

УДК 004.9

DOI 10.52575/2687-0932-2021-48-1-142-149

Основные способы получения информации о биологических объектах

Поспелов А.А., Серебровский В.В., Закурдаева Е.В.
Краснодарское высшее военное училище им. Штеменко С.М.,
Россия, 350063, г. Краснодар, ул. Красина д. 4
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»,
Россия, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94
E-mail: pospeloff23@rambler.ru, sv1111@mail.ru, arheya@mail.ru

Аннотация. В статье описываются методы получения информации о деятельности биологических объектов. Наиболее универсальное отражение состояния биологического объекта показывает температура, так как является характеристикой мощности инфракрасного излучения. В работе отмечается, что при анализе результатов исследования используются методы визуального отображения информации, позволяющие не только отображать информацию о температуре в точках измерения, но и на основе данных измерений строить двумерные карты распределения температур. Также рассматривается возможность использования вычислительных систем в диагностических комплексах.

Ключевые слова: биообъекты, биологические системы, методы получения информации, программно-технические средства, системный анализ биообъектов, измерительная электроника.

Для цитирования: Поспелов А.А., Серебровский В.В., Закурдаева Е.В. 2021. Основные способы получения информации о биологических объектах. Экономика. Информатика, 48 (1): 142–149. DOI: 10.52575/2687-0932-2021-48-1-142-149.

Basic ways of obtaining information about biological objects

Aleksandr A. Pospelov, Vadim V. Serebrovskii, Elena V. Zakurdaeva
Krasnodar higher military school by Shtemenko S. M., 350063, Russia, Krasnodar, Krasina str., 4
South-Western state University, 94, 50 let Oktyabrya str., Kursk, 305040, Russia
E-mail: pospeloff23@rambler.ru, sv1111@mail.ru, arheya@mail.ru

Abstract. The article describes methods for obtaining information about the activities of biological objects. The most universal reflection of the state of an object shows temperature as a characteristic of infrared power. The paper notes that when analyzing the research results, methods of visual display of information are used, which make it possible not only to display information about the temperature at the measurement points, but also to build two-dimensional maps of temperature distribution based on the measurement data. The use of computing systems in diagnostic systems is also considered, which allows not only to increase the processing speed of incoming information, but also to obtain additional information about the processes under study. Modern diagnostic systems use both general-purpose software packages and specialized PC software products for processing incoming data. The existing tools for collecting primary information and analyzing data on biological objects, used in practice, have a clearly expressed specialization, which is focused on achieving high performance indicators when solving a narrow range of tasks. Currently released software and hardware diagnostic systems cannot exchange the received data for joint analysis. There are no universal systems of mass use in diagnostic systems.

Keywords: biological objects, biological systems, methods of obtaining information, software and hardware, a systematic analysis of biological objects, measuring electronics.

For citation: Pospelov A.A., Serebrovskij V.V., Zakurdaeva E.V. 2021. The method of constructing binary decision diagram for the programming of decision tables. Economics. Information technologies, 48 (1): 142–149 (in Russian). DOI: 10.52575/2687-0932-2021-48-1-142-149.

Введение

Одной из важных задач изучения биологических систем является определение текущего состояния биообъектов. Для проведения исследования необходимо наличие достаточно доступной аппаратуры и исследований. Электрофизиологические сигналы, широко используемые в диагностике, по своей природе сложные. У них отсутствует стационарность и периодичность, часто они имеют слабую структурированность и специфические отличия. Задача формального выделения информационных признаков в электрофизиологических сигналах в настоящее время не решена. Существующие средства сбора первичной информации и анализа данных о биообъектах, применяемые на практике, имеют явно выраженную специализацию, которая ориентирована на достижение высоких показателей эффективности при решении узкого круга задач. Выпускаемые в настоящее время программно-технические комплексы диагностики не могут обмениваться получаемыми данными для совместного анализа. В диагностических системах отсутствуют универсальные системы массового применения. В этой связи актуальным является проведение научных исследований, направленных на совершенствование теории обработки электрофизиологических сигналов и разработка подходов к проектированию универсальных технических средств массового применения, предназначенных для обработки информации о биообъектах.

В статье рассматриваются основные способы получения информации о биологических объектах.

Основные способы получения информации о биологических объектах

Электрические потенциалы, так называемые биопотенциалы образуются в процессе жизнедеятельности биологических объектов [Шамонин, Костюк 2017].

Биолограмма, наглядно отображающая волновые процессы системы, является по сути портретом сложной биологической системы. Для изучения волновых процессов биосистем применяется «Эффект Кирлиан», т.е. свечение объектов в электромагнитном поле, которое описано в литературе, например, [Шадури, Чичинадзе, 2002].

Биологические объекты являются источниками излучения. Для исследования волновой структуры биообъектов применяется метод БЭО–томографии (БЭО — биологическая эмиссия и оптическое излучение), который позволяет получать полную информацию о биообъекте путем съемки излучения.

Часто функционирование сложной биологической системы сопровождаются звуками. Для их регистрации применяется метод, называемый фонокардиография. При помощи специальных технических устройств, называемых фонокардиографами, осуществляют запись фонокардиограммы. Специальное устройство регистрирует звуки и преобразует их в видимое изображение, которое выводится на экран монитора или может быть отпечатана на бумажном носителе. Часто проводят одновременно регистрацию звуков и электрические сигналы, что позволяет в дальнейшем проводить совместный анализ полученных результатов.

Развитие технологий исследований сложных биообъектов идет по пути увеличения объема информации, предоставляемой исследователю возможность визуальной оценки происходящих процессов.

Температура — самое универсальное отражение деятельности биологических объектов. Температура, с физической точки зрения представляет собой мощное инфракрасное излучение. Определенная доля теплового излучения нагретого тела приходится на диапазон волн с длинами около 15 см — микроволновое, или сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение. Чем выше температура объекта, тем более интенсивно он испускает СВЧ–излучение. Достоинство тепловизионной диагностики состоит в том, что прибор не создаёт помех для работы биологической системы. То есть это метод пассивной диагностики.

Полученная и преобразованная информация отображается на экране монитора или фотопленке. Таким образом, появилась возможность видеть визуализированную

«температурную карту» биологического объекта, что подробно описано в работе [Ткаченко, Голованова, Овечкин, 1999].

Для увеличения содержания информации используется специализированное программное обеспечение, позволяющее представить результаты обследования в удобной для врача форме. [Колесов, Анцыферов, Голубь, Ширяев, 2001].

Радиотермометрия относится к абсолютно безвредным методам функциональной диагностики, поскольку прибор работает в режиме принимающей антенны. Поэтому противопоказаний и ограничений к применению этого метода нет.

Радиотермометр регистрирует СВЧ–излучение от нагретого объекта. Мощность СВЧ–поля нагретого объекта в миллион раз слабее мощности инфракрасного излучения, при регистрации встает проблема качественного усиления, фильтрации помех и тому подобное.

При анализе результатов исследования используются методы визуального отображения информации, позволяющие не только отображать информацию о температуре в точках измерения, но и на основе данных измерений строить двумерные карты распределения температур.

Дальнейшим развитием метода глубинной радиотермометрии является разработка прибора, позволяющего проводить сканирование температур исследуемой области по глубине — термотомографа.

Термотомограф является прибором нового класса и его отличие от обычного, «точечного» радиотермометра, в том, что длина волны принимаемого микроволнового излучения у него переменная. Это позволяет приводить исследование температуры на разных глубинах, а компьютерная система обработки результатов представляет картину распределения температур в виде двухмерного графика.

Томография дословно переводится с греческого языка как изображение слоев. Этот метод диагностики возник сравнительно недавно, в 70-е годы, благодаря исследованиям американских ученых Г. Хаунсфильда и Дж. Амброуза. Используя традиционное проникающее рентгеновское излучение, они применили принципиально новую технологию. Томография является одним из вариантов рентгенологической съемки. Томограф позволяет изучать изображение объекта «в разрезе».

Полные изображения и изображения, а также «полные биологические» изображения. Рентген радиального рентгена, Рентгеновский снимок под рентгеном, Рентген, Рентген, Рентген, Рентген, Рентген, Рентген, Рентген, Рентген Lo tanto, рентгеновские лучи, рентгеновские лучи, рентгеновские лучи, рентгеновские лучи обеспечиваются lo tanto, которые присутствуют в ciertas Restriciones и la frecuencia в компьютерной томографии. Переносной компьютер специального назначения для визуализации с радиальным пропусканием рентгеновских лучей и получения заднего цветного изображения: Десять лучших портативных компьютеров X giratorio que se mumu alrededor de un objeto estacionario, «портативный компьютер». Lostomógrafoscomputarizados допускает проходы от 2 до 10 мм, с классом escaneo от 2 до 5 мм, представленных белым и черным.

На данный момент одним из самых распространенных современных методов исследования является компьютерная томография. Помимо традиционной томографии сегодня уже освоена одна из ее современных перспективных модификаций — кинематическая томография. Этот метод позволяет наблюдать работу той или иной части биообъекта в движении.

Основным преимуществом компьютерной томографии перед другими методами диагностики является точность полученных результатов.

Рентгеновское и другие виды ионизирующего излучения составляют группу методик, использующихся в диагностических целях. Среди методов рентгенодиагностики выделяют основные и вспомогательные методы. Основные методы рентгенодиагностики - рентгеноскопия, рентгенография и рентгенофлюорография.

Эндорадиометрия

Миниатюризация электронной аппаратуры привела к дальнейшему развитию методов электрического измерения неэлектрических величин. Современная микроэлектроника способна создать датчики минимального размера. Например, производятся датчики давления, имеющие в диаметре всего 2-3 мм. Эти датчики могут вживляться в биообъект.

Другие примеры использования миниатюрных датчиков – это радиозонды, имеющие форму пилюли. Источником питания для таких датчиков служат микроаккумуляторы. [Петрова, Серебровский, 2018]. Для обработки сигналов от миниатюрных датчиков используются специальные приёмные устройства, использующие радиоконтуры с высоким коэффициентом усиления. Для фиксации показаний используются универсальные регистраторы.

Диагностические вычислительные программно–аппаратные системы

Использование вычислительных систем в диагностических комплексах позволяет не только увеличить скорость обработки поступающей информации, но и получить дополнительную информацию об исследуемых процессах. Современные диагностические комплексы используют для обработки поступающих данных компьютер. Для регистрации сигналов используются универсальные аналого–цифровые преобразователи [Мирошников, Адипов, Гершанович, Мельникова, 1981]. Для исследования полученных данных используются как программные пакеты общего назначения, так и специализированные программные продукты.

Программные пакеты компьютерной математики общего назначения используются для определения, в первую очередь, статистических параметров. Наиболее распространённые – среднее, среднеквадратичное отклонение, дисперсия, коэффициент вариации и другие. Математическая обработка позволяет уменьшить избыточность исходных данных и определить общие характеристики исследуемых процессов.

Другой пример использования математических программ общего назначения – это частотный анализ, прежде всего, различные модификации преобразования Фурье для периодических функций. Гармонические составляющие дают информацию об изменениях исследуемой функции во времени.

Среди программных продуктов наибольшее распространение получили программные продукты справочного назначения, представляющие собой электронный вариант справочников и созданные на их основе экспертные системы [Дьяконов, 2001].

Специализированные программы менее требовательны к уровню подготовки пользователей. Одной из таких разработок является комплекс «ОМИС» [Дьяконов, 2001].

На начальных этапах развития компьютерной техники специализированное программное обеспечение разрабатывалось на ЭВМ третьего поколения. Возможности этих программ и, главное, удобство использования были небольшие. Известны системы, разработанные для больших ЭВМ такие как SARF, Interspace, Merlin, Promenade и OLPARS (Sammon и Chernofs) и другие. В последующем эти системы были адаптированы для персональных ЭВМ. Так же для ПЭВМ разработаны специализированные системы [Устинов, Ситарчук, Корневский, 1995]: CASNET, MYCIN. МОДИС, КОНСУЛЬТАНТ-2 и другие.

В настоящее время наметилась тенденция к тому, что все программные продукты имеют похожий функционал, представляющий собой комбинацию методов математической статистики и экспертных систем. Отдельным направлением является разработка систем «искусственного интеллекта», основанных на применении нейронных сетей и правилах нечёткой логики.

Одной из наиболее известных компьютерных систем поддержки принятия решений является программа HES-EKG, разработанная отделом обработки биосигналов Медицинского института г. Ганновер (Германия) [Buchanan, Shortliffe, 1984].

Моделирование сложных биологических систем

Цель компьютерного моделирования систем — исследовательские испытания системы. Моделирование позволяет получить предварительную информацию без натуральных или лабораторных испытаний. Моделирование применяется тогда, когда проведение натуральных испытаний невозможно из-за возможности повреждения биологической системы. На модели можно проверить состояния, которых тяжело достичь в натурном эксперименте. Современные компьютеры обладают большим набором средств математического моделирования. Это относится не только к моделированию сложных биологических систем. Во многих случаях физиология еще не располагает необходимыми данными для составления модели. В этом случае пользуются предположительной, или эвристической моделью.

В моделировании систем всегда используется блок оценки адекватности и эффективности модели. Например, при регрессионном моделировании с использованием аппроксимирующих функций оценка выполняется с использованием коэффициента вариации и других статистических показателей [Gordori, Shortliffe, 1985].

Часто задачей моделирования является упрощение системы для рассмотрения наиболее важных параметров и реакций сложной биологической системы. То есть в моделях используются только наиболее значимые зависимости реальной системы.

В настоящее время имеются готовые, достаточно сложные, математические и компьютерные модели многих сложных биологических систем. Наиболее известная из них — биологический нейрон, который является развитием «перцептрона Розенблата». В модели нейрон имеет несколько входов, каждому входу ставится в соответствие весовой коэффициент и один выход (Рисунок 1). Нейрон производит суммирование входных воздействий с учетом соответствующих весовых коэффициентов. Результат на выходе определяется пороговой функцией.

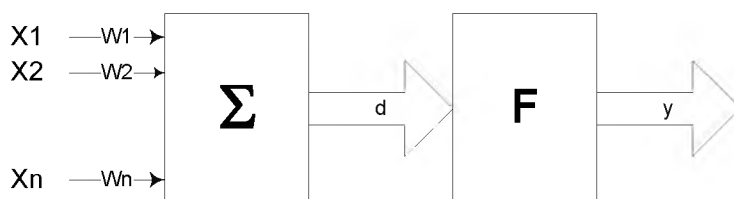


Рис. 1. Модель биологического нейрона

Fig. 1. Model of a biological neuron

Нейроны образуют нейронную сеть. Будучи настроены соответствующим образом нейронные сети применяются для решения широкого круга задач [Попечителей, Корневский, 2006].

Заключение

Анализ существующих технических и программных средств получения данных о сложных биологических системах и поддержки принятия решений позволяет выделить основные типы данных, обрабатываемых в биологических системах.

Установлено, что в практических диагностических системах отсутствуют универсальные системы массового применения.

Существующая классификация систем электроники, в основе которой лежит область применения устройств, не дает представления о способах обработки данных исследований.

Ни одна из известных систем не учитывает использование конкретных средств воздействия на объект и последствия этого воздействия.

Список литературы

1. Электромиографическое распознавание биопотенциалов человека. Шамонин Вадим Павлович, Костюк Дмитрий Александрович Страницы: 41-44 ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ РАЗРАБОТЧИКОВ СВОБОДНЫХ ПРОГРАММ Калуга, 22–24 сентября 2017 года Тезисы докладов. Ответственный редактор В.Л. Черный. 2017 Издательство: ООО "МАКС Пресс" (Москва)

2. Современная наука: Биологическая география - новый информационный подход к исследованию живых систем [Электронный ресурс]. / М. Шадури, Г. Чичинадзе. – 2002 г. –Режим доступа: <http://www.forum.cnews.ru>.
3. Новые методы ранней диагностики болезней [Электронный ресурс]. / Ю.А. Ткаченко, М.В. Голованова, А.М. Овечкин. –1999г. Режим доступа: <http://www.nnov.city.ru>.
4. Колесов, С.Н. Построение медицинских систем распознавания тепловизионных образов. / С.Н. Колесов, С.С. Анцыферов, Б.И. Голубь, С.В. Ширяев. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2001г. –№ 1, – 196 с.
5. Мирошников, М.М. Тепловидение и его применение в медицине. / М.М. Мирошников, В.И. Адипов, М.А. Гершанович, В.П. Мельникова. –М.: Медицина, 1981г. –183 с.
6. Дьяконов, В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. / В.П. Дьяконов. – М.:Нолидж, 2001г. –1296 с.
7. Устинов, А.Г. Автоматизированные медико-технологические системы. / А.Г. Устинов, Е.А. Ситарчук, Н.А. Корневский. –Курск: Изд-во КГТУ, 1995г. –368 с.
8. Buchanan, B.C. Rule Expert Systems — the MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. / B.C. Buchanan, E.N. Shortliffe. –Addison - Wesley, 1984.
9. Gordori, J. A Method for Managing Evidential Reasoning in a Hierarchical Hypotheses Space. / J. Gordori, E. Shortliffe. // AIJ - 1985. Vol. 26.
10. Петрова Т.В., Серебровский В.В., Рыбочкин А.Ф., Филист С.А., Томакова Р.А. Методология оценки синхронности системных ритмов для компьютерных технологий мониторинга функционального состояния живых систем. // Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2018). VII Международная научно-техническая конференция. Сборник трудов конференции//Петрова Т.В., Серебровский В.В. и др. - Курск: ЮЗГУ, - 2018. - 566 с.
11. Попечителей, Е.П. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. В 4 ч. Ч.1. / Е.П. Попечителей, Н.А. Корневский. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т., 2006г, –156 с.
12. Сурушкин М.А., Нестеров В.Г., Игрунова С.В., Нестерова Е.В. Метод интегральной оценки функционального состояния кардиореспираторной системы человека с использованием экспертного балльного и рангового оценивания. – Белгород: Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 2020. Т. 47(1). с. 196–204.
13. Королев М.В., Королева Л.Ю., Мотиенко А.И. Применение метода динамического программирования Беллмана при реализации высоконадежных систем обработки электронных медицинских данных. – Белгород: Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 2019. Т. 46 (4). с. 689–699.
14. Корсунов Н.И., Ушакова С.Н. Структура нейрокомпьютерной системы классификации сигналов. – Белгород: Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 2019. Т. 46 (3). с. 496–502.
15. Балабанова Т.Н., Трапезникова И.В. Синтез панорамных изображений и их использование в цитогенетических исследованиях. – Белгород: Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 2018. Т. 45 (4). с. 760–768.
16. Аверин Г.В., Звягинцева А.В., Швецова А.А. О подходах к предсказательному моделированию сложных систем. – Белгород: Научные ведомости Белгородского государственного университета. Экономика. Информатика. 2018. Т. 45 (1). с. 140–148.

References

1. Modern science: Biogeography - a new informational approach to the study of living systems [Electronic resource]. / M. Shaduri, G. Chichinadze. –2002 –Access mode: <http://www.forum.cnews.ru>. (Современная наука: Биологическая география - новый информационный подход к исследованию живых систем [Электронный ресурс]. / М. Шадури, Г. Чичинадзе. – 2002 г. – Режим доступа: <http://www.forum.cnews.ru>.)
2. New methods of early diagnosis of diseases [Electronic resource]. / Yu.A. Tkachenko, M.V. Golovanova, A.M. Ovechkin. –1999 Access mode: <http://www.nnov.city.ru>. (Novye metody rannej diagnostiki boleznej [Электронный ресурс]. / Ю.А. Ткаченко, М.В. Голованова, А.М. Овечкин. –1999г. Режим доступа: <http://www.nnov.city.ru>.)
3. Kolesov, S.N. Construction of medical systems for recognition of thermal imaging images. / S.N. Kolesov, S.S. Antsyferov, B.I. Golub, S.V. Shiryaev. // Biomedical radio electronics. –2001 –№ 1, - 196 p.

(Kolesov, S.N. Postroenie medicinskih sistem raspoznavanija teplovizionnyh obrazov. / S.N. Kolesov, S.S. Ancyferov, B.I. Golub', S.V. Shirjaev. // Biomedicinskaja radiojelektronika. –2001g. –№ 1, – 196 s.)

4. Miroshnikov, M.M. Thermal imaging and its application in medicine. / M.M. Miroshnikov, V.I. Adipov, M.A. Gershanovich, V.P. Melnikov. –M.: Medicine, 1981. –183 s. (Miroshnikov, M.M. Teplovidenie i ego primenenie v medicine. / M.M. Miroshnikov, V.I. Adipov, M.A. Gershanovich, V.P. Mel'nikova. –M.: Medicina, 1981g. –183 s.)

5. Dyakonov, V.P. Computer mathematics. Theory and practice. / V.P. Dyakonov. - M.: Knowledge, 2001. –1296 p. (D'jakonov, V.P. Komp'juternaja matematika. Teorija i praktika. / V.P. D'jakonov. – M.:Nolidzh, 2001g. –1296 s.)

6. Ustinov, A.G. Automated medical technology systems. / A.G. Ustinov, E.A. Sitarchuk, N.A. Korenevsky. –Kursk: Publishing house of KSTU, 1995. –368 s. (Ustinov, A.G. Avtomatizirovannye mediko-tehnologicheskie sistemy. / A.G. Ustinov, E.A. Sitarchuk, N.A. Korenevskij. –Kursk: Izd-vo KGTU, 1995g. –368 s)

7. Buchanan, B.C. Rule Expert Systems — the MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. / B.C. Buchanan, E.N. Shortliffe. –Addison - Wesley, 1984.

8. Gordori, J. A Method for Managing Evidential Reasoning in a Hierarchical Hypotheses Space. / J. Gordori, E. Shortliffe. // AIJ - 1985. Vol. 26.

9. Petrova T.V., Serebrovsky V.V., Rybochkin A.F., Philist S.A., Tomakova R.A. Methodology for assessing the synchronicity of systemic rhythms for computer technologies for monitoring the functional state of living systems. // Information technologies in science, education and production (ITNOP-2018). VII International Scientific and Technical Conference. Proceedings of the conference // Petrova T.V., Serebrovsky V.V. and others - Kursk: YuZGU, - 2018. -- 566 p. (Petrova T.V., Serebrovskij V.V., Rybochkin A.F., Filist S.A., Tomakova R.A. Metodologija ocenki sinhronnosti sistemnyh ritmov dlja komp'juternyh tehnologij monitoringa funkcional'nogo sostojanija zhivyh sistem. //Informacionnye tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve (ITNOP-2018). VII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija. Sbornik trudov konferencii//Petrova T.V., Serebrovskij V.V. i dr. - Kursk: JuZGU, - 2018. - 566 s.)

10. Popechitelev, E.P. Medical devices, apparatus, systems and complexes. At 4 pm Part 1. / E.P. Popechitelev, N.A. Korenevsky. –Kursk: Kursk. state tech. un-t., 2006, -156 p. (Popechitelev, E.P. Medicinskie pribory, apparaty, sistemy i komplekсы. V 4 ch. Ch.1. / E.P. Popechitelev, N.A. Korenevskij. – Kursk: Kursk. gos. tehn. un-t., 2006g, –156 s.)

11. Surushkin M.A., Nesterov V.G., Igrunova S.V., Nesterova E.V. The method of integral assessment of the functional state of the human cardiorespiratory system using expert score and rank assessment. - Belgorod: Scientific Bulletin of Belgorod State University. Economy. Informatics. 2020.Vol. 47 (1). from. 196-204. (Surushkin M.A., Nesterov V.G., Igrunova S.V., Nesterova E.V. Metod integral'noj ocenki funkcional'nogo sostojanija kardiorespiratornoj sistemy cheloveka s ispol'zovaniem jekspertnogo ball'nogo i rangovogo ocenivanija. – Belgorod: Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika. Informatika. 2020. T. 47(1). s. 196–204.)

12. Korolev M.V., Koroleva L.Yu., Motienko A.I. Application of Bellman's dynamic programming method in the implementation of highly reliable systems for processing electronic medical data. - Belgorod: Scientific Bulletin of Belgorod State University. Economy. Informatics. 2019.Vol. 46 (4). from. 689-699. (Korolev M.V., Koroleva L.Ju., Motienko A.I. Primenenie metoda dinamicheskogo programmirovaniija Bellmana pri realizacii vysokonadezhnyh sistem obrabotki jelektronnyh medicinskih dannyh. – Belgorod: Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika. Informatika. 2019. T. 46 (4). s. 689–699.)

13. Korsunov N.I., Ushakova S.N. The structure of the neurocomputer signal classification system. - Belgorod: Scientific Bulletin of Belgorod State University. Economy. Informatics. 2019.Vol. 46 (3). from. 496-502. (Korsunov N.I., Ushakova S.N. Struktura nejrokomp'juternoj sistemy klassifikacii signalov. – Belgorod: Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika. Informatika. 2019. T. 46 (3). s. 496–502.)

14. Balabanova T.N., Trapeznikova I.V. Synthesis of panoramic images and their use in cytogenetic studies. - Belgorod: Scientific Bulletin of Belgorod State University. Economy. Informatics. 2018.Vol. 45 (4). from. 760-768. (Balabanova T.N., Trapeznikova I.V. Sintez panoramnyh izobrazhenij i ih ispol'zovanie v citogeneticheskikh issledovanijah. – Belgorod: Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika. Informatika. 2018. T. 45 (4). s. 760–768.)

15. Averin G.V., Zvyagintseva A.V., Shvetsova A.A. Approaches to predictive modeling of complex systems. - Belgorod: Scientific Bulletin of Belgorod State University. Economy. Informatics. 2018.Vol. 45 (1). from. 140-148. (Averin G.V., Zvjaginceva A.V., Shvecova A.A. O podhodah k predskazatel'nomu modelirovaniju slozhnyh sistem. – Belgorod: Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika. Informatika. 2018. T. 45 (1). s. 140–148.)

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ****INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

Поспелов Александр Александрович, старший преподаватель 3 цикла (средств специальной связи) учебного центра, Краснодарское высшее военное училище им. Штеменко С.М.

Aleksandr A. Pospelov, senior teacher of the 3rd cycle (means of special communication) of the training center Krasnodar Higher Military School named after him. Shtemenko, S.M.

Серебровский Вадим Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры программной инженерии ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Vadim V. Serebrovskii, Doctor of Technical Sciences, Professor, the chair of programming engineering South-West State University

Закурдаева Елена Викторовна, аспирант ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Elena V. Zakurdaeva, graduate student South-West State University