3287 – 3290.
7. Informatics. [Электронный ресурс]. URL: https://web.informatics.ru/works/17-18/web_online/barabanov_n_v/language_java.html (дата обращения 18.01.2020).
8. Серышева И. А. Фильтрация выбросов в задачах статической и динамической обработки данных в эталонах времени частоты. // Вестник ИрГТУ. 2018. Т. 22. № 10. С. 67 – 77.
9. Рудницкая Ю. Ю. Методы определения шумов и выбросов в структуре используемых данных на примере длительности обработки судозахода на нефтяном терминал. // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. 2017. № 4(44). С. 866 – 873.