МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ИЗВЕСТИЯ

Юго-Западного государственного университета

Серия
УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

№ 4
2014

Курск

2014. №4
Научный рецензируемый журнал

ИЗВЕСТИЯ

ЮГО-ЗАПАДНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение

Основан в 2010 г.

Выходит четыре раза в год

Учредитель: ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (ПИ №ФС77-44620 от 15.04.11).

Журнал «Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» включен в перечень ведущих научных журналов ВАК Минобрнауки России

Редакционный совет

С.Г. Емельянов (председатель, главный редактор), д-р техн.наук, профессор, ректор ЮЗГУ;
Л.М. Червяков (зам. председателя), д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

И.А. Асеева, д-р филос. наук, доцент, ЮЗГУ; **О.И. Атакищев**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Т. Бертран**, д-р техн.наук, профессор, ун-т Дортмунда (Германия); **Р.К. Боженкова**, академик РАЕН, д-р филол. наук, профессор, МГТУ им. Баумана, Москва; **Ю.В. Вертакова**, д-р экон. наук, профессор, ЮЗГУ; **С.В. Дегтярев**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **Л.В. Димитров**, профессор, д-р наук, технический университет, София; **В.Э. Дрейзин**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **А.В. Киричек**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **В.И. Колчунов**, академик РААСН, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **Н.А. Кореневский**, д-р техн.наук, профессор, ЮЗГУ; **А.П. Кузьменко**, д-р физ.-мат. наук, профессор, ЮЗГУ; **О.Г. Локтионова**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **В.Н. Сусликов**, д-р юр. наук, профессор, ЮЗГУ; **М.Л. Титаренко**, акад. РАН, д-р филос. наук, профессор, ИДВ РАН, Москва; **В.С. Титов**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ; **С.Ф. Яцун**, д-р техн. наук, профессор, ЮЗГУ.

СОДЕРЖАНИЕ

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!.....6

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА.....8

Яровый А.В.

Применение системно-динамического моделирования в процессе вывода нового продукта.....8

Егошина И.Л., Титов Д.В.

Автоматическая система обнаружения пожара на основе контурного анализа видеоизображений.....15

Губарев А.В.

Описание функциональной схемы устройства определения подлинности передаваемых командных слов.....22

Иванов Н.С., Мишин А.Б., Панищев В.С.

Устройство обработки изображения, полученного матрицей КМОП-датчика, с использованием счетчика времени накопления заряда.....30

Дмитриев В.И.

Об интерполяции непрерывности абсолютно суммирующих операторов.....35

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ.....41

Нехаенко Н.Е., Стародубцева Л.В., Письменная Е.В., Новикова Л.А.

Синтез гибридных решающих правил для оценки состояний больных с генитальным герпесом.....41

Агарков Н.М., Жидких В.Д., Судаков О.В., Субботина Т.И.

Математическое прогнозирование распространённости сальпингоофорита в различных возрастных группах и территориальных системах.....49

Устинов А.Г., Письменная Е.В., Бойцова Е.А., Новикова Л.А.

Оценка эффективности лечения генитального герпеса с использованием нечетких математических моделей.....57

Редакционная коллегия:

Главный редактор
С.Г. Емельянов, д-р техн. наук, профессор

Зам. главного редактора
В.С. Титов, д-р техн. наук, профессор

Члены редколлегии:

В.Н. Гридин, д-р техн. наук, профессор

И.В. Зотов, д-р техн. наук, профессор

В.Э. Дрейзин, д-р техн. наук, профессор

Н.А. Кореневский, д-р техн.наук, профессор

Т.А. Ширабакина, канд. техн. наук, профессор

Адрес редакции: 305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.
Телефоны: (4712) 50-48-19
Факс: (4712) 50-48-00. E-mail: rio_kursk@mail.ru

Оригинал-макет подготовлен А.Е. Серебряковой

Подписано в печать 25.12.14. Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 13,5.
Тираж 1000 экз. Заказ 3. Цена свободная.
Юго-Западный государственный университет
305040, г. Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Плата с аспирантов за публикацию не взимается.

**Подписной индекс журнала
«Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение» 44288
в объединенном каталоге «Пресса России»**

Афанасова Е.А.

Информативные и прогностические социально-экономические факторы риска острого эндометрита.....63

Петров С.В., Серегин С.П., Новиков А.В., Бежин А.И.

Алгоритм управления процессом диагностики и лечения острого пиелонефрита у беременных.....70

Агарков Н.М., Субботина Т.И., Коломиец И.В., Макконен К.Ф.

Математическое моделирование диагностики стоматологической патологии и остеомиелита по показателям системного иммунитета.....77

Долженков С.Д., Новиков А.В., Бежин А.И., Серегин С.П., Петров С.В.,

Результаты прогнозирования грыжеобразования в послеоперационном периоде у урологических больных.....85

Лукашов М.И., Устинов А.Г., Бойцова Е.А., Стародубцева Л.В.

Оценка информативности пространства признаков в задаче прогнозирования обострения генитального герпеса с использованием моделей Г. Раша.....89

Бонилья В.Ф., Лукьянов Е.А., Литвин А.В., Деплов Д.А., Стародубцева Л.В.

Удаление шумов и помех из электромиографического сигнала с помощью вейвлет-преобразования.....96

Дюдин М.В., Жилин В.В., Кассим Кабус Дерхим Али, Кудрявцев П.С.

Способ выделения контура изображения легких на рентгеновском снимке грудной клетки.....107

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ.....115

© Юго-Западный государственный университет, 2014

2014. №4
Scientific reviewed journal

Published four a year

PROCEEDINGS

of the SOUTHWEST
STATE
UNIVERSITY
Management, computer facilities,
Computer science. Medical instrument making

CONTENS

RESPECTED COLLEQUES!.....6

NFORMATICS, COMPUTER SCIENCES.....8

Iarovyi A.V.
Application of system dynamics modeling during the launch of new products.....8

Egoshina I.L., Titov D.V.
Automatic fire detection system based on contour analysis videoimages.....15

Gubarev A.V.
Description of functional flow block diagram of device for authentication instruction words.....22

Ivanov N.S., Mishin A.B., Panischev V.S.
The image processing device, the resulting matrix cmos sensor using a time counter charge accumulation.....30

Dmitriev V.I.
On interpolation of continuity of absolutely summing operators.....35

MEDICAL INSTRUMENT MAKING.....41

Nehaenko N.E., Starodubtseva L.V., Pismennaya E.V., Novikova L.A.
Synthesis of hybrid decision rules for assessing the state patients with genital herpes.....41

Agarkov N.M., Zhidkikh V.D., Sudakov O.V., Subbotina T.I.
Mathematical propagation prediction salpingo-ophoritis in different age groups and the territorial system.....49

Ustinov A.G., Pismennaya E.V., Boytsova E.A., Novikova L.A.
Evaluation of treatment effectiveness of genital herpes using fuzzy mathematical models.....57

Afanasova E.A.
Informative and predictive socio-economic risk factors of acute endometritis.....63

Petrov S.V., Seregin S.P., A.V. Novikov, A.I. Bezhin
The algorithm of diagnosis and treatment control of acute pyelonephritis in pregnant women.....70

Agarkov N.M., Subbotina T.I., Kolomiets I.V., Makkonen K.F.
Mathematical modeling of diagnosis of dental pathology and osteomyelitis indicators of systemic immunity.....77

Dolzhenkov C.D., Novikov A.C., Bezhin A.I., Seregin S.P., Petrov S.C.
The results of herniation prognosis in the postoperative period of urological patients.....85

Lukashov M.I., Ustinov A.G., Boytsova E.A., Starodubtseva L.V.
Estimating informative feature space in the task of forecasting exacerbation genital herpes using models G.Rasch.....89

Bonilla Felix, Lukyanov A.E., Litvin A.V., Deplov D.A., Starodubtseva L.V.
Removing noise and interference from the emg signal using wavelet transform.....96

Dyudin M.V., Zhilin V.V., Kassim K. D. A., Kudryavtsev P.C.
The method of isolating outline of the image lung on chest radiograph.....114

INFORMATION FOR AUTHORS.....115

© Southwest State University, 2014

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

В материалах, включенных в новый выпуск научного журнала, освещены актуальные проблемы современного научного знания в области теории управления, вычислительной техники, информатики и медицинского приборостроения.

В разделе «Управление, вычислительная техника, информатика» тематика статей разнообразна, спектр исследуемых проблем широк и включает следующие вопросы: применение системно-динамического моделирования в процессе вывода нового продукта; представлены общая структура автоматической системы обнаружения пожара, а также результаты исследования алгоритма анализа видеоизображений для обнаружения пожара на основе контурного анализа; приведено описание функциональной схемы устройства определения подлинности передаваемых командных слов, а именно описание принципа работы алгоритма приема-передачи командных слов, алгоритма построения устройством цепочки легальных командных слов, а также описание каждого из функциональных блоков устройства; предложена структура устройства, использующего способ формирования сигнала изображения на основе данных времени накопления заряда пикселями КМОП-матрицы, что позволяет увеличить показатели динамического диапазона; описывается структура интерполяционных орбит элементов некоторых банаховых пар при действии абсолютно суммирующих операторов.

В разделе «Медицинское приборостроение» представлены статьи по следующим вопросам: синтез гибридных решающих правил для оценки степени тяжести заболевания на основе правил нечеткого вывода; математическое прогнозирование распространённости сальпингоофорита в различных возрастных группах и территориальных системах; исследование эффективности схем лечения для различных стадий течения болезни с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша; представлены наиболее информативные и прогностические социально-экономические факторы риска острого эндометрита; предложен алгоритм управления лечебно-диагностическим процессом у больных, который позволяет быстро и своевременно проводить коррекцию лечения; по ком-

плексу критериев и на основе различных математических методов проведен отбор информативных показателей системного иммунитета, по которым выполнено моделирование диагностики стоматологической патологии и остеомиелита; разработаны решающие правила прогнозирования, обеспечивающие высокий уровень прогноза и профилактической эффективности; предложен механизм выбора информативных признаков с целью решения задач синтеза решающих правил прогнозирования обострения инфекционного заболевания; рассмотрены способы и параметры вейвлет-фильтрации ЭМГ-сигнала с целью удаления шумов и помех, присутствующих в регистрируемом электромиографическом сигнале.

С.Г. Емельянов, д-р техн. наук,
профессор, ректор ЮЗГУ,
главный редактор журнала

УПРАВЛЕНИЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ИНФОРМАТИКА

УДК 65.018

А.В. Яровый, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: mr.art1789@yandex.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ВЫВОДА НОВОГО ПРОДУКТА

Использование системно-динамического моделирования в процессе стратегического планирования предприятия и на этапе вывода нового продукта позволяет формализовать процесс принятия решения о выводе нового продукта и о способе его получения на основе изменения коэффициента средневзвешенной рентабельности продаж предприятия.

***Ключевые слова**: бизнес-процесс, системно-динамическая модель, качество, проектное управление.*

***

По мнению большинства экспертов, автоматизация и совершенствование бизнес-процессов приводит к увеличению прозрачности бизнеса и скорости обработки информации, а также сокращает число ошибок [1]. Создание системно-динамической модели, получение аналитических зависимостей составных звеньев этой модели и выявление владельцев описываемых процессов позволит оптимизировать систему управления качеством компании путем выявления причин отклонения от нормы составных показателей, а также провести оценку возможности улучшения целевого показателя путем достижения синергетического эффекта при повышении эффективности функционирования отдельных составных звеньев цепи.

Процесс введения в эксплуатацию разработанной системно-динамической модели представляет собой комплекс взаимосвязанных этапов, включающий в себя адаптацию модели под конкретное предприятие, валидацию, сравнение выходных показателей модели с показателями иной методики, используемой на предприятии, разработку процедур по использованию модели, введение процесса использования данной модели в стандарт работы предприятия. Предлагается рассмотреть каждый этап в отдельности.

На этапе адаптации модели под конкретное предприятие, прежде всего, необходимо определить, внедрен ли в рамках исследуемого предприятия принцип проектного управления. В случае, если принцип проектного управления внедрен и функционирует, заполняется блок «Затраты на проектную деятельность», общий вид которого представлен на рисунке, а именно переменные показатели, которые оказывают влияние на выходные данные.

К этим переменным показателям относятся следующие параметры:

– средняя длительность исследовательского проекта в кварталах;

– средние затраты на один исследовательский проект в квартал;

– средние затраты на один инвестиционный проект в квартал;

– средняя длительность инвестиционного проекта до момента окупаемости в кварталах;

– средняя длительность инвестиционного проекта до момента перехода в операционную деятельность.

Если принцип проектного управления не внедрен на предприятии, то первые два коэффициента не заполняются, а в блоке «Реализация проектов» количество исследовательских

проектов становится равным 0. При этом в блоке «Реализация проектов» начальное значение фонда «Количество действующих инвестиционных проектов» задается числом, отображающим количество направлений деятельности предприятия. В последующем каждое направление принимается за один инвестиционный проект, который имеет свою точку окупаемости, а также время перехода в операционную деятельность. В блоке «Реализация проектов» в случае отсутствия на предприятии проектного управления заполняется только показатель «Коэффициент окупаемости проектов».

Следующим шагом является заполнение блока рентабельности. При наличии на предприятии проектного управления блок заполняется по соответствующей методике. В случае отсутствия на предприятии проектного управления блок рентабельности заполняется следующим образом:

– вся деятельность принимается как проектная, где каждое направление – отдельный инвестиционный проект;

– переменный показатель «Доля операционной деятельности в общей системе продаж» берется равным 0.

На этапе валидации модели производится проверка верности логических утверждений, реализованных в модели, а именно определяется, насколько верен выходной порядок цифр при введении входных данных конкретного предприятия. В случае, если порядок цифр совпадает и модель логически верна, необходимо перейти к следующему этапу.

Этап «Введение процесса использования модели в стандарт работы предприятия» включает в себя внедрение в деятельность предприятия мероприятия по использованию разработанной модели при стратегическом планировании и управлении бизнес-процессами. Данные мероприятия состоят из корректировки процедур по стратегическому планированию предприятия, управлению проектами и бизнес-процессами.

На данном этапе формируются определенные требования к действиям по реализации алгоритма процесса управления проектами с введение пункта использования разработанной модели.

Одним из первых этапов в процессе стратегического планирования и вывода нового продукта является «Выбор темы по новому продукту» [2]. Все продуктовые направления деятельности предприятия фиксируются в среднесрочной стратегии. В рамках бизнес-плана на следующий год формируется портфель проектов, по которым компания будет работать в течение года. В случае появления перспективных продуктов в течение календарного года допускается возможность их включения в годовой портфель проектов после утверждения членами стратегического комитета. Для получения предприятием более полной информации по новым продуктам стратегический комитет (СК) предприятия назначает руководителя проекта, который готовит предварительный устав проекта. Руководитель проекта направляет предварительный устав проекта в проектный офис предприятия, сотрудник которого проверяет его на соответствие методологии.

В случае если предварительный устав проекта имеет несоответствие, сотрудник проектного офиса отправляет его обратно со своими замечаниями.

Если предварительный устав проекта соответствует предъявляемым

требованиям, то он направляется сотрудником проектного офиса на согласование членам СК.

В случае если в процессе согласования у согласующих сторон появляются замечания, сотрудник проектного офиса информирует о них руководителя проекта.

Руководитель на основании информации принимает решение о снятии предварительного устава с согласования и его доработке или решает возникшие вопросы с директором, высказавшим замечание.

Если в ходе согласования проекта не высказано замечаний, предварительный устав проекта распечатывается и подписывается руководителем организации.

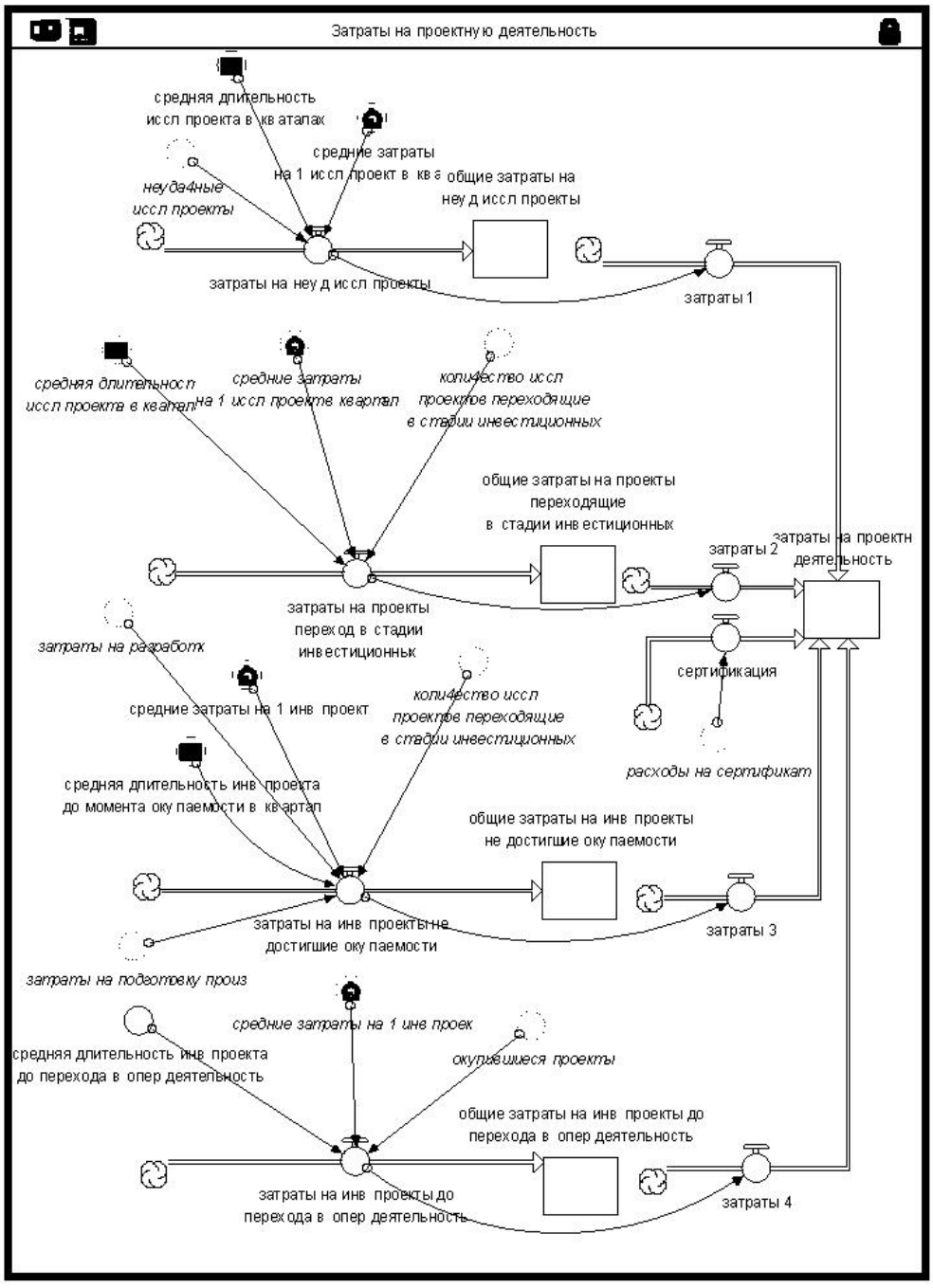


Рис. Блок «Затраты на проектную деятельность»

После проведения всех работ в рамках предварительного устава проекта проектная команда готовит служебную записку на административное завершение предварительного проекта. Служебная записка отправляется сотруднику проектного офиса, который проверяет ее соответствие методологическим требованиям, в случае если имеются замечания, сотрудник проектного офиса отправляет их руководителю проекта в двухдневный срок с момента получения им служебной записки.

В случае если замечаний нет, сотрудник проектного офиса отправляет служебную записку на согласование членам СК.

В случае если в процессе согласования у согласующих сторон появляются замечания, сотрудник проектного офиса информирует о них руководителя проекта. Руководитель проекта на основании информации принимает решение о необходимости снятия служебной записки с согласования и ее доработке или решает возникшие вопросы с директором, высказавшим замечание.

Если в результате переговоров стороны не нашли компромисса и руководитель проекта считает замечание необоснованным, он может согласовать с сотрудником проектного офиса включение в повестку дня СК вопроса о рассмотрении служебной записки. На заседании СК рассматриваются замечания, высказанные в ходе согласования.

Руководителем проекта с применением инструмента разработанной модели осуществляется моделирование деятельности предприятия в среднесрочном периоде, равным 5 годам. Руководитель проекта вводит в модель данные о деятельности предприятия с учетом корректировки уже существующих показателей посредством введения дополнительных коэффициентов, полученных в ходе рассмотрения предлагаемой к утверждению в рамках предприятия новой темы. Выходные показатели руководитель проекта заносит в таблицу, которую прилагает к разрабатываемому уставу инвестиционного проекта.

На основе информации, полученной в рамках работы по предварительному уставу проекта, СК принимает решение о дальнейшей целесообразности работы над продуктом. В случае положительного решения СК определяет срок, в который проектная команда должна подготовить устав проекта.

Устав проекта разрабатывается руководителем проекта при содействии куратора проекта. Устав проекта содержит сведения, достаточные для принятия СК решения о целесообразности инвестирования ресурсов в реализацию проекта. Руководитель проекта направляет устав проекта в проектный офис, сотрудник которого проверяет его на соответствие методологии.

В случае если устав проекта имеет несоответствие, сотрудник проектного офиса отправляет его обратно со своими замечаниями.

Если устав проекта соответствует предъявляемым требованиям, то он направляется сотрудником проектного офиса на согласование членам СК.

В случае если в процессе согласования у согласующих сторон появляются замечания, сотрудник проектного офиса информирует о них руководителя проекта. Руководитель на основании информации принимает решение о снятии устава с согласования и его доработке или решает возникшие вопросы с директором, высказавшим замечание.

Если в результате переговоров стороны не нашли компромисса и инициатор считает замечание необоснованным, он может согласовать с сотрудником проектного офиса включение в повестку дня СК вопроса о рассмотрении устава проекта. На заседании СК рассматриваются замечания, высказанные в ходе согласования.

Руководитель проекта ежегодно организовывает разработку/внесение изменений в политику по продукту, который выводится на рынок в рамках проекта. Руководитель проекта разрабатывает ежегодный прогноз продаж по своему продукту в рамках составления бизнес-плана. При выполнении данной работы он может запрашивать информацию об оперативных изменениях на рынке у менеджеров по продажам предприятия. Руководитель проекта отслеживает оперативные, связанные с его продуктом тенденции на рынке, которые в случае реализации рисков, а также появления непредвиденных обстоятельств влияют на:

– изменение сроков окончания фазы проекта;

– изменение бюджета проекта.

Руководитель проекта подготавливает запрос на изменение проекта на имя куратора проекта и отправляет его сотруднику проектного офиса.

В случае если продукт выводится на основе бенчмаркинга, руководитель проекта организовывает патентные исследования по продукту еще на этапе предварительной работы по проекту.

Также проектная команда регулярно проводит мониторинг на предмет изменений в области патентов по аналогичным изделиям. В случае реализации рисков в этой области, которые ведут к отрицательным последствиям, руководитель проекта принимает адекватные меры по нивелированию последствий для проекта.

Поставщиком услуг на проектирование изделий может быть конструкторский отдел предприятия или другая компания, физическое лицо, которые не относятся к деятельности предприятия. Проектная команда согласовывает с потенциальными поставщиками услуг техническое задание на проектирование изделия.

В случае если проектированием продукта будет заниматься конструкторский отдел предприятия, руководитель проекта предусматривает в уставе проекта систему материального стимулирования для сотрудников конструкторского отдела предприятия.

В случае если в рамках проекта предполагается закупать, переупаковывать готовый продукт и перепродавать его под торговой маркой предприятия, тогда руководитель проекта осуществляет поиск производителей данного продукта по критериям, зафиксированным в уставе проекта.

Поставщиками деталей могут быть подразделения предприятия, физические лица, сторонние организации. Выбор поставщиков осуществляется на основе критериев, которые зафиксированы в уставе проекта. В случае если изготовление деталей или сборка предполагается в подразделениях предприятия, руководитель проекта предусматривает систему стимулирования для сотрудников данного подразделения.

Для предварительного расчета стоимости деталей/процесса сборки изделия руководитель проекта отправляет в подразделения предприятия спецификатор с фотографиями/моделями деталей. Для осуществления просчета точной стоимости деталей/процесса сборки в подразделения предприятия отправляются чер-

тежи деталей. В случае заказа изготовления деталей/сборки у сторонних производителей требования к количеству и качеству деталей/сборки фиксируются в техническом задании произвольной формы и спецификации к договору.

Проектная команда организовывает приемку опытной партии деталей /сборки/ готовой продукции в соответствии с требованиями, которые зафиксированы в техническом задании на заказ данной продукции. Предварительно качество первой партии деталей /сборки/ готовой продукции от поставщика проверяется на территории поставщика во избежание затрат на логистику.

Проектная команда организовывает испытания готовой продукции в соответствии с требованиями, зафиксированными в технических условиях на продукцию. Контроль качества поступающих деталей осуществляется персоналом управления качеством в установленном порядке. Выбор поставщиков услуг по испытаниям продукции осуществляется на основе критериев, зафиксированных в уставе проекта.

Помимо прочего, проектная команда организовывает сертификацию готовой продукции, закупленной у сторонних организаций или изготовленной производственными подразделениями предприятия, по направлениям, которые необходимы для успешного продвижения данного продукта на рынке.

Проект после достижения поставленных целей нуждается в административном завершении. Административное завершение проекта состоит в подтверждении и документировании результатов проекта и формальной приемке продуктов проекта куратором проекта. Оно включает сбор проектной документации, закрытие контрактов, изучение полезной информации, извлеченной из каждой фазы проекта, архивацию информации и документации по проекту или его фазе для последующего использования.

Проект является завершенным после подготовки руководителем предприятия служебной записки.

Замораживание проекта состоит в подтверждении и документировании достигнутых в ходе исполнения проекта результатов. Включает сбор проектной документации, закрытие контрактов, анализ причин неисполнения проекта, выявление полезной информации, архивацию информации и документации по проекту для ее последующего использования.

Проект является замороженным после подготовки и утверждения руководителем предприятия служебной записки на замораживание проекта.

К рассмотрению предлагается практический вариант введения нового продукта в ассортимент предприятия. В 2013 г. предприятие ЗАО «КЭАЗ» поставило перед собой цель ввода нового продукта «Силовые разъемы» в свой продуктовый ассортимент. Необходимо оценить целесообразность введения данного продукта, определить подходящий способ получения, спрогнозировать динамику продаж, а также бюджет, который потребуется для вывода данного продукта. Кроме того, необходимо понять, как изменится общая рентабельность предприятия за счет вывода данного продукта.

Мы имеем системно-динамическую модель с определенными исходными показателями. Сейчас аналитической задачей становится корректировка данных показателей с учетом того, что в ассортимент предприятия вводится новый продукт, который

требует отвлечения производственных, временых, финансовых и людских ресурсов.

К рассмотрению предлагается два способа получения нового продукта:

1) собственное производство;

2) OEM-поставка.

Вариант получения продукта на собственном производстве подразумевает затраты на разаботку конструкторской документации, закупку сырья, затраты на оснастку.

Предположим, что «Силовые разъемы» – это один из тех проектов, который не входит в состав исследовательских в разработанной модели. Тогда целесообразно показатель «Количество недостающих продуктов для собственного производства» увеличить на 1 (его показатель станет равным 11 согласно показателям разработанной модели). Соответственно, увеличивается количество инициируемых исследовательских проектов на 1 (в первый квартал их значение станет равным 7). До ввода нового продукта мы имели общие затраты на проектирование и разработку объемом за 5 лет 96,2 млн руб. При введении вышеперечисленных показателей затраты на проектирование и разработку увеличиваются до 117 млн руб. В случае неудачных продаж доля рынка остается прежней и средневзвешенное значение рентабельности становится равным 24,9%.

Предлагается к рассмотрению ситуация, когда доля рынка увеличивается за счет успешных продаж нового продукта.

Соответственно, изменится коэффициент «Планируемая доля недостающей продукции собственного производства от общего объема продаж компании». Он станет равным 30%.

На данном этапе необходимо отслеживать изменение показателя рентабельности. При повышении продаж на 10% и вышеприведенных показателях мы видим, что рентабельность проектной деятельности стала равной 23,4%, что ниже, чем было изначально (35,3%). И лишь при увеличении доли рынка на 35% рентабельность становится прежней. Так как рентабельность серийного производства не изменялась, то средневзвешенная рентабельность также осталась на прежнем уровне.

Таким образом, при освоении собственного производства нового продукта продажи должны увеличиться как минимум на 35%, чтобы введение нового продукта не было убыточным фактором.

Следующий вариант получения нового продукта – OEM-партнерство.

В этом случае коэффициент «Количество недостающих продуктов для собственного производства» остается равным 10 (прежний уровень). При этом меняется коэффициент «Количество недостающих продуктов без собственного производства», он становится равным 6. Увеличивается количество инициируемых исследовательских проектов на 1 (в первый квартал их значение станет равным 7). При данных показателях в случае увеличения продаж на 10% значение рентабельности проектной деятельности становится равным 32%.

В таблице приведена зависимость рентабельности проектной деятельности и средневзвешенной рентабельности от объема продаж.

Из таблицы видно, что при увеличении доли рынка на 20% средневзвешенное значение рентабельности становится максимальным и в дальнейшем наименьшим образом зависит от рентабельности проектной деятельности.

Зависимость рентабельности от объема продаж

Коэффициент увеличения объема продаж	10%	15%	20%	25%
Рентабельность проектной деятельности	32%	25,2%	37,7%	40,1%
Средневзвешенная рентабельность	25,1%	34,9%	25,3%	25,3%

Исходя и вышеприведенных примеров, в описываемой рыночной ситуации в перспективе на 5 лет экономически выгоднее вводить продукт путем OEM-партнерства.

С целью увеличения средневзвешенной рентабельности при данных показателях следует увеличивать рентабельность серийного производства. При увеличении рентабельности серийного производства на 1% средневзвешенное значение рентабельности становится равным 26,2%.

Таким образом, применение данной модели позволяет повысить рентабельность продаж предприятия при выводе нового продукта на 1%. В ракурсе среднесрочной стратегии при общей выручке за 5 лет 11,4 млрд руб. 1% рентабельности составит 114 млн руб., что является значительным экономическим эффектом в масштабе чистой прибыли предприятия.

1. Практика и проблематика моделирования бизнес-процессов / Е.И. Всяких, Е.В. Сидоренко, Б.В. Носков, С.П. Кисилев, А.Г. Зуева (общ. ред.). – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи. – 246 с.: ил. (Серия «ИТ-Экономик») – ISBN 5-94074-393-5.

2. Руководство к своду знаний по управлению проектами. 4-е изд. Издатель: Project Management Institute, Inc.14 Campus Boulevard Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA. – 496 с.

Получено 30.10.14

A.V. Iarovyi, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (email: mr.art1789@yandex.ru)

APPLICATION OF SYSTEM DYNAMICS MODELING DURING THE LAUNCH OF NEW PRODUCTS

Using the system-dynamic modeling in the process of strategic planning of the enterprise and during launch of a new product allows to formalize the decision making process of the launch of the new product and the way of the receiving it on the basis of changes in the weighted average rate of return on sales of the enterprise.

Key words: *business process, system-dynamic model, quality, project management.*

УДК 621.391.266

И.Л. Егошина, д-р техн. наук, профессор кафедры радиотехнических и медико-биологических систем, Поволжский государственный технологический университет (e-mail: EgoshinaIL@volgatech.net)

Д.В. Титов, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА НА ОСНОВЕ КОНТУРНОГО АНАЛИЗА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

Представлены общая структура автоматической системы обнаружения пожара и результаты исследования алгоритма анализа видеоизображений для обнаружения пожара на основе контурного анализа. Приведены процессы выделения контуров объектов на изображении и принятия решений об обнаружении пожара или его отсутствии.

Ключевые слова*: автоматическая система, обнаружение пожара, контур, скалярное произведение.*

Введение

Эффективность борьбы с пожарами зависит от раннего обнаружения и определения местоположения очага возгорания. Для решения этой актуальной задачи традиционно используются космический мониторинг, авиация и наземное наблюдение. Каждый из используемых методов имеет свои преимущества и недостатки, но только автоматизация работы систем мониторинга территорий, предполагающая раннее обнаружение и автоматическое распознавание очагов пожара, и своевременное информирование соответствующих служб поможет решить проблему в области пожарной безопасности. Поэтому разработка автоматической системы обнаружения пожаров на основе современных интеллектуальных технологий является актуальной на данный момент задачей.

Развитие современных технологий технического зрения привело к возможности автоматического обнаружения пожаров на цифровых изображениях. Такие системы с помощью различных датчиков получают данные о состоянии окружающей среды, анализируют вероятность наличия пожара путем обнаружения таких опасных визуальных объектов, как дым, огонь без участия оператора, и информируют в момент принятия окончательного решения о реальной опасности [1, 2].

Структура автоматической системы и методы обнаружения опасных факторов пожара

Разрабатываемая система предназначена для обнаружения пожаров и определения их очагов в масштабе реального времени. Для функционирования системы может быть использована существующая инфокоммуникационная среда передачи данных.

Укрупненная структура автоматической системы состоит из следующих функциональных блоков (рис.1):

– система датчиков;

– программный блок;

– система пожарной сигнализации и оповещения;

– оператор ПК.

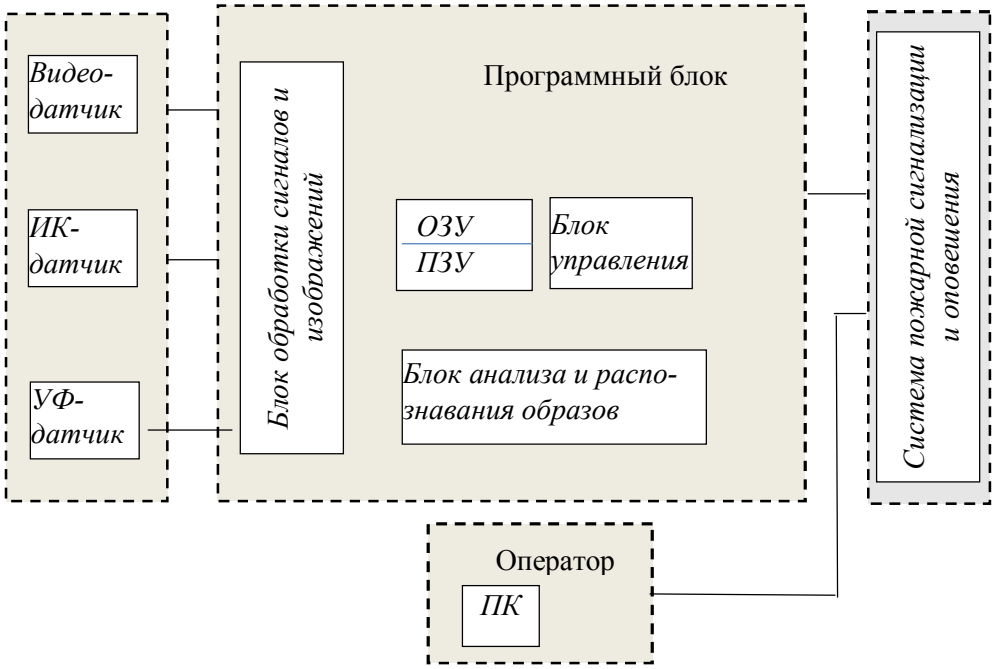


Рис.1. Обобщенная структура автоматической системы обнаружения пожара

Система датчиков, включающая в себя видеодатчики, ИК-датчики, УФ-датчики, контролирует такие параметры среды, как повышение температуры воздуха, появление открытого пламени, обнаружение изменений в видеоизображении строго определенного характера. Благодаря одновременному использованию УФ- и ИК-канала обнаружения пламени и видеосигнала от видеодатчика можно определить количество очагов возгорания, их месторасположение и интенсивность пожара. Использование трех видов каналов обнаружения, а также специального алгоритма обработки сигналов и изображений позволит значительно снизить вероятность ложных срабатываний и более эффективно контролировать обстановку в зоне работы системы [3].

В функции программного блока входят:

– предварительная обработка сигналов и изображений с датчиков;

– архивирование видеоизображений, хранение банка данных для идентификации и распознавания объектов пожара;

– анализ и распознавание объектов пожара;

– блок управления, который позволит принять решение о начале пожара на интеллектуальном уровне, то есть в результате анализа и сопоставления нескольких контролируемых параметров объектов передаст управляющий сигнал системе пожарной сигнализации и оповещения.

Задача оператора в данном процессе сводится к своевременному реагированию на сигналы системы.

Рассмотрим основные факторы пожара, которые можно регистрировать с помощью видеодатчика, а также мешающие факторы [4]:

- Открытое пламя – существенно отличается по интенсивности и частоте электромагнитного излучения от фоновой засветки. В ряде случаев пламя имеет флуктуацию в определенном частотном диапазоне и может быть обнаружено видеодатчиком на основе специального алгоритма обработки сигнала. Преимуществом будет возможность контроля больших открытых пространств, технологических установок. Дополнительным преимуществом таких видеодетекторов является возможность в автоматическом режиме фиксировать точное место очага пожара. Возмущающими факторами являются помехи, связанные с солнечной засветкой, переменой времени суток, осадками, различными перемещениями в кадре людей, птиц, но исключение влияния таких помех существенных трудностей не представляет. Техническая сложность может возникнуть по изготовлению специального видеосенсора с широким динамическим диапазоном.

- Столб дыма на открытой площади легко может быть обнаружен и распознан по резкому изменению контрастности изображения на большой площади кадра. В данном случае возникают те же трудности, что и в предыдущем случае.

- Дым в помещении – в начальной стадии пожара, как правило, наблюдается задымление в верхней части помещения, т.е. постепенное ухудшение контрастности (видимости) изображения, что может быть зарегистрировано обычной телекамерой, но с применением специального алгоритма, фиксирующей плавное снижение контрастности. Основным возмущающим фактором в данном случае может явиться недостаточная контрастность в помещении в темное время суток, однако эта проблема может быть решена применением метода «опорных сигналов» либо использованием инфракрасных датчиков.

Известные методы и разработанные на их основе алгоритмы обработки видеосигнала, которые могут быть применены для обнаружения опасных факторов пожара, условно можно разбить на три группы [4-6].

К первой группе можно отнести методы с применением опорных изображений, которые были получены до наступления тревожной ситуации при нормальных условиях для различных вариантов освещенности (день, вечер, осадки и др.).

Ко второй группе относятся методы, в которых используется определенный банк данных типовых блоков видеоизображения различных тревожных ситуаций – форма и тип пламени, интенсивность задымления и т.д., а также различных возмущающих факторов, таких как солнечная засветка, фары движущихся автомобилей, различного рода блики, и др., которые при необходимости сравниваются с отдельными частями реального изображения.

К третьей группе можно отнести методы, которые анализируют статическую и динамическую составляющие отдельных элементов изображения по яркостной и цветовой составляющим, а также с применением специальных сенсоров ближнего инфракрасного диапазона [7, 8].

В данной работе предлагается метод и алгоритм обнаружения факторов пожара на основе контурного анализа видеоизображений. Контурный подход позволяет не рассматривать внутренние точки изображения и тем самым значительно сокращает объем обрабатываемой информации за счет перехода от анализа функции двух переменных к функции одной переменной. Следствием этого является возможность обеспечения работы системы обработки в реальном масштабе времени.

Алгоритм анализа изображений для обнаружения пожара на основе контурного анализа

Рассматриваемая автоматическая система содержит записи последовательности кадров видеоизображений контролируемой местности и эталонные контуры объектов изображений. Результатом работы блока обработки сигналов и изображений является общий анализ характеристик изображения (яркости, контрастности и других, зависящих от условий съемки и параметров имеющегося оборудования) и их предварительная обработка.

Блок анализа и распознавания образов по полученной последовательности видеоизображений объектов предполагает следующие действия (рис. 2):

- выделение контура объекта на текущем изображении;
- формирование скалярного произведения распознаваемого контура с эталонным;
- сравнение реальной части скалярного произведения с пороговой величиной;
- принятие решения об обнаружении пожара.

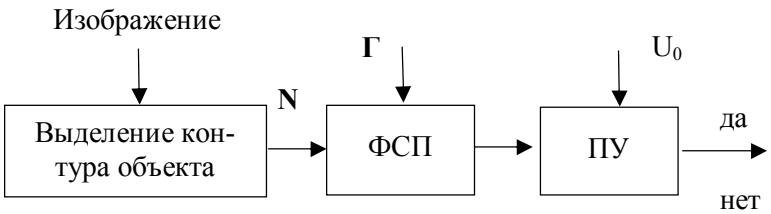


Рис. 2. Общая структура алгоритма обнаружения пожара на основе контурного анализа

В общем случае алгоритм обнаружения заключается в следующем. Имеем эталонный контур **Г** объекта изображения контролируемой местности до тревожной ситуации, а также выделенный контур **N** объекта на текущем кадре изображения. Эталон может быть сформирован также в зависимости от условий погоды, освещенности, времени суток и т.п.

В данном случае алгоритм обнаружения будет иметь следующий вид:

$$\mathrm{Re}(\mathrm{N},\Gamma\ ) \geq \sigma^2 \ln \Lambda_0 + 0,5\|\Gamma\|^2 = U_0,$$

где Λ_0 – пороговое значение;

U_0 – порог, учитывающий энергии эталонного и шумового контуров, а также риски и априорные вероятности.

Таким образом, для принятия решения об обнаружении пожара на заданном участке необходимо выделить контур объекта **N**, сформировать скалярное произведение распознаваемого контура **N** с эталонным **Г**. Далее реальная часть скалярного произведения сравнивается с пороговой величиной, зависящей от разности энергий контуров, дисперсии шума, отношений рисков и априорных вероятностей классов, учитываемых величиной Λ_0, и выносится решение о наличии пожара или отсутствии.

Исследования по обнаружению пожара проводились на примере последовательности кадров видеоизображения лесного массива (рис. 3, 4, 5). На кадре выделялся контур объекта, в данном случае верхняя граница лесного массива, и сравнивался с эталонным контуром данного участка (до появления тревожной ситуации).

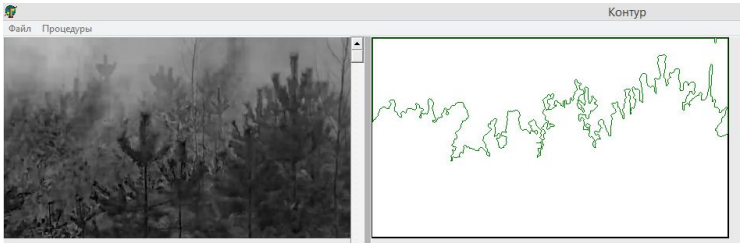


Рис. 3. Кадр видеоизображения и сформированный на его основе эталонный контур объекта **Г** (верхней границы лесного массива)

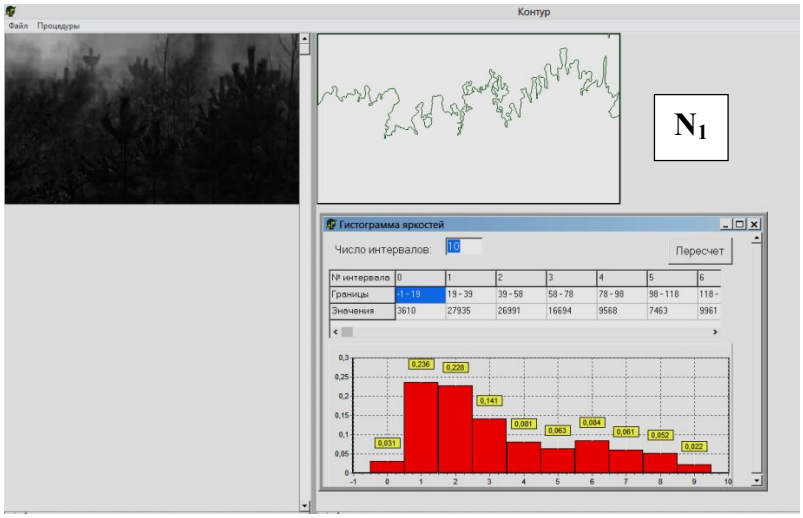


Рис. 4. Кадр видеоизображения лесного массива до появления тревожной ситуации на заданном участке и его обработка (выделен контур $\mathbf{N_1}$)

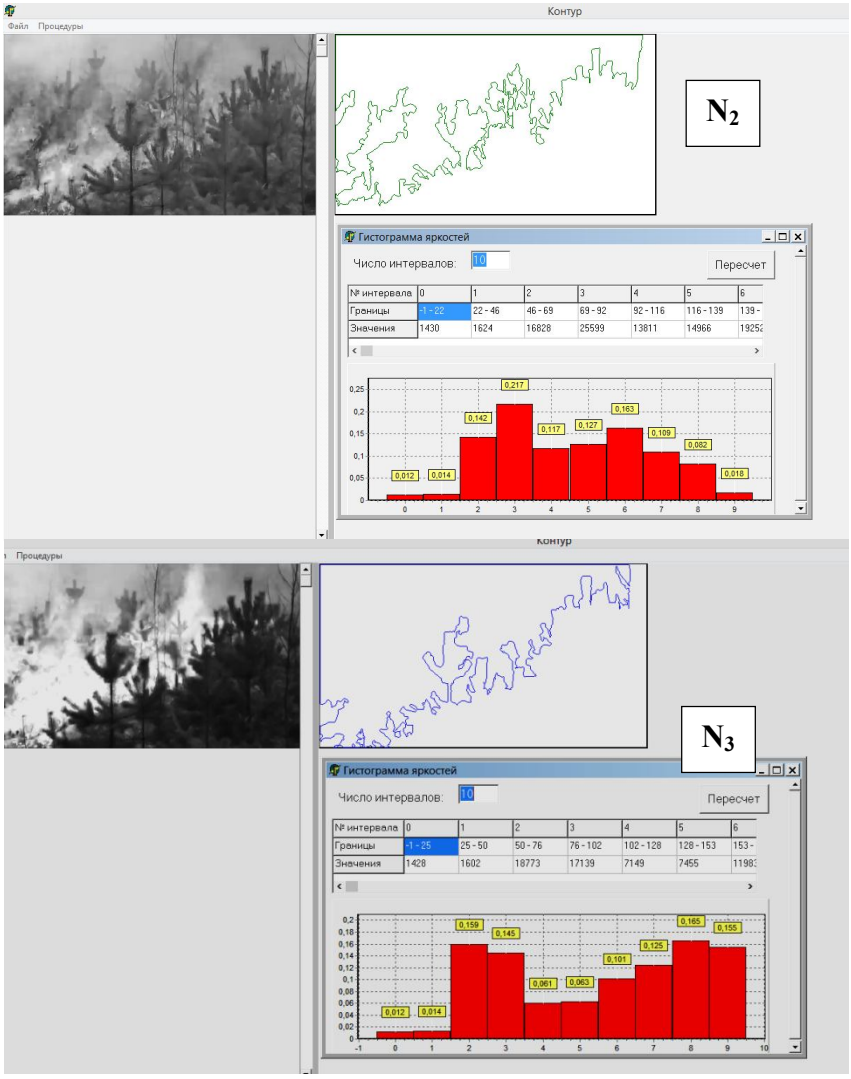


Рис. 5. Кадры видеоизображения лесного массива при пожаре на заданном участке и его обработка (с интервалом в 5 секунд). Выделены контуры **N_2, N_3, N_4**

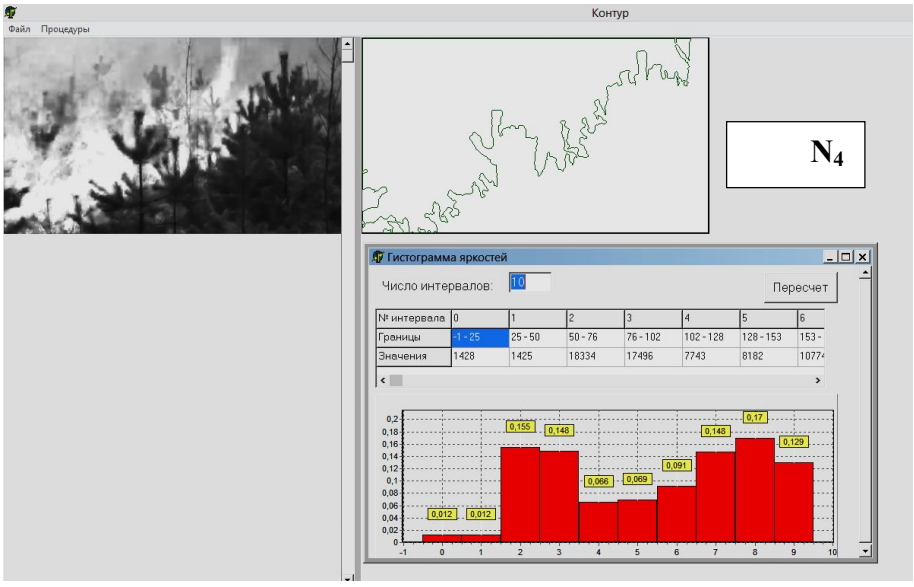


Рис. 6. Кадры видеоизображения лесного массива при пожаре на заданном участке и его обработка (с интервалом в 5 секунд). Выделены контуры **N_2, N_3, N_4**

Как видно из рисунков 5 и 6, при возникновении пожара контур интересующего нас объекта меняется и в течение всей тревожной ситуации претерпевает изменения, усиливающиеся со временем. Результаты работы приведенного выше алгоритма показали, что в случае кадра изображения с выделенным контуром $\mathbf{N_1}$ принято решение об отсутствии пожара, а в случае кадров изображений с выделенными контурами $\mathbf{N_2}$, $\mathbf{N_3}$, $\mathbf{N_4}$ принято решение об обнаружении пожара.

Таким образом, контурный анализ можно рассматривать как математический аппарат, обеспечивающий подход к решению задач обработки изображений и включающий в качестве частного случая решение задач обнаружения пожаров и сопутствующих ему опасных факторов на видеоизображении.

Список литературы

1. Применение алгоритмов анализа изображений для обнаружения пожаров / А.О. Кузнецов, В.М. Мусалимов, А.П. Саенко, К.В. Трамбицкий // Известия вузов. Серия: Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – № 6. – С. 51-56.

2. Рукин М.В. Инновационные решения в области обнаружения пламени // Системы безопасности. – 2009. – № 4. – С. 61.

3. Членов А.Н., Буцынская Т.А., Демехин Ф.В. Применение видеотехнологий в системах пожарной безопасности [Электронный ресурс] // Новые методы и технические средства обнаружения пожара: семинар. – URL: http://ipb.mos.ru/esb.

4. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин. – 2-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2003. – 592 с.

5. Титов Д.В., Емельянов С.Г. Система технического зрения для поиска и определения характеристик очага возгорания // Интеллектуальные системы в промышленности-2013: сб. матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. – Сумы, 2013. – С. 40-44.

6. Титов Д.В., Емельянов С.Г., Труфанов М.И. Быстродействующая система технического зрения для поиска и определения характеристик очага возгорания // Известия вузов. Серия: Приборостроение. – 2012. – № 2. – С. 40-43.

7. Титов Д.В., Емельянов С.Г., Труфанов М.И. Устройство распознавания возгорания на основе двуальтернативных классификаторов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 1 (40). – С. 40-43.

8. Титов Д.В., Труфанов М.И. Модульное оптико-электронное устройство обнаружения пожара // Информационные технологии и математическое моделирование систем: сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Курск, 2011. – С. 164-165.

Получено 10.11.14

I.L. Egoshina, Doctor of Sciences, Professor of chair of radio engineering and medicobiological systems, Volga region State Technological University (e-mail: elusive7@mail.ru)

D.V. Titov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: amazing2004@inbox.ru)

AUTOMATIC FIRE DETECTION SYSTEM BASED ON CONTOUR ANALYSIS VIDEOIMAGES

A general structure of an automatic fire detection system and the results of a study video analysis algorithms for detecting based on contour analysis. Given contour extraction processes objects in the image and make decisions about the discovery of fire or the absence thereof.

***Key words**: automatic system; fire detection; contour; scalar product.*

УДК №004.056

А.В. Губарев, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: gybarev-av@yandex.ru)

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДЛИННОСТИ ПЕРЕДАВАЕМЫХ КОМАНДНЫХ СЛОВ

Предметом данной статьи является описание функциональной схемы устройства определения подлинности передаваемых командных слов, а именно описание принципа работы алгоритма приема-передачи командных слов, описание алгоритма построения устройством цепочки легальных командных слов, а также описание каждого из функциональных блоков устройства.

***Ключевые слова**: функциональная схема, алгоритм, командное слово, имитационная модель, имитоприставка, коллизия.*

***

Описание алгоритма

В настоящей статье описывается функциональная схема устройства определения подлинности передаваемых командных слов. В основе работы данного устройства лежит алгоритм, описанный в работе [1]. На основании данного алгоритма была построена имитационная модель [2], задачей которой было моделирование системы контроля подлинности командных слов, а также определение оптимальных характеристик данной системы, при которых передача командных слов происходит с наименьшим количеством коллизий, а также с наименьшей информационной избыточностью командных слов.

Основные этапы алгоритма определения подлинности передаваемых командных слов приведены ниже.

Приемник формирует пул легальных командных слов S_i, состоящих из информативной части, имитоприставки и порядкового номера КС с начала текущего пула – i. В процессе формирования пула к каждому командному слову применяется функция формирования имитоприставки заданной длины $F_{хеш}$.

Кроме того, с целью исключения передачи командного слова в открытом виде для каждого командного слова приемник выполняет следующую последовательность действий:

1) формирует слово $i' = F_A(S^{sec}, i)$;

2) формирует слово $S_i^{'} = F_B(S_i, i')$;

3) формирует слово $i'' = F_C(S_i^{'}, i)$;

4) отправляет в приёмник слово $\left\{ S_i^{'} \middle| i'' \right\}$.

Приёмник в свою очередь выполняет следующие операции:

1) определяет номер $i_{\text{пр}} = F_C^{-1}(S_i^{'}, i'')$;

2) определяет слово $i_{\text{пр}}^{'} = F_A(S^{sec}, i_{\text{пр}})$;

3) определяет содержимое полученного КС $S_i = F_B^{-1}(S_i^{'}, i_{\text{пр}}^{'})$,

где S^{sec} – секретное слово, известное и источнику, и приемнику;

F_A (B,A) – необратимое преобразование;

F_B (A,B) и F_C (B,A) – обратимые преобразования слова A в соответствии с ключом B, в результате которых длина получаемого слова равна длине слова A;

$F_B^{-1}(A,B)$; и $F_C^{-1}(B,A)$; – преобразования, обратные F_B (A,B) и F_C (B,A) соответственно.

Полученные командные слова буферизируются, а их имитоприставки проверяются по заданному алгоритму, в результате чего приемник выделяет цепочку командных слов, выданных легальным отправителем.

Функциональная схема устройства определения подлинности передаваемых командных слов представлена на рис. 1.

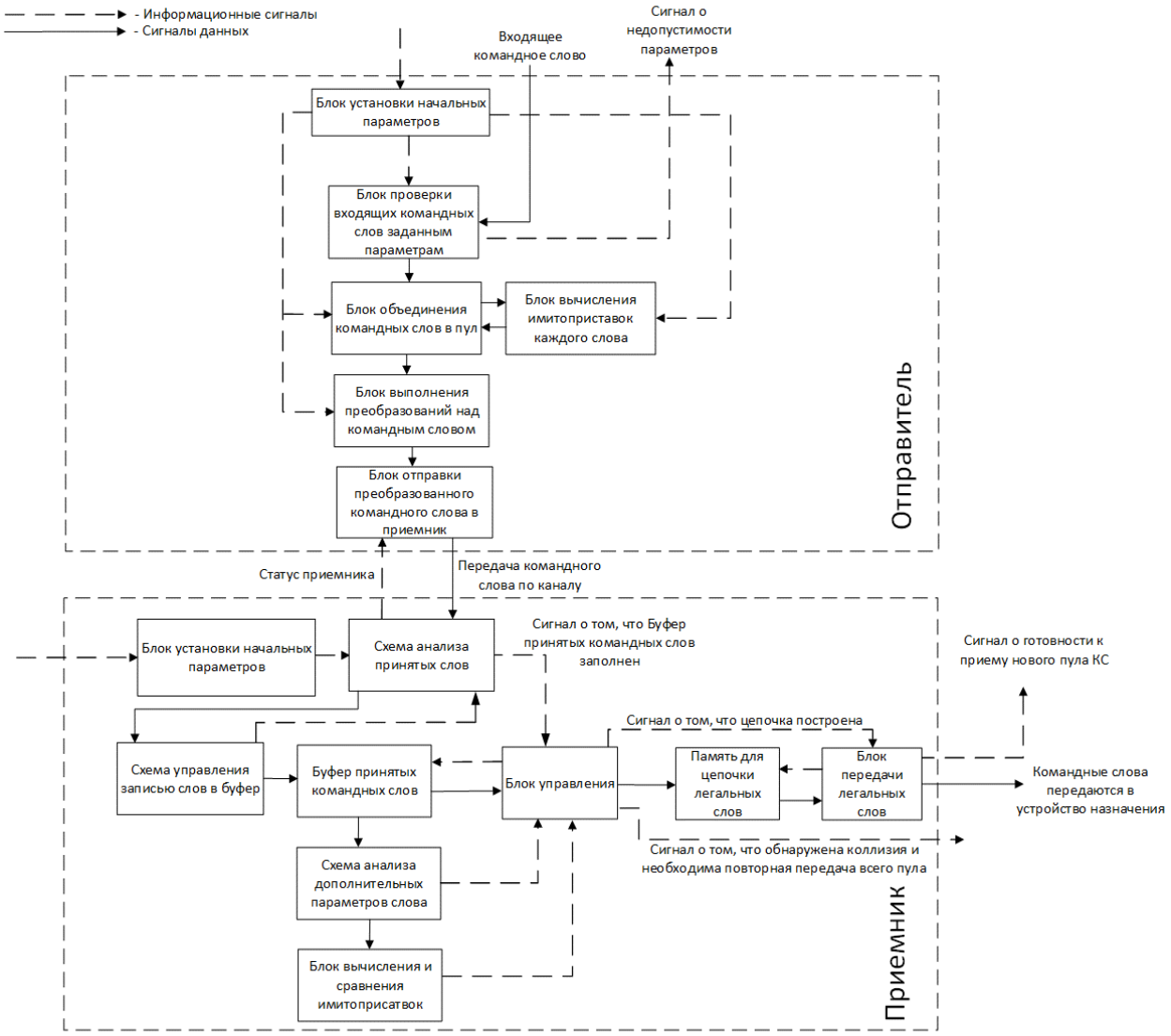


Рис. 1. Функциональная схема устройства определения подлинности передаваемых командных слов

Описание функциональной схемы

Устройство определения подлинности передаваемых командных слов с точки зрения выполняемых функций можно разделить на два сегмента.

Первый сегмент *(назовем его условно «Отправитель»)* отвечает за подготовку командных слов к передаче и саму передачу.

Второй сегмент *(дадим ему условное обозначение «Приемник»)* отвечает за прием пула командных слов и выборку из этого пула тех командных слов, которые были выданы «Отправителем».

Рассмотрим функциональные блоки [3] каждого из сегментов устройства определения подлинности передаваемых командных слов.

2.1. Описание функциональных блоков «Отправителя»

Как показано на рис. 1, «Отправитель» состоит из следующих функциональных блоков:

– Блок установки начальных параметров;

– Блок проверки входящих командных слов заданным параметрам;

– Блок объединения командных слов в пул;

– Блок вычисления имитоприставок каждого командного слова;

– Блок выполнения преобразований над командным словом;

– Блок отправки преобразованного командного слов в «Приемник».

При подготовке к передаче пула командных слов «Отправитель» выполняет ряд преобразований над каждым командным словом. Чтобы выполнить данные преобразования, в **Блоке установки начальных параметров** выставляются следующие параметры:

– размер пула командных слов;

– количество бит имитоприставки командного слова;

– количество бит информативной части;

– секретное слово, известное и источнику, и приемнику.

В **Блоке проверки входящих командных слов заданным параметрам** проверяется длина каждого поступающего командного слова на соответствие размеру информативной части, который устанавливается в предыдущем блоке. В случае, если длина входящего командного слова больше размера информативной части, формируется информационный сигнал о недопустимости передачи такого командного слова. Если же длина входящего командного слова меньше размера информативной части, к такому командному слову слева добавляется такое количество 0, которое необходимо, чтобы длина входящего командного слова стала равной размеру информативной части.

В следующем блоке, **Блоке объединения командных слов в пул**, входящие командные слова буферизируются и объединяются в пул для возможности вычисления имитоприставки командного слов, зависящей от информативных частей командных слов, предшествующих данному слову в пуле [1].

Для установления таких зависимостей каждое командное слово с начала пула поочередно отправляется в **Блок вычисления имитоприставок каждого слова.** Остановимся подробней на принципе работы данного блока. В основе формирования имитоприставки командного слова лежит операция суммирования по модулю 2 с определенным шагом, равным размеру имитоприставки командного слова. Блок объединения командных слов в пул после окончания формирования пула отправляет первое командное слово в Блок вычисления имитоприставок каждого слова. Последний в свою очередь вычисляет имитоприставку первого командного слова на основании вышеописанной операции. Полученная имитоприставка, во-первых, дописывается к командному слову, которое отправляется обратно в Блок объединения командных слов в пул, а во-вторых, записывается в память Блока вычисления имитоприставок каждого слова. После формирования имитоприставки первого командного слова в Блок вычисления имитоприставок каждого слова поступает следующее командное слово, над которым выполняется та же самая операция.

Промежуточный результат, который получился после выполнения преобразования над вторым командным словом, суммируется по модулю 2 с имитоприставкой первого командного слова, которая хранится в памяти. В результате полученная имитоприставка второго командного слова дописывается к командному слову и записывается в память Блока вычисления имитоприставок каждого слова.

Полученное командное слово с имитоприставкой, входящей в его состав, отправляется обратно в Блок объединения командных слов в пул.

Данный процесс происходит, пока для всех командных слов не будут сформированы их имитоприставки. Например, для командного слова размером 9 бит и имитоприставки размером 3 бита схематично данный процесс представлен на рис. 2.

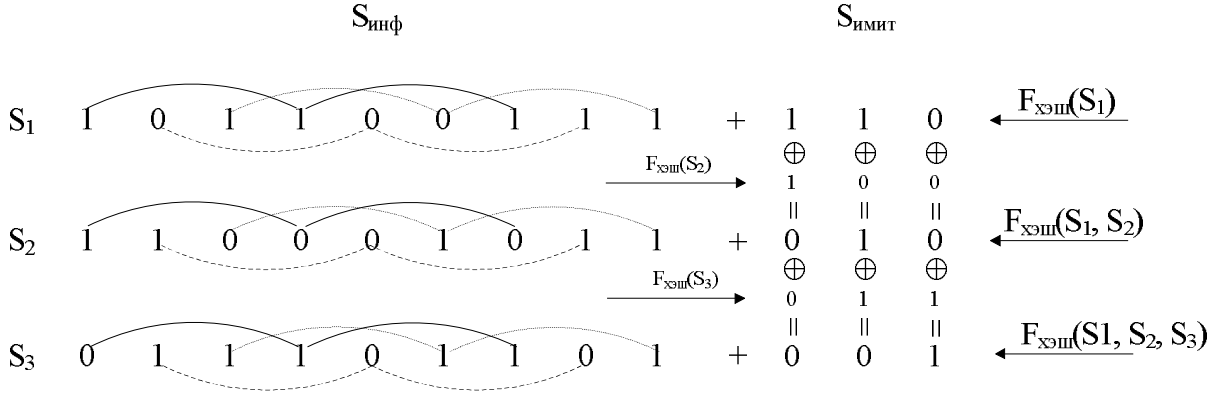


Рис. 2. Процесс формирования имитоприставки каждого командного слова

После окончания процесса формирования всех имитоприставок командных слов и получения последнего командного слова пула из Блока вычисления имитоприставок каждого слова Блок объединения командных слов в пул к каждому командному слову добавляет последовательность бит, которая представляет собой порядковый номер командного слова в пуле командных слов. Приняв во внимание ограничения разрядности портов контроллеров и стандарты интерфейсов [1], было принято, что размер передаваемого командного слова должен быть 16 бит (информативная часть). С целью предотвращения информационной избыточности, с одной стороны, и построения верифицируемого с приемлемой вероятностью пула командных слов, с другой, командные слова объединяются в пул по 32 слова.

Таким образом, Блок объединения командных слов в пул добавляет к каждому командному слову последовательность из 5 бит, которая отвечает за определение «Приемником» порядкового номера командного слова относительно начала пула командных слов.

После окончания формирования пула командных слов командные слова передаются в **Блок выполнения преобразования над командным словом.** В данном блоке над каждым командным словом выполняется ряд преобразований, как было описано выше, с целью исключения передачи командных слов в открытом виде.

После выполнения всех преобразований пул командных слов готов к передаче «Приемнику» через **Блок отправки преобразованного командного слова в приемник.** После получения пула командных слов данный блок отправляет «Приемнику» первое командное слово, после чего переходит в режим ожидания запроса

от «Приемника» на отправку следующего слова. По окончании передачи последнего командного слова из пула данный блок формирует «стоп-слово», размерность которого равна размерности простого командного слова, состоящее из 0, получение которого сообщит «Приемнику» о том, что все командные слова были переданы.

2.2. Описание функциональных блоков «Приемника»

Как уже было сказано выше, после прохождения всех функциональных блоков «Отправителя» пул командных слов передается «Приемнику».

«Приемник» состоит из следующих функциональных блоков:

– Блок установки начальных параметров;

– Схема анализа принятых слов;

– Схема управления записью слов в буфер;

– Буфер принятых командных слов;

– Схема анализа дополнительных параметров слова;

– Блок вычисления и сравнения имитоприставок;

– Блок управления;

– Память для хранения недостроенных цепочек;

– Память для цепочки легальных слов;

– Блок передачи легальных слов.

Как и в первом сегменте, **Блок установки начальных параметров** служит для установки размера пула командных слов, количества бит имитоприставки командного слова, количества бит информативной части. Данные параметры нужны Схеме анализа принятого слова для того, чтобы корректно выполнить обратные преобразования над поступающими в нее командными словами.

Схема анализа принятых слов после получения каждого командного слова от Блока отправки преобразованного командного слова в приемник сохраняет полученное командное слово во внутреннее запоминающее устройство (ОЗУ), после чего отправляет запрос Блоку отправки преобразованного командного слова в приемник на передачу следующего командного слова из пула командных слов. Данный процесс продолжается до тех пор, пока Схема анализа принятых слов не получает стоп-слово. После окончания процесса приема-передачи всего пула командных слов и сохранения принятых командных слов во внутреннее ОЗУ Схема анализа принятых слов из внутреннего ОЗУ выбирает первое принятое командное слово, над которым выполняет преобразования $F_A(B,A)$, $F_B^{-1}(A,B)$; и $F_C^{-1}(B,A)$; с целью получения исходного командного слова, после чего Схема анализа принятых слов переходит в режим ожидания запроса следующего принятого командного слова от **Схемы управления записью слов в буфер**.

Полученное командное слово отправляется в Схему управления записью слов в буфер, которая вычисляет порядковый номер КС j с начала текущего пула. [1]. Данный процесс происходит путем увеличения простого счетчика на единицу после поступления каждого последующего командного слова. Указанный номер записывается в конец командного слова с целью его последующего анализа при построении цепочки легальных командных слов.

После выполнения указанных действий, Схема управления записью слов в буфер должна определить, подходит ли данное командное слово под условие записи командных слов в **Буфер принятых командных слов** и, если подходит, то на какой ярус [1] в буфере необходимо поместить данное командное слово. Ярусом командного слова будем считать его порядковый номер относительно пула командных слов, который высчитывается «Отправителем» в Блоке объединения командных слов в пул.

Под условием записи командных слов в буфер понимается следующее:

$$i_{\text{пр}} = F_C^{-1}(S_i^{'}, i^{''}) \le \text{m}+1, \qquad (1)$$

где $i_{\text{пр}}$ – порядковый номер принятого командного слова;

m – максимальный ярус Буфера принятых командных слов.

В случае, если порядковый номер командного слова меньше или равен максимальному ярусу Буфера принятых командных слов плюс единица, данное командное слово записывается в буфер. В противном случае не прошедшее проверку (1) командное слово игнорируется.

После записи в Буфер принятых командных слов или игнорирования командного слова Схема управления записью слов в буфер отправляет Схеме анализа принятого слова сигнал о готовности обработать следующее командное слово.

Схема анализа принятых слов и Схема управления записью слов в буфер работают по вышеописанному алгоритму до тех пор, пока не будут обработаны все командные слова, записанные во внутреннее ОЗУ. В этом случае Схема анализа принятых слов отправляет в **Блок управления** сигнал о том, что все командные слова получены и Буфер принятых командных слов содержит все принятые командные слова, удовлетворяющие условию записи командных слов в буфер.

Блок управления**,** получив от Схемы анализа принятого слова сигнал о том, что Буфер принятых командных слов заполнен, выбирает из буфера пару командных слов и отправляет их на проверку в Схему анализа дополнительных параметров слова, сохраняя при этом номера ярусов командных слов из пары и их порядковые номера на ярусе.

Общий алгоритм выбора пары проверяемых командных слов Блоком управления представлен на рис. 3.

Итогом выполнения данного алгоритма будет полный перебор всех командных слов, находящихся в Буфере принятых командных слов. **Схема анализа дополнительных параметров слова**, получив из буфера пару командных слов, сравнивает их порядковые номера *j* относительно начала пула, которые были высчитаны в Схеме управления записью слов в буфер. Данная проверка необходима для того, чтобы предотвратить лишние вычисления имитоприставок и появление цепочек, которые могут быть приняты «Приемником» как легальные, но содержать при этом заведомо ложные командные слова.

Легальное командное слово, находящееся на *i*-м ярусе, не может иметь порядковый номер относительно начала пула *j* больше, чем легальное слово, находящееся на ярусе (*i+1*). В противном случае одно из командных слов не является легальным.

В случае, если сравниваемые порядковые номера не проходят проверку, Схема анализа дополнительных параметров слова подает сигнал Блоку управления о том, что она готова принять новую пару командных слов, которая выбирается по вышеописанному алгоритму. Если порядковые номера командных слов удовлетворяют условиям проверки, данная пара командных слов отправляется в Блок вычисления и сравнения имитоприставок.

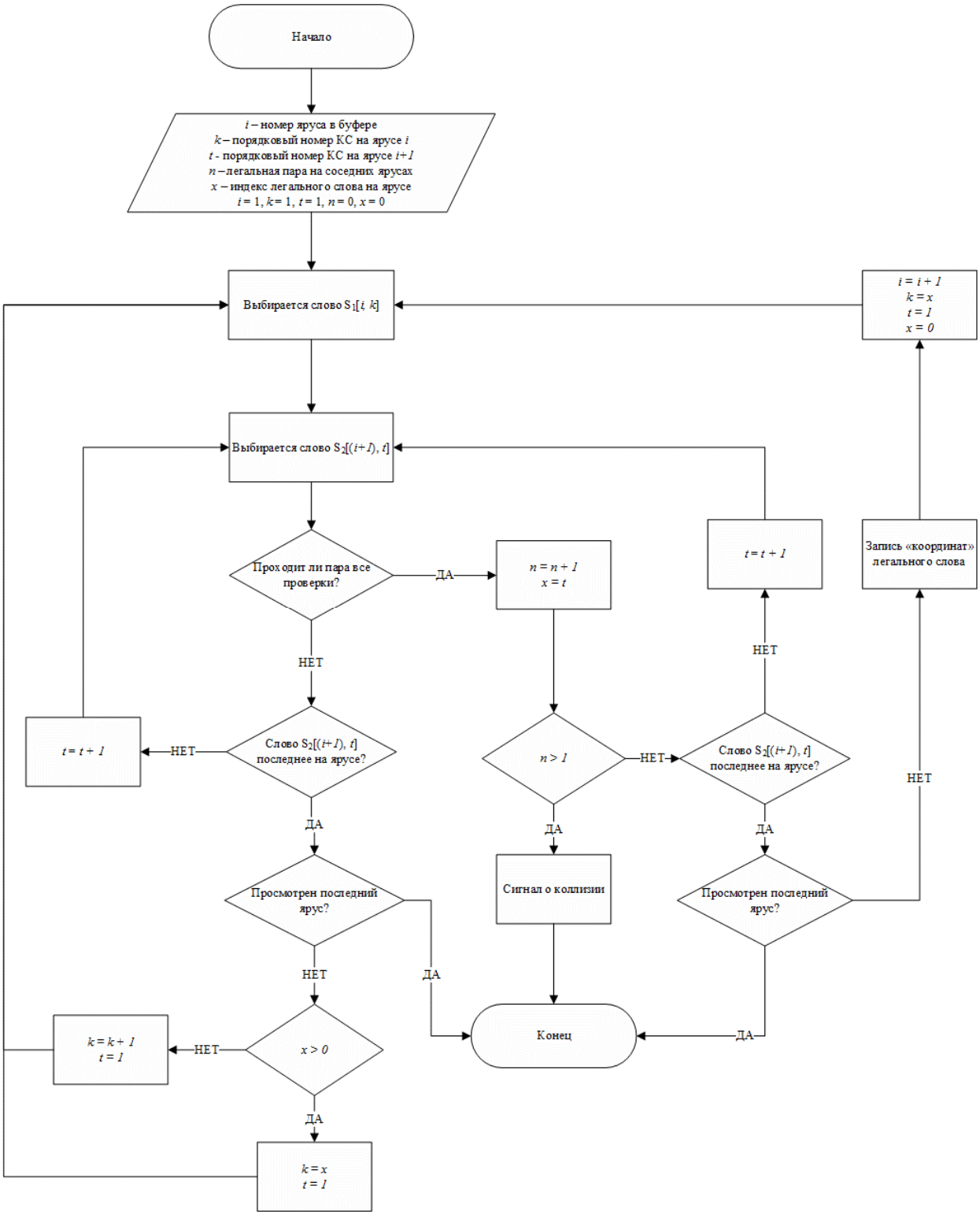


Рис. 3. Алгоритм выбора пары проверяемых командных слов

Блок вычисления и сравнения имитоприставок, получая пару командных слов, вычисляет их имитоприставки по обратному алгоритму, описанному в Блоке вычисления имитоприставок каждого слова, и сравнивает их зависимости одной от другой. В случае, если имитоприставки не удовлетворяют условиям проверки, Блок вычисления и сравнения имитоприставок подает сигнал Блоку управления о необходимости передачи новый пары командных слов. В случае же, если имитоприставки удовлетворили условиям проверки, в Блок управления подается сигнал о том, что проверяемые командные слова можно считать легальными.

Стоит отметить, что если при выполнении проверки на одном ярусе окажутся хотя бы два командных слова, которые Блок вычисления и сравнения имитоприставок посчитает легальными, в Блок управления будет подан сигнал об обнаружении коллизии, который в свою очередь подаст сигнал о необходимости повторной передачи пула командных слов. Расчет вероятности возникновения коллизии проведен в работе [4].

При получении сигнала о том, что проверяемые слова можно считать легальными, Блок управления во внутреннюю память записывает «координаты» командных слов, то есть ярус командного слова и его порядковый номер на ярусе для дальнейшего построения цепочки легальных слов.

После выполнения вышеописанного алгоритма и прохождения последней парой командных слов через Блок вычисления и сравнения имитоприставок в памяти Блока управления будут содержаться «координаты» всех легальных командных слов. Блок управления в соответствии с этими «координатами» выбирает из Буфера принятых командных слов легальные командные слова и отправляет их в **Память для цепочки легальных слов**.

После успешного заполнения Памяти для цепочки легальных слов Блок управления подает сигнал **Блоку передачи легальных слов** о том, что цепочка успешно построена. При получении такого сигнала Блок передачи легальных слов осуществляет доступ к Памяти для цепочки легальных слов и считывает из нее по одному командному слову. Блок передачи легальных слов после получения командного слова выделяет из него информативную часть, то есть непосредственно саму команду, и отправляет ее в устройство назначения.

Данный алгоритм повторяется, пока не будут прочитаны и отправлены все командные слова из Памяти для цепочки легальных слов**.**

Список литературы

1. Таныгин М.О. Верификация данных, передаваемых между устройством и программным обеспечением // Электронные средства и системы управления: материалы докладов Международной научно-практической конференции (13–16 октября 2010 г.): в 2 ч. – Томск: В-Спектр, 2011.– Ч. 2. – С. 49 – 52.

2. Королев А. Л. Компьютерное моделирование. – М.: Бином; Лаборатория знаний, 2010. – 232 с.

3. Лаврентьев Б.Ф. Схемотехника электронных средств: учебное пособие. – М.: Изд.центр «Академия», 2010. – 309 с.

4. Таныгин М. О. Расчёт вероятности возникновения коллизий при использовании алгоритма контроля подлинности сообщений // Известия

Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – № 2-2. – С. 179-182.

Получено 11.11.14

A.V. Gubarev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: gybarev-av@yandex.ru)

DESCRIPTION OF FUNCTIONAL FLOW BLOCK DIAGRAM OF DEVICE FOR AUTHENTICATION INSTRUCTION WORDS

The subject of this paper is a description of functional flow block diagram of device for authentication instruction words, namely a description of algorithm of instruction words reception and transmission, description of algorithm of creation of a chain of legal instruction words by device, and a description of each of the functional device's blocks.

***Key words**: functional flow block diagram, algorithm, instruction word, simulation model, MAC, collision.*

УДК 621.3

Н.С. Иванов, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(e-mail: kolyanvm@yandex.ru)

А.Б. Мишин, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(тел.: (4712)58-71-12)

В.С. Панищев, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)
(тел.: (4712)58-71-12)

УСТРОЙСТВО ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МАТРИЦЕЙ КМОП-ДАТЧИКА, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЧЕТЧИКА ВРЕМЕНИ НАКОПЛЕНИЯ ЗАРЯДА

Предложена структура устройства, использующего способ формирования сигнала изображения на основе данных времени накопления заряда пикселями КМОП-матрицы, что позволяет увеличить показатели динамического диапазона.

***Ключевые слова**: видеодатчик, КМОП-приемник излучения, динамический диапазон.*

***

В современных цифровых устройствах всё большее распространение получают полностью интегрированные системы сбора и обработки информации, в которых также возможно использование предварительной обработки сигнала. Показателем интереса к данному классу схем является спрос на малопотребляющие и компактные системы формирования изображений, а именно на разработку фото- и видеодатчиков на основе КМОП-технологии.

В таких фоточувствительных матрицах схемы управления обеспечивают возможность прямого доступа к произвольной ячейке или выборочной области, что значительно расширяет возможности фильтрации и обработки (в том числе параллельной) сигналов изображения.

Внутренняя архитектура КМОП-сенсоров может быть различной. Так, в качестве фоточувствительного элемента могут выступать фотодиоды или фототранзисторы. Независимо от типа фоточувствительного элемента неизменным остается принцип разделения дырок и электронов, получаемых в процессе фотогенерации [1].

Для датчиков изображения обязательным является наличие аналого-цифрового преобразователя, который преобразует аналоговые сигналы светочувствительного сенсора в цифровой код. В большинстве случаев он предназначен для дискретизации непрерывного аналогового сигнала и ха-

рактеризуется частотой отсчетов, определяющих промежутки времени, через которые производится замер аналогового сигнала.

При формировании изображения в виде цифрового кода применяют также КМОП-структуру, основанную на времени асинхронного считывания [2]. В такой схеме используется зависимость времени накопления заряда пикселей от уровня освещенности. Поэтому, зная данные временные интервалы для каждого пикселя, можно получить и цифровое представление.

Каждый считывающий элемент в таком случае содержит фотодиод с транзистором сброса, компаратор и блок управляющей логики. Если обозначить U_{ph} как фактическое напряжение на фотодиоде, напряжение сброса U_{reset} , то уровень сигнала выражается как

$$U_{sig} = U_{reset} - U_{ph}.$$

Это отношение показано на рисунке 1. Первоначально фотодиод сброшен до напряжения сброса U_{reset}. В момент начала считывания (T0) рабочей сцены транзистор сброса открывается, и фототок начинает разряжать фотодиод. При этом напряжение сигнала пропорционально уровню освещенности и времени накопления заряда пикселем (T1), как видно на графике.

Например, два пикселя КМОП-матрицы, соответствующие координатам (x_1,y_1) и (x_2,y_2), имеют уровень освещенности E_1 и E_2. Когда напряжение на фотодиоде U_{ph} становится меньше глобального опорного напряжения U_{ref} , компаратор переключается, и пиксель посылает импульс на выход в момент времени t_k (рис. 2).

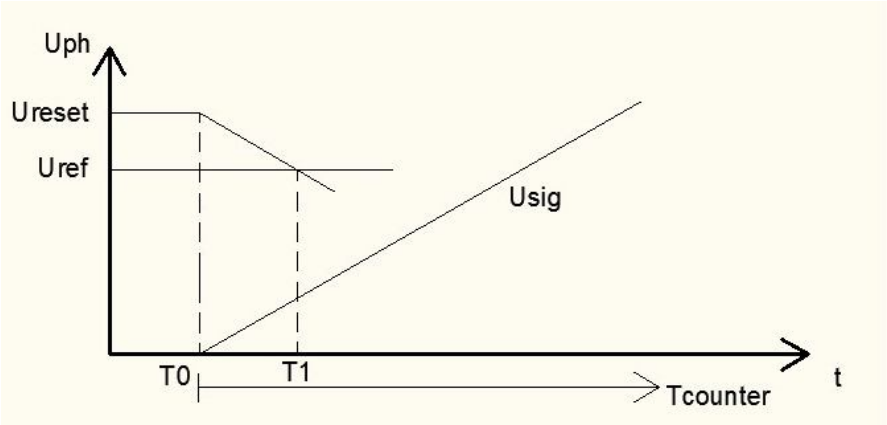


Рис. 1. Изменение напряжения на фотодиоде с течением времени

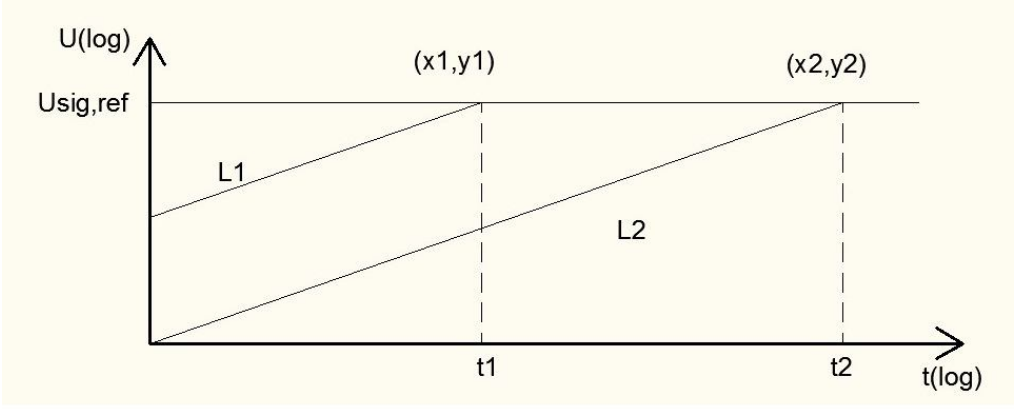


Рис. 2. График считывания интервалов времени

Таким образом, для любых двух пикселей с освещенностью E_1 и E_2 и временем накопления заряда t_1 и t_2 справедливо следующее равенство:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{t_2}{t_1}.$$

Уровень освещенности пикселей вычислен из полученной информации о временных интервалах. Необходимая в большинстве случаев схема аналого-цифрового преобразования может быть заменена цифровым счетчиком, который подсчитывает времена импульсов от каждого пикселя матрицы.

Для такой схемы характеристику динамического диапазона можно вычислить как

$$DR_{\max} = 20\log\frac{L_{\max}}{L_{\min}} = 20\log\frac{t_{\text{наиб}}}{t_{\text{наим}}}.$$

Пиксель накапливает сигнал максимально долгий интервал времени, который в таком случае ограничен только темновым током и составляет несколько десятков секунд. С другой стороны, самый короткий интервал накопления заряда для предложенной схемы равен 1 микросекунде. Таким образом, данная зависимость в подобных схемах использования асинхронного считывания сигнала позволяет достичь динамического диапазона выше 140 дБ (20 log(20s/1μs) = 146 *dB*) [2] .

Чтобы использовать преимущества данного способа формирования изображения, предложена структурная схема датчика (рис. 3). В правой части расположена матрица пикселей *MxL*, каждый из которых имеет свой фотодиод с транзистором сброса, компаратор и логический блок управления.

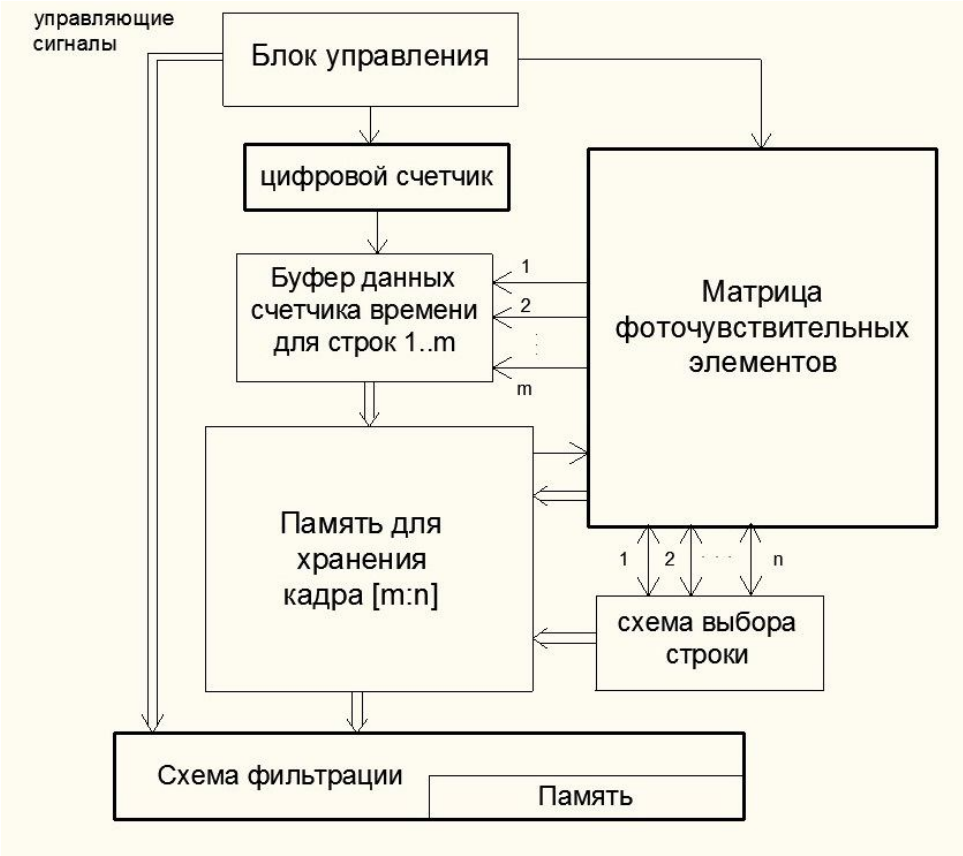


Рис. 3. Структурная схема устройства приема и обработки изображения

Блок памяти данных для строк предназначен для записи значений счетчика в текущий момент времени.

Буфер памяти кадра, такой же размерности, как матрица пикселей, необходим, чтобы использовать параллельную запись значений освещенности и увеличить пропускную способность считывания.

Для корректной записи данных времени присутствует схема выбора строки, которая обеспечивает правильность подачи адреса единственной активной строки в каждый момент времени. От матрицы пикселей в память подаются параллельно сигналы всех активных пикселей для записи в нужные столбцы.

С помощью блока управления осуществляется передача сигналов начала считывания к цифровому счетчику и матрице пикселей, а также управление параметрами фильтрации для обработки полученного изображения [3].

Запись цифрового значения счетчика в память можно рассмотреть как процесс аналого-цифрового преобразования временного интервала. После начала считывания рабочей сцены и включения цифрового счетчика процесс получения цифровых данных изображения можно описать так:

1. Запись данных цифрового счетчика в буфер по сигналу компаратора пикселя строки *m*.

2. Подача активного сигнала с линии строки *m* на схему выборки.

3. Передача сигналов записи (параллельно) от всех пикселей с активными линиями для выбора соответствующих столбцов.

4. Запись значения времени накопления из буфера в память кадра по активным линиям столбца и адресу строки, полученному от блока выбора строки.

5. Подача сигнала «конец считывания» к матрице чувствительных элементов, что снимает сигналы с уже прочитанных пикселей.

6. Конец цикла считывания и запись значений для других строк.

По окончании записи кадра цифровой счетчик и состояние пикселей матрицы сбрасываются. Полученный кадр изображения передается на схему фильтрации. По окончании вычислений блок управления подает сигнал сброса на цифровой счетчик, и следует формирование изображения следующего кадра.

Схема фильтрации реализуется на основе нейроподобной двухслойной сети с линейной функцией активации для выходного нейрона и сигмоидальной – для нейронов скрытых слоев. Обработка кадра выполняется построчно.

Матрица входных сигналов (входной слой) (дискретные отсчеты яркости для каждого пикселя входного изображения, размер которого mxl) запишется в виде

$$Y = \left[\begin{array}{cc:c} y(1,1) & y(1,2) & y(1,l) \\ y(2,1) & y(2,2) & y(2,l) \\ \hdashline y(m,1) & y(m,2) & y(m,l) \end{array}\right].$$

Матрица изображения и матрица нейронов представляется в виде векторов

$$Y1 = \left[\begin{array}{c} y(1,1) \\ \hdashline y(1,2) \\ \hdashline y(1,l) \\ \hdashline y(2,1) \\ \hdashline y(m,l) \end{array}\right], \qquad Q1 = \left[\begin{array}{c} q(1,1) \\ \hdashline q(1,2) \\ \hdashline q(1,l) \\ \hdashline q(2,1) \\ \hdashline q(m,l) \end{array}\right].$$

Элемент w_{ij}, т.е. элемент *i*-й строки *j*-го столбца, представляет собой

значение веса связи, соединяющей *j*-й нейрон с *i*-м входом.

Фрагмент структуры сети и схема фильтрации представлены на рисунке 4, где *y(i,j)* – значения яркостей точек обрабатываемого изображения, *Q(i,j)* – получаемые значения яркостей, Out – блок вычисления функции активации.

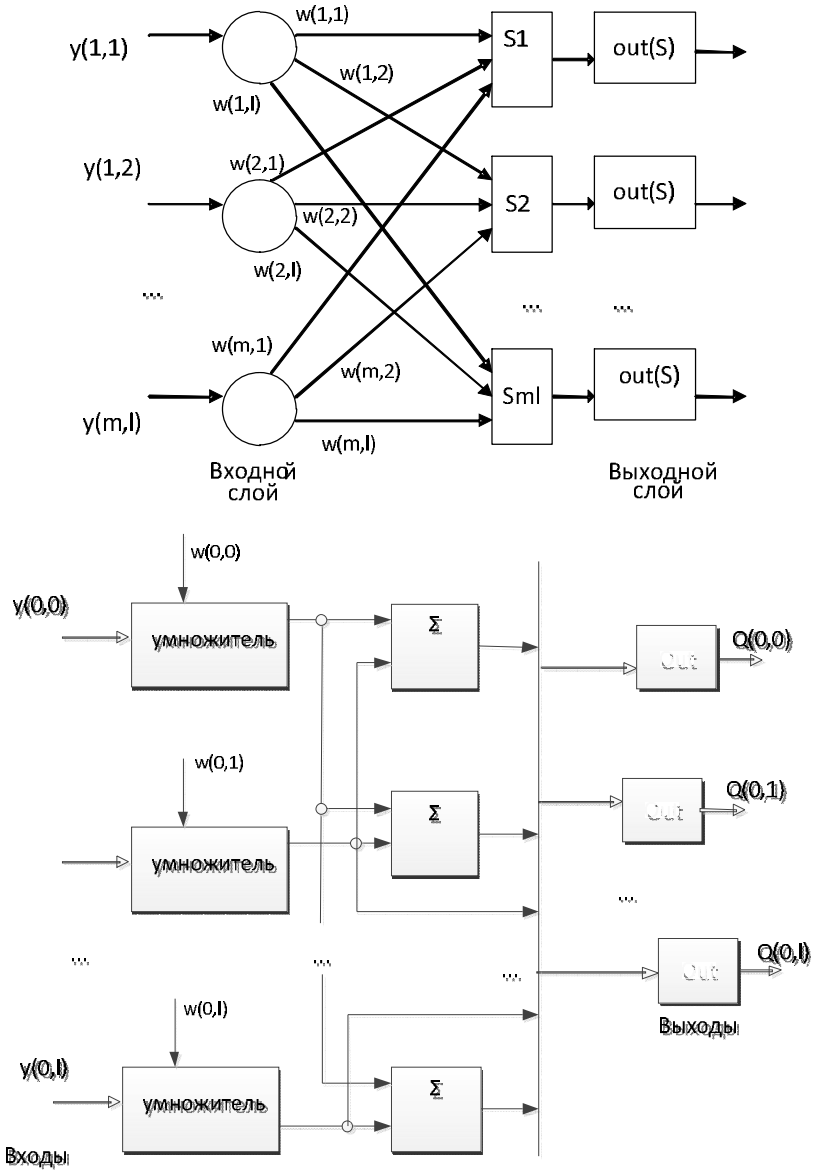


Рис. 4. Фрагмент структуры нейросети для фильтрации изображений и схема фильтрации

Даная схема обладает однородной структурой и легко реализуется на ПЛИС. Время выполнения обработки строки изображения при использовании параллельно-конвейерной организации вычислений состовляет около 400 нс [3, 4].

Предложенная структура позволяет получить улучшенное значение динамического диапазона по сравнению со схемой, использующей аналого-цифровое преобразование входящего сигнала, за счет использования асинхронной схемы считывания получить низкое энергопотребление, а конвейерно-параллельная организация схемы фильтрации обеспечить пред-

варительную обработку изображения в режиме реального времени.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ, номер МК-2932.2013.8.

Список литературы

1. Титов В.С., Яковлева В.С., Панищев В.С. Адаптивные видеодатчики на базе КМОП-приемников излучения с активными пикселями / Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2008. – 100 с.

2. Xiaochuan G. A time-based asynchronous readout cmos image sensor. – Florida: University of Florida, 2002. – 118p.

3. Иванов Н.С., Решетникова В.П. Видеодатчик с предварительной обработкой изображения // Датчики и системы. – 2012. – № 4. – С. 60.

4. Полунин А.В., Болецкий Е.Б., Труфанов М.И. Аппаратно-ориентированные алгоритмы формирования трехмерной модели рабочей сцены бинокулярным вариофокальным оптико-электронным устройством // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2014. – № 2. – С. 60-66.

Получено 14.11.14

N.S. Ivanov, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kolyanvm@yandex.ru)

A.B. Mishin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712)58-71-12)

V.S. Panischev, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712)58-71-12)

THE IMAGE PROCESSING DEVICE, THE RESULTING MATRIX CMOS SENSOR USING A TIME COUNTER CHARGE ACCUMULATION

A structure of the apparatus using a method for forming an image signal based on the charge accumulation time of the pixels CMOS matrix, thus increasing the dynamic range performance.

***Key words**: video sensor, CMOS radiation detector dynamic range.*

УДК517.982

В.И. Дмитриев, канд. физ.-мат. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (тел.: (4712)52-38-24)

ОБ ИНТЕРПОЛЯЦИИ НЕПРЕРЫВНОСТИ АБСОЛЮТНО СУММИРУЮЩИХ ОПЕРАТОРОВ

Описывается структура интерполяционных орбит элементов некоторых банаховых пар при действии абсолютно суммирующих операторов.

***Ключевые слова**: банахова пара, абсолютно суммирующий оператор, интерполяционная орбита.*

***

В вычислительной математике существенно значимыми являются оценки скорости вычислительных процессов. Такие оценки во многих случаях представляют собой оценки норм линейных операторов в подходящих нормированных пространствах. В настоящей работе оценивание норм операторов основывается на идее интерполяционных пространств. А именно: имея простые оценки для оператора в двух «крайних» пространствах, мы получаем достаточно сильные оценки для оператора во всех

«промежуточных» пространствах. В работе мы используем язык функционального анализа.

Линейный оператор T, отображающий банахово пространство A в банахово пространство B, называется абсолютно суммирующим, в записи T: $A \xrightarrow{as} B$, если он преобразует безусловно сходящиеся ряды в абсолютно сходящиеся, т.е. эквивалентно, если существует постоянная $k > 0$, такая, что

$$\sum_n \| Ta_n \|_B \le k \max_{\varepsilon_n = \pm 1} \| \sum_n \varepsilon_n a_n \|_A$$

для любых конечных наборов (a_n) элементов пространства A.

Пусть $\overline{A} = (A_0, A_1)$ и $\overline{B} = (B_0, B_1)$ − банаховы пары. Линейный оператор T: $\Sigma(\overline{A}) \to \Sigma(\overline{B})$ абсолютно суммирует из $\overline{A}$ в $\overline{B}$, в записи T: $\overline{A} \xrightarrow{as} \overline{B}$, если T: $A_i \xrightarrow{as} B_i$, $i = 0,1$.

В настоящей статье приводится простое доказательство теоремы об интерполяции свойства непрерывности абсолютно суммирующих операторов T: $\overline{A} \xrightarrow{as} \overline{B}$. В этой теореме утверждается, огрубляя, что такие операторы непрерывно отображают пространство Орлича (Кальдерона−Лозановского) $\varphi(\overline{A})$ в пространство Лоренца $\Lambda_{\varphi^*}(\overline{B})$. Получено также полное описание орбит $Orb(a; \overline{A} \xrightarrow{as} \overline{B})$ элементов $a \in \Sigma(\overline{A})$ для некоторых типов банаховых пар $\overline{A}$ и $\overline{B}$.

Относительно основных понятий, терминологии, обозначений и фактов, используемых в статье, смотри [4, 7], а также [1−3,5]. Во избежание недоразумений поясним лишь некоторые вещи. «Оператор» всюду ниже означает «линейный непрерывный оператор», непрерывность отмечается простой стрелкой, например, T: $A \to B$. Вложение $\overline{A} \subset \overline{B}$ банаховых пар $\overline{A}$ и $\overline{B}$ означает, что тождественный оператор непрерывен из $\overline{A}$ в $\overline{B}$. Аббревиатура БИП означает «банахово идеальное пространство».

БИП F последовательностей с весом w обозначается через F(w).

Если F−БИП последовательностей, $n \in suppF$, то $e_n = (\delta_{mn}) \in F$, где $\delta_{mn} = 0$ при $m \ne n$, $m \in suppF$, $\delta_{nn} = 1$.

Всюду ниже, образуя банахову пару (F_0, F_1) БИП последовательностей, мы предполагаем, что $suppF_0 = suppF_1$.

Наконец, если F−БИП последовательностей, то через F' обозначается БИП последовательностей, ассоциированное с F (дуальное относительно билинейной формы $\langle f, g \rangle = \sum_n f_n g_n$).

Лемма 1. Если F−БИП последовательностей, B − банахово пространство, T: $F \xrightarrow{as} B$, то $(\| Te_n \|_B) \in F'$.

Доказательство.

В силу абсолютной суммируемости оператора T имеем при $f = (f_n) \in F$

$$\sum_n \| T(f_n e_n) \|_B \le k \max_{\varepsilon_n = \pm 1} \left\| \sum_n \varepsilon_n f_n e_n \right\|_F$$

для любого конечного множества номеров n.

Но очевидно, что

$$\left\| \sum_n \varepsilon_n f_n e_n \right\|_F \le \| f \|_F,$$

поэтому $\sum_n |f_n| \| Te_n \|_в \le k \| f \|_F$.

Это и означает, что $(\| Te_n \|_в) \in F'$.

Лемма доказана.

Лемма 2. Пусть $\varphi \in \mathbf{P}_0$,

$T: \bar{c}_0 \xrightarrow{as} \bar{B}$.

Тогда

$$T(\varphi(2^n)) \in \Lambda_{\varphi^*}(\bar{B}).$$

Доказательство.

Имеем

$$(\varphi(2^n)) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \varphi(2^n) e_n ,$$

ряд сходится в $\Sigma(\bar{c}_0) = c_0 + c_0(2^{-n})$.

Так как $T: \Sigma(\bar{c}_0) \to \Sigma(\bar{B})$, то

$$T(\varphi(2^n)) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \varphi(2^n) Te_n , \quad (1)$$

ряд сходится в $\Sigma(\bar{B}) = B_0 + B_1$.

Здесь $Te_n \in B_0 \cap B_1$ и

$$\varphi^*\left(\| \varphi(2^n) Te_n \|_{B_0}, \| \varphi(2^n) Te_n \|_{B_1} \right) =$$

$$= \varphi(2^n) \varphi^*\left(\| Te_n \|_{B_0}, \| Te_n \|_{B_1} \right) =$$

$$= \varphi(1, 2^n) \varphi^*\left(\| Te_n \|_{B_0}, \| Te_n \|_{B_1} \right) \le$$

в силу неравенства

$$\varphi(a,b)\varphi^*(c,d) \le \max\{ac, bd\}$$

$$\le \max\left(\| Te_n \|_{B_0}, 2^n \| Te_n \|_{B_1} \right).$$

Но, по лемме 1,

$$(\| Te_n \|_{B_0}) \in c_0' = \ell_1 ,$$

$$(\| Te_n \|_{B_1}) \in (c_0(2^{-n}))' = \ell_1(2^n).$$

Следовательно,

$$\left(\varphi^*\left(\| \varphi(2^n) Te_n \|_{B_0}, \| \varphi(2^n) Te_n \|_{B_1} \right) \right) \in \ell_1 . \quad (2)$$

Соотношения (1) и (2) означают, что $T(\varphi(2^n)) \in \Lambda_{\varphi^*}(\bar{B})$.

Лемма доказана.

Теперь установим теорему об интерполяции свойства непрерывности абсолютно суммирующих операторов.

Теорема 1. Если $\varphi \in \mathbf{P}_0$ и $T: \bar{A} \xrightarrow{as} \bar{B}$, то

$$T: \; G_{3,\varphi}(\bar{A}) \to \Lambda_{\varphi^*}(\bar{B}).$$

Доказательство.

Пусть $a \in G_{3,\varphi}(\bar{A})$, $b = Ta$.

Тогда $a = S(\varphi(2^n))$, где $S: \bar{c}_0 \to \bar{A}$.

Значит, $b = TS(\varphi(2^n))$, причем $TS: \bar{c}_0 \xrightarrow{as} \bar{B}$.

По лемме 2, $b \in \Lambda_{\varphi^*}(\bar{B})$.

Теорема доказана.

Следствие.

Пусть $\bar{F} = (F_0, F_1)$ − пара БИП, $\varphi \in \mathbf{P}_0$.

Тогда

$$T: \bar{F} \xrightarrow{as} \bar{B} \Rightarrow T: \varphi(\bar{F}) \to \Lambda_{\varphi^*}(\bar{B}).$$

Доказательство.

Утверждение вытекает из справедливости вложений $\varphi_\ell(\bar{A}) \subset G_{3,\varphi}(\bar{A})$ и $\varphi(\bar{F}) \subset \varphi_\ell(\bar{F})$ и теоремы 1 (относительно функторов Овчинникова φ_ℓ и Янсона $G_{3,\varphi}$, а также конструкции Кальдерона−Лозановского φ см.[4] и [6]). Следствие установлено.

Приведем некоторое дополнение (возможно, полезное) к теореме 1. Рассмотрим банахову пару $(\ell_1(v), F)$, где F − правильное БИП последовательностей.

Теорема 1′. Для $\varphi \in \mathbf{P}$

$$T: \begin{array}{c} \ell_1(v) \to B_0 \\ F \xrightarrow{as} B_1 \end{array} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad T: \ \varphi(\ell_1(v), F) \to \Lambda_{\phi^*}(\bar{B}).$$

Доказательство получается воспроизведением доказательства леммы 2 с использованием теоремы Лозановского о том, что $\varphi^*((\ell_1(v))', F') = (\varphi(\ell_1(v), F))'$.

Обратимся теперь к орбитам элементов $f \in \Sigma(\bar{F})$ относительно совокупности операторов T: $\bar{F} \xrightarrow{as} \bar{B}$.

Теорема 2. Пусть $\bar{F} = (F_0, F_1)$ – пара правильных БИП последовательностей, $f \in \Sigma(\bar{F})$. Тогда

$$Orb(f; \bar{F} \xrightarrow{as} \bar{B}) \subset$$

$$\subset \bigcup_{\overline{\ell_1(w)} \supset \bar{F}} Orb(f; \overline{\ell_1(w)} \to \bar{B})$$

(это означает, что любой элемент, получающийся из элемента f при действии из $\bar{F}$ абсолютно суммирующего оператора, может быть получен из элемента f действием оператора из некоторой весовой ℓ_1 – пары, более широкой, чем $\bar{F}$).

Доказательство.

Пусть T: $\bar{F} \xrightarrow{as} \bar{B}$. Возьмем какие-нибудь положительные последовательности в пространствах F_0' и F_1', скажем, $\varepsilon_0 = (\varepsilon_{0n})$ и $\varepsilon_1 = (\varepsilon_{1n})$ соответственно.

Положим $w_{in} = \|Te_n\|_{B_i}$, если $Te_n \neq 0$, и $w_{in} = \varepsilon_{in}$, если $Te_n = 0$.

В силу леммы 1 и выбора ε_i получим две весовые последовательности $w_{in} = (w_{in}) \in F_i'$, $i = 0,1$, а тем самым и два весовых ℓ_i-пространства $\ell_1(w_i) \supset F_i$, т.е. получим пару $\overline{\ell_1(w)}$, такую, что $\overline{\ell_1(w)} \supset \bar{F}$.

Для $x = (x_n)$ определим $Sx = \sum_n x_n Te_n$ (формальное расширение оператора T).

При $x \in \ell_1(w_i)$ имеем

$$\|Sx\|_{B_i} \le \sum_n |x_n| \|Te_n\|_{B_i} \le$$

$$\le \sum_n |x_n| w_{in} = \|x\|_{\ell_1(w_i)} .$$

Таким образом, S: $\overline{\ell_1(w)} \to \bar{B}$.

Кроме того, поскольку T непрерывен из $F_0 + F_1$ в $B_0 + B_1$,

$$Sf = \sum_n f_n Te_n = T(\sum_n f_n e_n) = Tf .$$

Этим доказано требуемое вложение.

Для сравнения с теоремой 2 отметим, что справедлива

Теорема 3.

$$Orb(f; \bar{F} \to \bar{B}) \supset$$

$$\supset \bigcup_{\overline{\ell_1(w)} \supset \bar{F}} Orb(f; \overline{\ell_1(w)} \to \bar{B}).$$

Доказательство почти очевидно. В самом деле, если $b = Sf$, где S: $\overline{\ell_1(w)} \to \bar{B}$, $f \in \Sigma(\bar{F})$, то, взяв сужение T оператора S на пару $\bar{F} \subset \overline{\ell_1(w)}$, получим T: $\bar{F} \to \bar{B}$ и $Tf = Sf = b$.

Приведем еще (возможно, полезное) дополнение к теореме 2.

Теорема 2′. Пусть F – правильная БИП последовательностей.

Тогда

$$Orb(f; \ell_1(v) \to B_0, F \xrightarrow{as} B_1) \subset$$

$$\subset \bigcup_{\ell_1(w) \supset F} Orb(f; \ell_1(v) \to B_0, \ell_1(w) \to B_1).$$

Насколько точна указываемая теоремой 2 оценка орбиты $\mathrm{Orb}(\mathrm{f};\overline{\mathrm{F}} \xrightarrow{\mathrm{as}} \overline{\mathrm{B}})$?

Оказывается, существует довольно много банаховых пар $\overline{\mathrm{B}}$, для которых вложение из теоремы 2 в действительности является равенством.

Теорема 4. В условиях теоремы 2 дополнительно предположим, что интерполяция из пары $\overline{\ell}_2$ в пару $\overline{\mathrm{B}}$ является К-монотонной.

Тогда

$$\mathrm{Orb}\,(\mathrm{f};\,\overline{\mathrm{F}} \xrightarrow{\mathrm{as}} \overline{\mathrm{B}}) = \\ = \bigcup_{\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \supset \overline{\mathrm{F}}} \mathrm{Orb}\,(\mathrm{f};\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \to \overline{\mathrm{B}}).$$

Объединение здесь берется по всевозможным парам $\overline{\ell_1(\mathrm{w})}$, таким, что $\overline{\mathrm{F}} \subset \overline{\ell_1(\mathrm{w})}$.

Доказательство.

Достаточно доказать вложение, противоположное вложению, установленному в теореме 2.

Пусть $\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \supset \overline{\mathrm{F}}$ и $\mathrm{b} \in \mathrm{Orb}(\mathrm{f};\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \to \overline{\mathrm{B}})$.

Из последнего включения для элемента b имеем $\mathrm{K}(\mathrm{t},\mathrm{b},\overline{\mathrm{B}}) \prec \mathrm{K}(\mathrm{t},\mathrm{f},\overline{\ell_1(\mathrm{w})})$.

Выберем теперь в сумме $\sum(\overline{\ell}_2)$ элемент h так, чтобы $\mathrm{K}(\mathrm{t},\mathrm{h};\overline{\ell}_2) \sim \mathrm{K}(\mathrm{t},\mathrm{f};\overline{\ell_1(\mathrm{w})})$.

Поскольку интерполяция из $\overline{\ell_1(\mathrm{w})}$ в $\overline{\ell}_2$ является К−монотонной, то существует оператор R: $\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \to \overline{\ell}_2$, такой, что $\mathrm{Rf} = \mathrm{h}$.

По теореме Гротендика оператор R абсолютно суммирует из ℓ_1−пространств в ℓ_2−пространства: $\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \xrightarrow{\mathrm{as}} \overline{\ell}_2$.

Далее, имеем $\mathrm{K}(\mathrm{t},\mathrm{b},\overline{\mathrm{B}}) \prec \mathrm{K}(\mathrm{t},\mathrm{h},\overline{\ell}_2)$, поэтому по условию теоремы найдется оператор S: $\overline{\ell}_2 \to \overline{\mathrm{B}}$, такой, что $\mathrm{Sh} = \mathrm{b}$.

Рассмотрим композицию операторов R и S.

Видим, что SR: $\overline{\ell_1(\mathrm{w})} \xrightarrow{\mathrm{as}} \overline{\mathrm{B}}$, $\mathrm{SRf} = \mathrm{b}$.

Обозначим через T сужение оператора SR на пару $\overline{\mathrm{F}}$.

Имеем T: $\overline{\mathrm{F}} \xrightarrow{\mathrm{as}} \overline{\mathrm{B}}$ и $\mathrm{Tf} = \mathrm{SRf} = \mathrm{b}$,

т.е. $\mathrm{b} \in \mathrm{Orb}(\mathrm{f};\overline{\mathrm{F}} \xrightarrow{\mathrm{as}} \overline{\mathrm{B}})$.

Теорема доказана.

Аналогичным образом, справедлива

Теорема 4′. В условиях теоремы 2′ при дополнительных предложениях теоремы 4 имеем

$$\mathrm{Orb}\,(\mathrm{f};\ell_1(\mathrm{v}) \to \mathrm{B}_0, \mathrm{F} \xrightarrow{\mathrm{as}} \mathrm{B}_1) = \\ = \bigcup_{\ell_1(\mathrm{w}) \supset \mathrm{F}} \mathrm{Orb}\,(\mathrm{f};\ell_1(\mathrm{v}) \to \mathrm{B}_0, \ell_1(\mathrm{w}) \to \mathrm{B}_1).$$

В связи с теоремой 4 и 4′ естественно сформулировать следующую общую проблему: охарактеризовать те банаховы пары $\overline{\mathrm{B}}$, для которых интерполяция из $\overline{\ell}_2$ в $\overline{\mathrm{B}}$ является К−монотонной.

Укажем один класс пар $\overline{\mathrm{B}}$ БИП, обладающих таким свойством.

Если E−БИП, то обозначим через E_2 БИП с нормой $\|\mathrm{x}\|_{\mathrm{E}_2} = \left\| |\mathrm{x}|^2 \right\|_{\mathrm{E}}^{1/2}$.

Предложение. Если (G,H) − относительно полная пара БИП, то интерполяция из пары $\overline{\ell}_2$ в пару $\overline{\mathrm{B}} = (\mathrm{G}_2,\mathrm{H}_2)$ является К-монотонной.

Доказательство просто вытекает из теоремы 1 статьи [7] и того факта, что интерполяция из любой пары $\overline{\ell_1(v)}$ в пару (G,H) положительно К-монотонна.

Список литературы

1. Канторович Л.В., Акилов Г.П. Функциональный анализ. − М.: Наука, 1984.

2. Берг Й., Лефстрем Й. Интерполяционные пространства. Введение. − М.: Мир, 1980.

3. Крейн С.Г., Петунин Ю.И., Семенов Е.М. Интерполяция линейных операторов. − М.: Наука, 1978.

4. Брудный Ю.А., Крейн С.Г., Семенов Е.М. Интерполяция линейных операторов // ВИНИТИ. Итоги науки и техники. Сер. «Мат.анализ». − 1986. − Т. 24. − С. 3-163.

5. Ovchinnikov V.I. The method of orbits in interpolation theory // Math.Reports. – 1984. – Vol. 1. – Part 2. – P. 349-516.

6. Овчинников В.И. Интерполяционные теоремы, вытекающие из неравенства Гротендика // Функц. анализ и его прил. − 1976. − Т. 10. – № 4. − С. 45-54.

7. Дмитриев В.И. Об интерполяции операторов в пространствах L_p// ДАН СССР. − 1981. − Т.260. – № 5. − С. 1051-1054.

Получено 18.11.14

V.I. Dmitriev, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (tel.: (4712) 52-38-24)

ON INTERPOLATION OF CONTINUITY OF ABSOLUTELY SUMMING OPERATORS

The structure of interpolation orbits of elements of some Banach pairs under action of absolutely summing operators is described.

***Key words**: Banach pairs, absolutely summing operators, interpolation orbit.*

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 615.47

Н.Е. Нехаенко, д-р мед. наук, профессор, заместитель руководителя департамента здравоохранения Воронежской области (Воронеж)

Л.В. Стародубцева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Е.В. Письменная, канд. мед. наук, ОБУЗ «Курский кожвендиспансер»

Л.А. Новикова, д-р мед. наук, профессор, главный врач, БУЗ Воронежской области «Воронежская городская клиническая больница №7»

СИНТЕЗ ГИБРИДНЫХ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЙ БОЛЬНЫХ С ГЕНИТАЛЬНЫМ ГЕРПЕСОМ

Рассматриваются вопросы синтеза решающих правил для оценки степени тяжести такого заболевания, как генитальный герпес, на основе правил нечеткого вывода, адаптированных под решение классификационных задач. Уверенность, достигаемая при разделении классов: продромальный период; I, II и III стадии заболевания, составляет 0,97, что позволяет рекомендовать полученные результаты для практического применения.

Ключевые слова: *генитальный герпес, классификация, степень тяжести, нечеткая логика, решающие правила.*

***

Введение

Заболевание герпесвирусной инфекцией относят к разряду достаточно тяжелых заболеваний, которым поражено около 80% населения земного шара, причем смертность от нее достигает 15,8%. Одной из опасных разновидностей герпеса является генитальный герпес, профилактика и лечение которого не является тривиальной задачей. Выбор оптимальной тактики лечения генитального герпеса во многом определяется точностью классификации степени тяжести протекания этого заболевания.

С математической точки зрения задача классификации стадий генитального герпеса относится к классу плохоформализуемых задач, поскольку на медицинском экспертном уровне пространство информативных признаков и границы между стадиями заболевания строго не определяются [12, 13]. В этих условиях, в соответствии с рекомендациями [1, 3, 5, 15], в качестве основного математического аппарата была выбрана теория нечеткой логики принятия решений, адаптированная под решение классификационных задач.

Описание пространства информативных признаков и структуры классов

В медицинской практике общепринятая классификация стадий генитального герпеса определяется следующим образом [12]:

$\omega_{ПР}$ – продромальный период (стадия вирусовыделения);

ω_1 – I стадия (длительность клинической симптоматики до трех дней);

ω_2 – II стадия (длительность клинической симптоматики до десяти дней);

ω_3 – III стадия (непрерывно длящиеся рецидивы).

На экспертном уровне в результате оценки множества лабораторных показателей, по Кульбаку, в состав информативных признаков были включены следующие данные лабораторных исследований:

С1 – хелперы (индукторы CD3+4+(процент));

С2 – незрелые Т-лимфоциты CD3+4+8+;

С3 – подкласс цитологических Т-лимфоцитов CD3+(16/56)+;

С4 – фенопик NK-клеток CD3+-16+56-(низкая).

Дополнительно в соответствии с рекомендациями [12] в состав информативных признаков вошли уровень психоэмоционального напряжения (ПЭН) и хронического физического утомления (ХФУ).

В соответствии с рекомендациями [2, 9, 12] уровень ПЭН определяется следующим выражением:

$$UP=F_p(ШСТ,ШЛТ,ПВ,КВ,УВ,\delta R_j), \quad (1)$$

где j=R8, VB20, P9;

F_p – нечеткая функция агрегации параметров, с помощью которых производится оценка уровня ПЭН;

R8, VB20, P9 – биологически активные точки (БАТ), «связанные» с психоэмоциональной сферой человека;

δR_j – отклонение электрического сопротивления БАТ от номинального значения, %;

ШСТ, ШЛТ – шкалы ситуативной и личностной тревожности определяемые субъективным тестированием;

ПВ, КВ, УВ – переключаемость, концентрированность и устойчивость внимания [8].

Для выяснения роли ПЭН в степени тяжести заболевания была организована серия экспериментов, где сопоставлялись уровень ПЭН, соизмеряемый на начальной стадии обострения, и продолжительность клинической симптоматики по классам ω_2 (длительность клинической симптоматики до 3-х дней), ω_3 (длительность клинической симптоматики до 10 дней), ω_4 (непрерывные рецидивы). В результате такого сопоставления на шкале UP были построены гистограммы распределения выделенных классов (ω_2 – 63 человека, ω_3 – 41 человек, ω_4 – 11 человек) (рис. 1).

Анализ гистограмм (см. рис. 1) показывает, что с ростом уровня ПЭН происходит смещение в сторону более тяжелых стадий протекания обострения. Причем снижение амплитуды правой части гистограмм (особенно для класса ω_4) связано не с ослаблением степени тяжести заболевания, а только с тем, что люди с большими величинами UP от 0,7 и выше встречаются достаточно редко. То есть при синтезе нечетких решающих правил следует акцентировать внимание на шкале UP от 0 до 0,7, имея в виду, что рост ПЭН статистически достоверно увеличивает степень тяжести заболеваний, что подтверждают данные литературы и собственные исследования [12, 13].

С учетом сказанного группе высококвалифицированных экспертов было предложено, пользуясь рекомендациями [12, 13], построить семейство соответствующих функций принадлежности. Усредненный график этих функций приведен на рисунке 2.

Максимальное значение $\mu_{\omega_\ell(UP)}$ на уровне 0,4 определено экспертами как уровень доверия к тому, что рост ПЭН увеличивает переход в более тяжелую стадию течения заболевания на 0,4 по шкале [0,…,1].

Решение о классификации принимается по выражению

$$UKP_\ell = \max\left[\mu_{\omega_2(UP)}, \mu_{\omega_3(UP)}, \mu_{\omega_4(UP)}\right], \quad (2)$$

где UKP_ℓ – уверенность в принадлежности обследуемого к классу ω_ℓ по шкале UP.

При равных значениях функций принадлежности решение отдается в пользу большей степени тяжести.

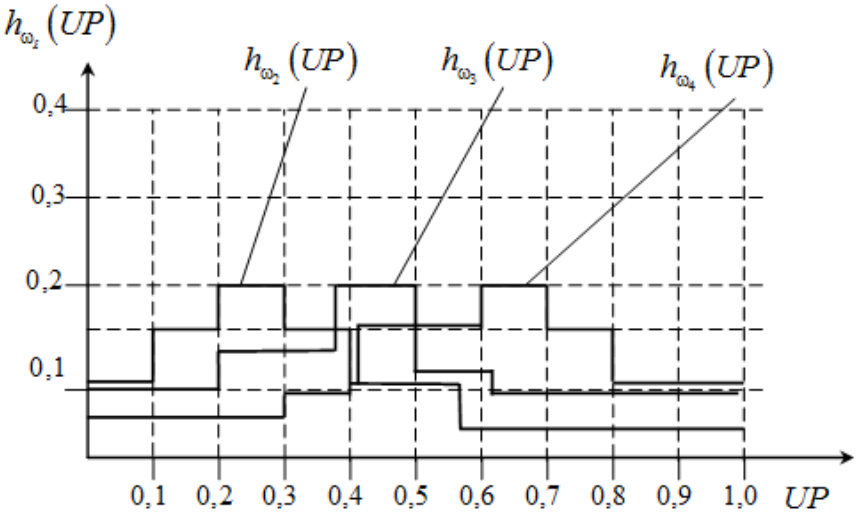


Рис. 1. Гистограмма распределения классов степени тяжести рецидивов по шкале уровня психоэмоционального напряжения

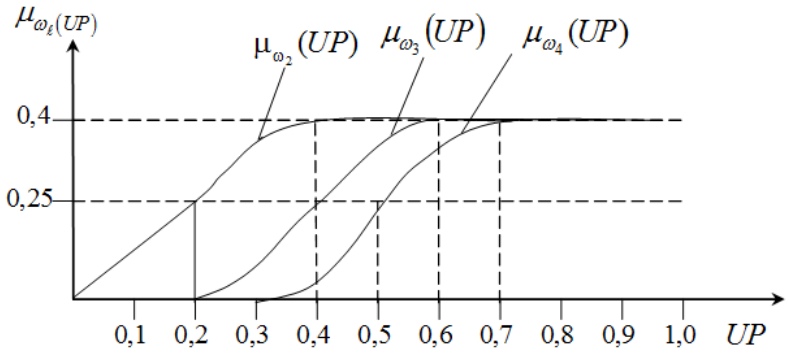


Рис. 2. Функции принадлежности к классам степени тяжести рецидивов генитального герпеса по шкале уровня психоэмоционального напряжения

Использование формулы (2) в составе общего правила нечеткого прогностического вывода, с одной стороны, позволяет увеличить общее качество принимаемых решений, а с другой стороны, позволяет оценить, на сколько может сократиться длительность рецидива, если произвести коррекцию ПЭН.

Например, если при $\mu_{\omega_4(UP)} = 0,4$ после коррекции ПЭН UP<0,3, то длительность рецидива уменьшается до $30 \pm 5\%$.

Данные литературных источников и собственные исследования показывают, что заболевание герпесом, особенно по классу ω_4, само приводит к длительному психоэмоциональному напряжению, провоцирующему различные психосоматические заболевания. Доля влияния ПЭН на риск возникновения и обострения различных заболеваний различна и может быть определена соответствующими функциями принадлежности.

Многочисленные медицинские исследования, в частности исследования в области прогнозирования рецидивов хронических заболеваний, показали, что длительное, некомпенсируемое адекватным образом утомление способствует обострению целого ряда заболеваний, включая генитальный герпес.

Для оценки уровня длительного утомления используют различные психологические, физиологические и психофизиологические методики. В предлагаемой работе исследуется интегральная оценка уровня хронического утомления, использующая традиционные тестовые методики, показатели, характеризующие состояние внимания и энергетическую реакцию общесистемных БАТ [11, 12].

Обобщенное выражение для оценки уровня утомления имеет вид

$$UU=F_U\,(UU1, PV, OB), \qquad (3)$$

где F_U – функция нечеткой агрегации;

UU1 – уровень утомления, определяемый по тесту степени хронического утомления А.Б. Леоновой [10];

PV – уровень утомления, определяемый по показателям внимания;

OB – уровень утомления, определяемый по энергетическому разбалансу общесистемных БАТ.

Подробно механизм расчета UU описан в работах [11,12].

На рисунке 3 приведены графики функций принадлежности к исследуемым классам степени тяжести генитального герпеса с базовой переменной UU, полученные аналогично $\mu_{\omega_\ell}(UP)$.

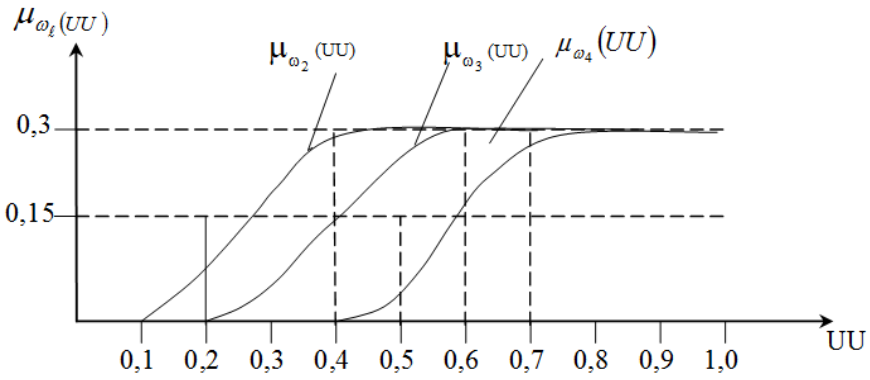


Рис. 3. Функции принадлежности к классам степени тяжести рецидивов генитального герпеса по шкале уровня длительного утомления

Решение о классификации принимается аналогично (2):

$$UKU_\ell = \max\left[\mu_{\omega_2(UU)}, \mu_{\omega_3(UU)}, \mu_{\omega_4(UU)}\right]. \qquad (4)$$

Известно, что внутренние резервы организма в значительной степени противодействуют появлению целого ряда заболеваний. Проведенные нами исследования показали, что учет внутренних резервов, определяемых через уровень защитных механизмов организма, позволяет более точно оценить риск обострений генитального герпеса и сделать более точный прогноз на степень тяжести рецидива этого заболевания.

Исходя из имеющихся технических возможностей и используя рекомендации работ [7, 12] в качестве информативных показателей, характеризующих уровень защитных механизмов организма, был выбран адаптационный потенциал (АП), определяемый через индекс функциональных изменений (ИФИ) и энергетическую сбалансированность (ЭС) меридианных структур организма, которая может быть определена по энергетическим характеристикам БАТ, «связанных» с общесистемной реакцией организма (E23,E36,RP6, V40, V60 и VB20).

Механизм оценки уровня защиты организма UZ подробно рассматривается в работах [7,12] как математическая модель следующего вида:

$$UZ=F_Z(АП, ЭС), \qquad (5)$$

где F_Z – функция агрегации АП и ЭС.

В ряде работ вместо энергетической сбалансированности используют понятие энергетического разбаланса (ЭР) общесистемных БАТ. При этом изменяется вид F_Z , но точность расчетов полностью сохраняется.

В ходе проведенных исследований финальных классификационных правил было показано, что учет защитных механизмов организма увеличивает качество классификации на 5±0,5%, что в задачах подобного класса является достаточно «хорошим» показателем.

Синтез нечетких правил принятия решений для классификации степени тяжести генитального герпеса

На первом этапе синтеза решающих правил классификации степени тяжести генитального герпеса исследовалась информативность лабораторных показателей С1÷С4 по Кульбаку.

По согласованию с экспертами в группу информативных лабораторных показателей были отобраны признаки с информативностью $I_к$>10 (табл.).

В последней колонке эксперты методом Делфи по шкале [0,1] произвели оценку информативной ценности каждого из лабораторных показателей по отношению к задаче классификации степени тяжести генитального герпеса. Эти оценки были использованы для построения соответствующих функций принадлежности (рис. 4 – 7).

Информативность лабораторных показателей, отобранных для классификации стадий генитального герпеса

Имя	Характеристика	Общая классификационная информативность $I_к$	Экпертная оценка «ценности»
С1	Т-хелперы/индукторы CD3+4+ (процент)	22	0,5
С2	Незрелые Т-лимфоциты CD3+4+8+	13	0,3
С3	Подкласс цитолитических Т-лимфоцитов CD3+(16/56)+	24	0,6
С4	Фенопик NK-клеток CD3-16+56- (низкая)	17	0,4

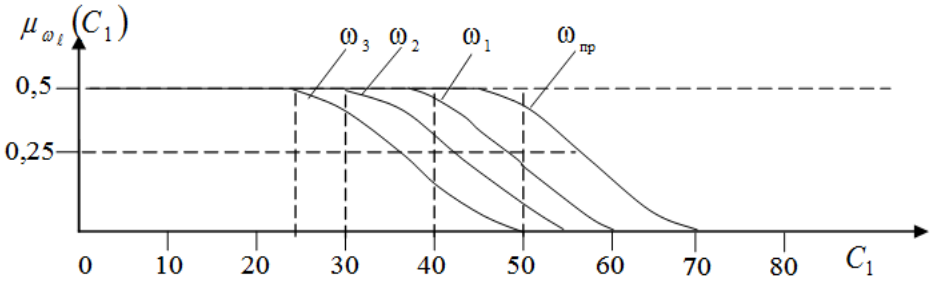


Рис. 4. Графики функций принадлежности к степени тяжести заболеваний ω_ℓ по величине C_1

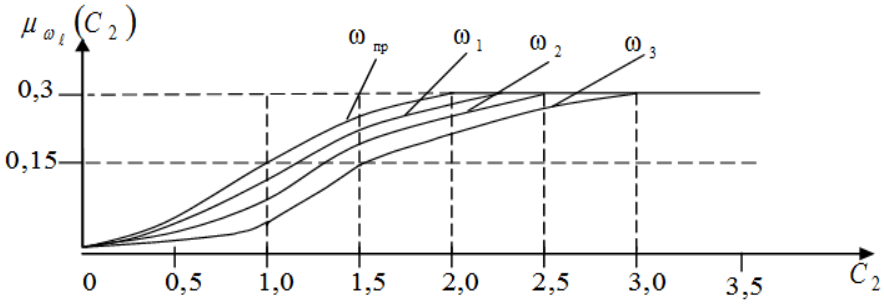


Рис. 5. Графики функций принадлежности к степени тяжести заболеваний ω_ℓ по величине C_2

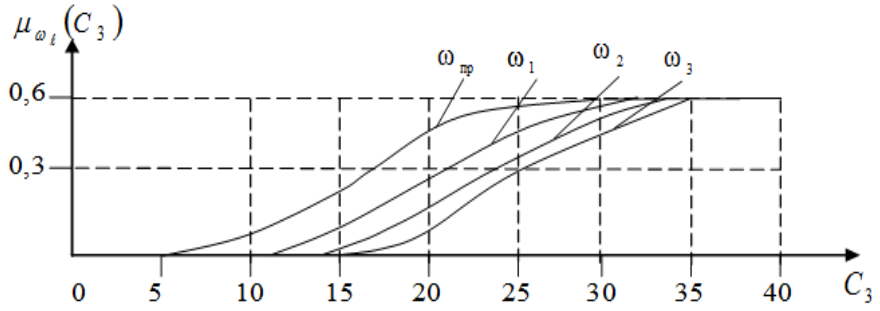


Рис. 6. Графики функций принадлежности к степени тяжести заболеваний ω_ℓ по величине C_3

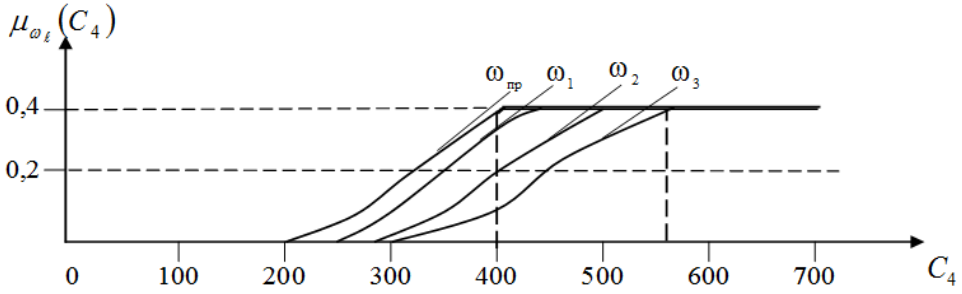


Рис. 7. Графики функций принадлежности к степени тяжести заболеваний ω_ℓ по величине C_4

Агрегация частных функций принадлежностей для решения задач оценки с учетом рекомендаций [4, 6, 14] степени тяжести генитального герпеса осуществляется с помощью выражения

$$STC_\ell(p+1) = STC_\ell(p) + \\ +\mu_{\omega_\ell}\left(c_{p+1}\right)\left[1 - STC_\ell(p)\right], \qquad (6)$$

где STC_ℓ – степень тяжести генитального герпеса по лабораторным показателям (C_1, C_2, C_3, C_4);

$STC_\ell(1) = \mu_{\omega_\ell}(C1)$.

Решение о принадлежности к классам степень тяжести ω_ℓ принимается по максимальной величине $ST\,C_\ell$:

$$\omega_\ell = \max(STC_{пр,}, STC_{1,}, STC_{2,}, STC_3). \qquad (7)$$

В ходе проведения математического моделирования было установлено, что только по лабораторным показателям средняя уверенность в правильной классификации составляет 0,78, что не позволяет качественно решать поставленную задачу.

Поэтому с учетом опыта решений аналогичных задач, а также опираясь на мнение высококвалифицированных экспертов, был сформирован состав дополнительных информативных признаков: уровень ПЭН-UP (формула (1)); уровень хронического утомления – UU (формула (3)); отклонение электрических сопротивлений БАТ от своих номинальных значений для точек P7 и VC7.

Классификационные графики для базовых переменных UP и UU приведены на рисунках 2 и 3, а классификационные решения принимаются с использованием выражений (2) и (3).

Для точек P7 и VC7 с учетом рекомендаций [7,12] были определены классификационные функции принадлежности, графики которых приведены на рисунках 8 и 9.

Форма функций принадлежности выбрана без спадающих участков, чтобы исключить физиологически неверное заключение о том, что с риском энергетического разбаланса БАТ может падать уверенность в каком-либо исследуемом подклассе.

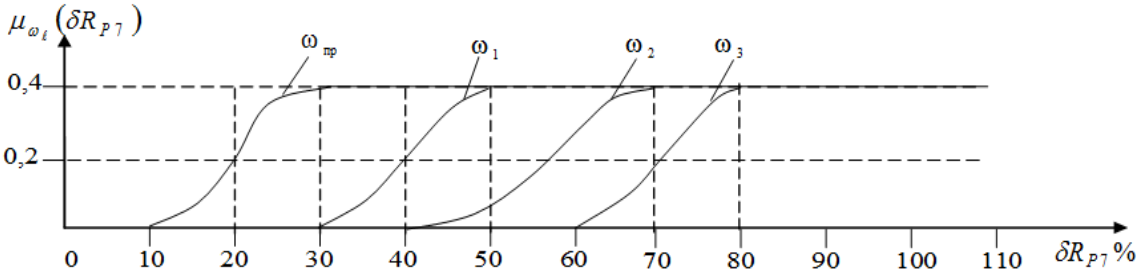


Рис. 8. Семейство функций принадлежности к степеням тяжести заболеваний ω_ℓ по величине δR_{P7}

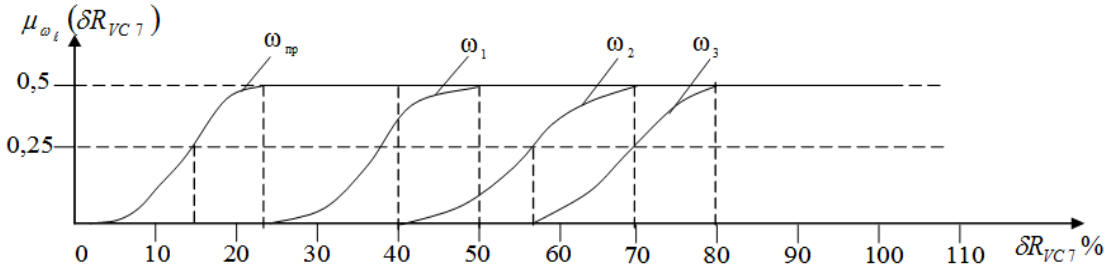


Рис. 9. Семейство функций принадлежности к степеням тяжести заболеваний ω_ℓ по величине δR_{VC7}

При таком выборе формы $\mu_{\omega_\ell}(\delta R_j)$, при равном значении функций принадлежности предпочтение отдается более тяжелой стадии заболевания.

Уверенность в оценке степени тяжести генитального герпеса по сопротивлениям БАТ STB_ℓ определяется выражением, аналогичным (6).

С учетом того, что различные группы информативных признаков увеличивают общую классификационную уверенность, окончательное решение принимается с помощью итерационной нечеткой модели типа

$$ST_\ell(q+1) = ST_\ell(q) + \\ +ST^*_\ell(q+1)\left[1 - ST_\ell(q)\right], \qquad (8)$$

где ST_ℓ – финальная уверенность в принадлежности пациента к классу ω_ℓ;

$$ST_\ell(1) = ST^*_\ell(1) = STC_\ell;$$

$$ST^*_\ell(2) = UKP_\ell;$$

$ST_\ell^*(3) = UKU_\ell;$

$ST_\ell^*(4) = STB_\ell.$

Решение в пользу одного из классов ω_ℓ ($\ell = np,1,2,3$) принимается по максимальному значению ST_ℓ.

Результаты математического моделирования показали, что использование математической модели типа (8) обеспечивает уверенность в правильной классификации на уровне 0,97, что является хорошим результатом для данного класса задач.

Список литературы

1. Использование интерактивных методов классификации для решения задач медицинского прогнозирования / С. Абас Башир, В.Н. Шевякин, К.В. Разумова, С.Н. Кореневская // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1. – С. 33-37.

2. Конева Л.В., Кореневская С.Н., Дегтярев С.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека // Системный анализ. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 993-1000.

3. Кореневский Н.А., Руцкой Р.В., Долженков С.Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 905-909.

4. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Горбатенко С.А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных, для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18-24.

5. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Кореневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С.1-3.

6. Кореневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99-103.

7. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.

8. Программно-технический комплекс для исследования основных параметров внимания и памяти / Н.А. Кореневский, Д.Е. Скопин, Р.Т. Аль-Касасбех, А.А. Кузьмин // Медицинская техника. – 2010. – № 1. – С. 32-35.

9. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Н.А. Кореневский, О.И. Филатова, М.И. Лукашов, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 4-5.

10. Леонова А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.

11. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидива хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С.10-15.

12. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболе-

ваний (на примере генитального герпеса): монография / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, В.И. Серебровский [и др.]. – Курск, 2011. – 123 с.

13. Лукашов М.И. Определение степени тяжести генитального герпеса на основе нечетких моделей принятия решений // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2009. – Т. 8. – № 4. – С. 927-930.

14. Al-Kasabeh R.T., Korenevskiy N.A., Ionescu F. Prediction and prenosological diaghostics of gastrointestinal tract diseases based on enercteristic of acupuncture points and fuzzy logic // in Bioinformatics biomedical technology: Proceedings of the 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical technology (ICBBT 2011). – Sanya (China), 2011. – P. 307-311.

15. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N.A. Korenevsky, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43. – № 4. – P. 187-190.

Получено 10.11.14

N.E. Nehaenko, Doctor of Sciences, Professor, deputy head of the health department of the Voronezh region (Voronezh) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

L.V. Starodubtseva, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

E.V. Pismennaya, Candidate of Sciences, «Kursk Kozhvendispanser»

L.A. Novikova, Doctor of Sciences, Professor, Chief Physician, «Voronezh Municipal Clinical Hospital №7»

SYNTHESIS OF HYBRID DECISION RULES FOR ASSESSING THE STATE PATIENTS WITH GENITAL HERPES

Discusses the synthesis of decision rules for assessing the severity of the disease as genital herpes based on fuzzy inference rules adapted to the solution of classification problems. Confidence achieved in the separation of classes: prodromal period; I, II and III, stage of the disease is 0.97, which allows to recommend the results obtained for practical application.

***Key words**: genital herpes, classification, severity, fuzzy logic, decision rules.*

УДК 618.14-002.2-08-039:618.177:618.39

Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

В.Д. Жидких, д-р мед. наук, ОАО «РОСНО-МС» (Курск) (e-mail: bor.zhidkich@gmail.com)

О.В. Судаков, д-р мед. наук, доцент, Воронежская государственная медицинская академия (e-mail: vitalaxen@mail.ru)

Т.И. Субботина, д-р мед. наук, профессор, Тульский государственный университет (e-mail: tulgu.bd.2@rambler.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЁННОСТИ САЛЬПИНГООФОРИТА В РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУППАХ И ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Проведен анализ распространённости сальпингоофорита в различных возрастных группах женщин, проживающих в городских и сельских территориях, разработаны математические модели для прогнозирования данной патологии.

***Ключевые слова:** сальпингоофорит, математическое моделирование.*

***

Репродуктивное здоровье женщин значительно ухудшается и прежде всего из-за высокой частоты воспалительных заболеваний гениталий, в том числе сальпингоофорита [2, 6, 10, 22]. Распространённость сальпингоофорита определяется множеством биологических, социальных и медицинских факторов [3, 7, 11]. Снижению распространённости сальпингоофорита, по мнению различных исследователей [4, 9, 14, 21], будет способствовать применение компьютерных технологий, оказавшееся эффективным при соматической патологии [5, 13, 15, 19]. Для реализации профилактических мероприятий важное значение приобретает математическое прогнозирование [1, 8, 12, 16, 17, 20].

Для разработки упреждающих мероприятий на ближайшие годы посредством математического метода Брауна проведено прогнозирование распространенности сальпингоофорита. Результаты краткосрочного прогнозирования показывают дальнейшее увеличение данной патологии в целом в области среди взрослого и подросткового женского населения, в городских и сельских территориальных системах в обеих возрастных категориях. Наиболее существенно прогнозируется повышение распространённости сальпингоофорита у девушек 15 – 17 лет в области (рис. 1).

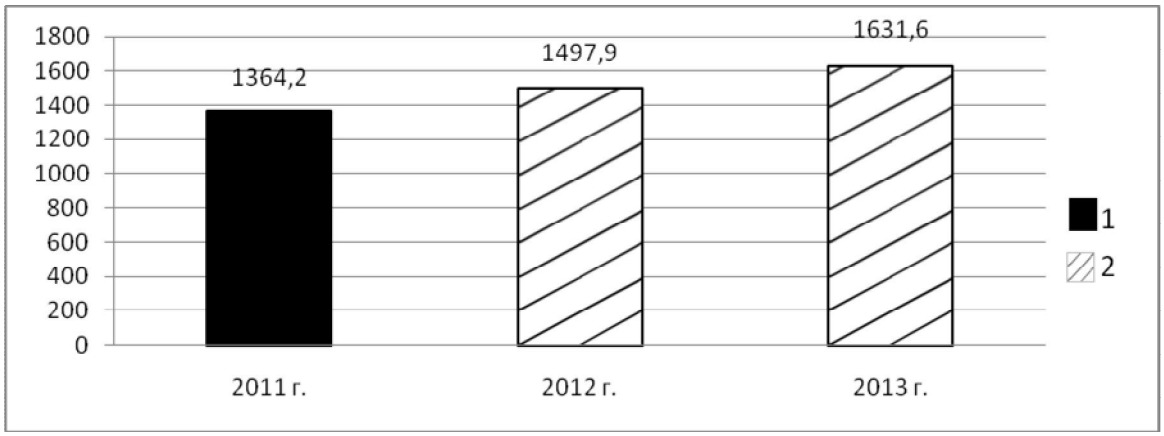


Рис. 1. Краткосрочный прогноз распространённости сальпингоофорита среди девушек-подростков в области на 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – годы, по оси ординат – распространённость на 100 000 данного возраста; 1 – фактическая распространённость; 2 – прогнозируемая распространённость

В прогнозируемые периоды уровень общей заболеваемости воспаления придатков матки у девушек-подростков в целом по области возрастёт репрезентативно как в отдельные годы, так и по отношению к 2011 г., т.е. к фактической распространённости этой патологии.

Среди взрослого женского населения области также в ближайшие два года прогнозируется увеличение распространенности сальпингоофорита (рис. 2). В среднем величина абсолютного прироста сальпингоофорита в данной возрастной категории возрастёт на +55,6 случаев патологии на 100 000 взрослых женщин. Различие в прогнозируемой частоте общей заболеваемости сальпингоофоритом статистически значимо как в 2012 г., так и в 2013 г.

В аналогичной возрастной категории женщин, проживающих в городах области, в 2012 – 2013 гг., согласс-

но результатам краткосрочного прогнозирования, произойдет увеличение распространённости сальпингоофорита (рис. 3). Доверительные границы при заданном уровне вероятности безошибочного прогнозирования ($P< 0,05$) невелики. Прогнозируемые величины общей заболеваемости воспалением придатков матки по отношению к фактическому значению существенны.

Более высокие прогнозируемые показатели распространённости сальпингоофорита, как и исходные величины, наблюдаются среди взрослого женского населения сельских территорий (рис. 4). Так, в 2012 г. прогнозируется, что частота общей заболеваемости сальпингоофоритом в указанных территориях составит 1626,3 случая, а в 2013 г. – 1700,9 случая на 100 000 взрослых женщин. Это достоверно выше, чем в предыдущие анализируемые периоды.

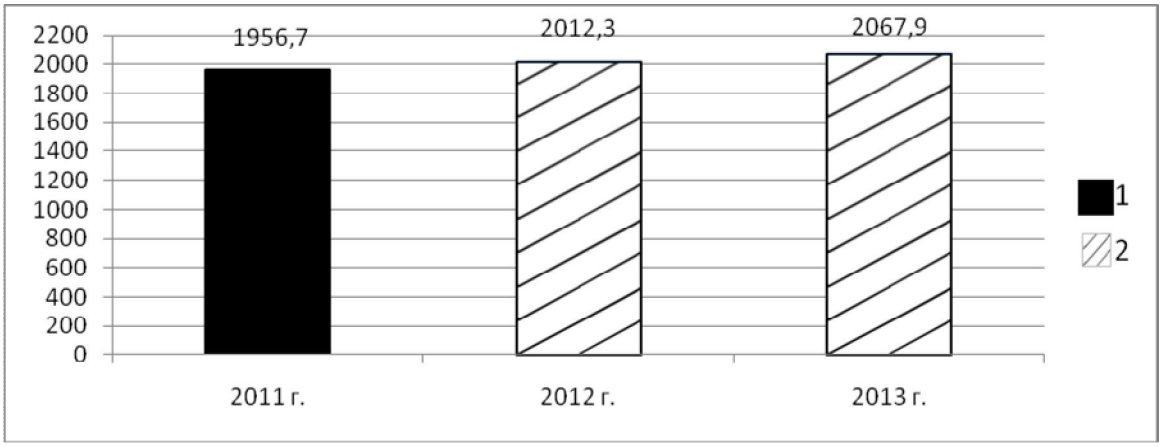


Рис. 2. Прогнозирование распространённости сальпингоофорита у взрослого женского населения Белгородской области на 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – годы, по оси ординат – распространённость на 100 000 женщин 18 лет и старше; 1 – фактические данные; 2 – прогнозируемые данные

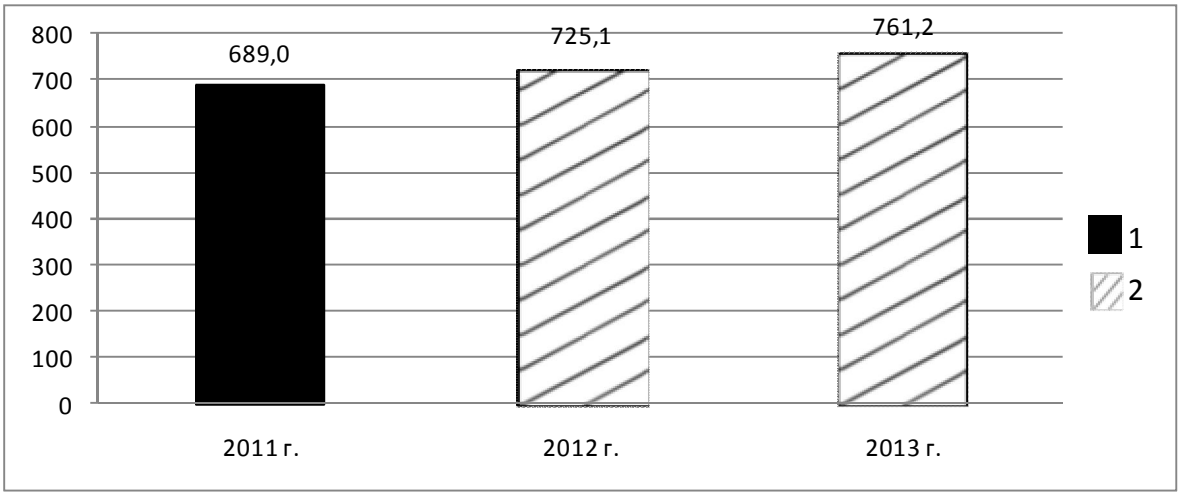


Рис. 3. Прогнозные оценки частоты общей заболеваемости воспалением придатков матки у женщин 18 лет и старше, проживающих в городской местности, на 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – рассматриваемый период, по оси ординат – патология на 100 000 взрослых женщин; 1 – фактический уровень; 2 – прогнозируемый уровень

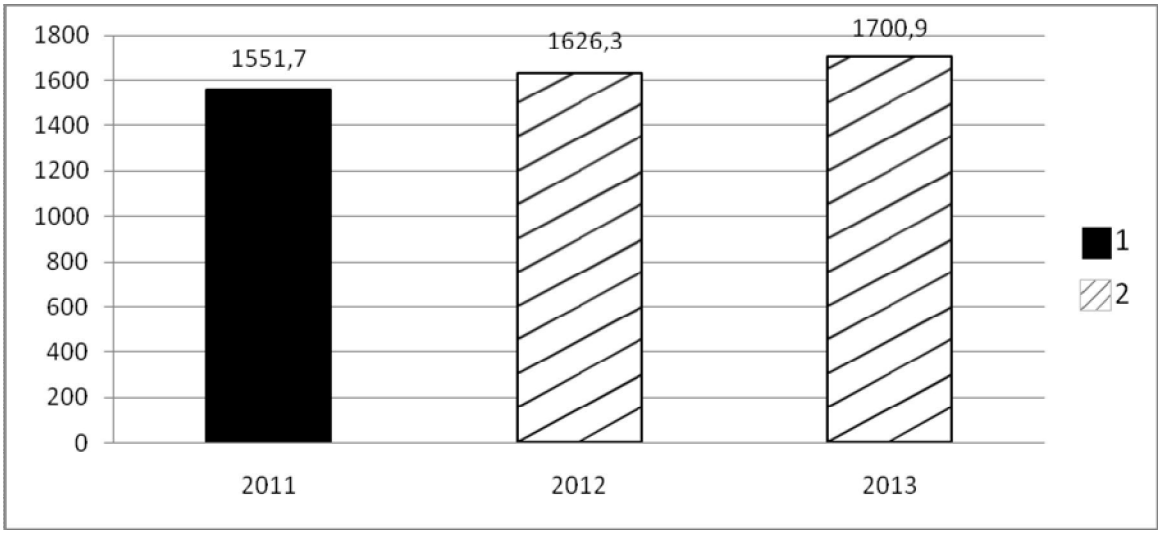


Рис. 4. Результаты краткосрочного прогнозирования распространённости сальпингоофорита среди взрослых женщин сельской местности на 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – рассматриваемый период, по оси ординат – распространённость на 100 000 женщин 18 лет и старше; 1 – фактический уровень; 2 – прогнозируемый уровень

Математическое прогнозирование общей заболеваемости сальпингоофоритом у девушек-подростков в городах области свидетельствует о том, что на протяжении двух ближайших лет будет продолжаться её подъём (рис. 5). Средний абсолютный прирост рассматриваемой нозологической формы воспалительных заболеваний женской половой сферы невысок и равен +36,2 случая на 100 000 девушек 15 – 17 лет.

Однако у девушек-подростков, живущих в сельской местности, прогнозируется более существенное ($P<0,001$) повышение распространённости сальпингоофорита в эти же годы (рис. 6) при высоких исходных значениях. Прогнозируемый показатель общей заболеваемости данной патологией имеет достоверные различия как в 2012 г., так и в 2013 г.

Они являются статистически значимыми и в сравнении с фактической частотой патологии в 2011 г. распространённость сальпингоофорита у девушек-подростков, живущих в сельской местности, возрастёт в среднем на 70,5 случая на 100 000 девушек 15 – 17 лет.

Прогнозирование распространенности сальпингоофорита предлагается осуществлять на основе разработанных математических моделей.

Математическая модель для прогнозирования распространенности сальпингоофорита среди девушек-подростков Белгородской области имеет следующий вид:

$$y_1 = -25,140+1,132x_1,$$

где y_1 – прогнозируемый уровень общей заболеваемости сальпингоофоритом у девушек 15-17 лет включительно;

x_1 – фактический уровень данной патологии за последний анализируемый год в области среди девушек-подростков.

Модель статистически значима по критерию Фишера ($F_{расч.}=13,78>F_{кр.}=5,99$, $P<0,01$). Проверка адекватности регрессионной модели показала, что средняя ошибка в прогнозировании составляет 10,2%. Это является приемлемым уровнем вероятности безошибочного прогнозирования в подобных ситуациях.

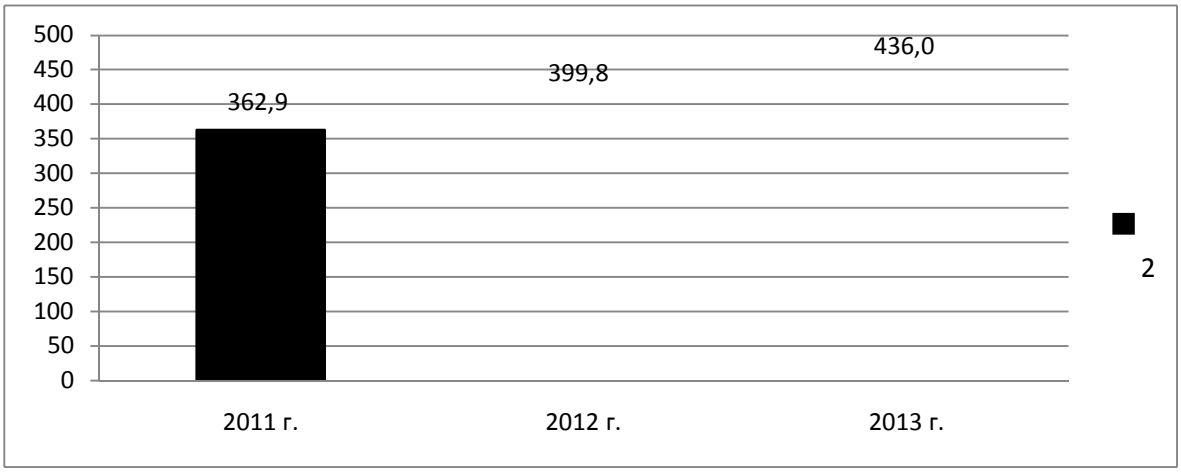


Рис. 5. Краткосрочное прогнозирование распространённости сальпингоофорита среди девушек 15 – 17 лет в городах области за 2012 – 2013 гг. на 100 000 соответствующего возраста: по оси абсцисс – годы, по оси ординат – уровень патологии; 1 – фактическая частота; 2 – прогнозируемая частота

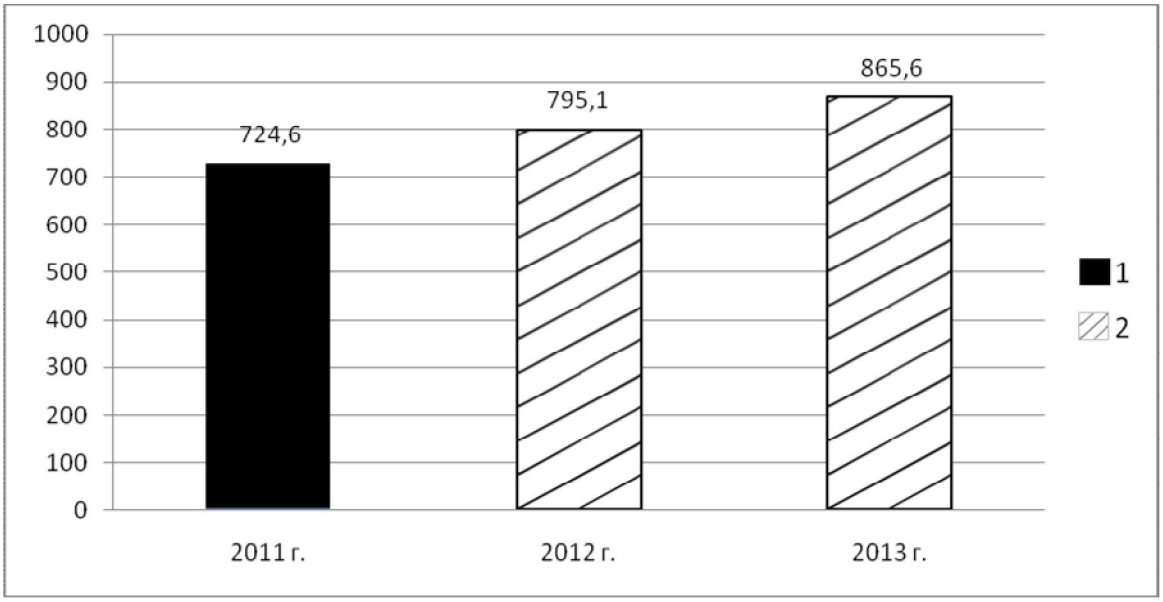


Рис. 6. Прогнозируемая распространённость сальпингоофорита у девушек 15 – 17 лет сельских территорий в 2012 – 2013 гг.: по оси абсцисс – рассматриваемые годы, по оси ординат – общая заболеваемость на 100 000 девушек 15 – 17 лет; 1 – фактическая патология; 2 – прогнозируемая патология

Аналитическое выражение для прогнозирования общей заболеваемости сальпингоофоритом у взрослого женского населения области представлено следующим уравнением:

$$y_2 = 424{,}202 + 0{,}847x_2,$$

где y_2 – прогнозируемая распространенность сальпингоофорита среди женщин 18 лет и старше в области;

x_2 – величина распространенности сальпингоофорита за последний исследуемый год у взрослых женщин области.

Оценка математической модели показывает ее адекватность ($F_{расч.}$=7,36, $P<0{,}05$) и допустимое в прогностических задачах качество. Прогностическая ошибка данной модели невелика и в среднем составляет 8,7%.

При построении регрессионной модели для распространенности рассматриваемой патологии среди взрослого женского населения, проживающего в сельских районах, получена модель следующего вида:

$$y_3 = 672{,}811 + 0{,}686x_3,$$

где y_3 – прогнозируемая общая заболеваемость у взрослых женщин сельских районов;

x_3 – показатель распространенности воспалительных заболеваний придатков матки за предшествующий год у женщин 18 лет и старше данных территорий.

Проверка адекватности модели по критерию Фишера ($F_{расч.}=15{,}47$, $P<0{,}01$) свидетельствует о ее соответствии. Ошибка в прогнозировании на основании этой регрессионной модели в среднем не превышает 8%.

Регрессионная модель для прогнозирования распространенности сальпингоофорита среди взрослого городского женского населения аппроксимируется выражением вида

$$y_4 = 104{,}592 + 0{,}904x_4,$$

где y_4 – величина прогнозируемого уровня распространенности воспалительных заболеваний придатков матки у женщин 18 лет и старше, проживающих в городах;

x_4 – предшествующее значение общей заболеваемости сальпингоофоритом взрослых женщин в городской местности.

Полученная математическая модель адекватна по критерию Фишера ($F_{расч.}=29{,}53$, $P<0{,}01$) и обеспечивает прогнозирование данной патологии с погрешностью в среднем 11,6%, что является приемлемым качеством.

Для осуществления прогнозных оценок по общей заболеваемости сальпингоофоритом у девушек-подростков в городах области разработана следующая модель:

$$y_5 = 73{,}841 + 1{,}013x_5,$$

где y_5 – прогнозируемая распространенность сальпингоофорита среди девушек 15-17 лет в городских территориях Белгородской области;

x_5 – распространенность данной патологии у девушек-подростков городов за последний год.

Значение критерия Фишера ($F_{расч.}=21{,}78 > F_{кр.}=5{,}99$, $P<0{,}01$) указывает на адекватность полученной регрессионной модели. При этом средняя ошибка в прогнозировании на основе вышеуказанной модели оставляет 8,5%.

Выполнение прогнозирования распространенности сальпингоофорита в аналогичной возрастной группе девушек, живущих в сельской местности, можно прогнозировать посредством регрессионного уравнения:

$$y_6 = 9{,}513 + 1{,}102x_6,$$

где y_6 – частота прогнозируемой общей заболеваемости сальпингоофоритом у девушек-подростков сельских районов;

x_6 – фактическая распространенность воспалительных заболеваний придатков матки среди девушек 15-17 лет включительно данных территорий.

Проверка адекватности модели показывает хорошую аппроксимацию функции ($F_{расч.}=32{,}56$, $P<0{,}01$) при средней величине прогностической ошибки 6,2%. Это является приемлемым качеством в осуществлении прогностических задач.

Список литературы

1. Агарков Н.М., Артенян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности показателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С.46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып. 4. – С. 11-15.

4. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.

5. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков, С.Н. Гонтарев, Л.В. Шульга, Е.П. Афанасова // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.

6. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 543-550.

7. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. – № 1. – С. 29-32.

8. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей / Е.А. Гнездилова, С.Н. Гонтарев, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 73-77.

9. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, В.А. Иванов // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-69.

10. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 106-113.

11. Поликритериальный математический отбор диагностических параметров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 157-163.

12. Информативность биомаркеров злокачественных новообразований органов желудочно-кишечного тракта и прогнозирование на индивидуальном

уровне / С.Н. Гонтарев, А.В. Шульга, А.П. Яковлев, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 204-210.

13. Иванов А.В., Артенян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 48-52.

14. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 114-121.

15. Иванов В.А. Организация и ведение компьютерного банка данных по заболеваемости дерматозами у детей // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 1058-1061.

16. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

17. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, Шульга Л.В., Яковлев А.П. // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 138-139.

18. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татьяненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

19. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В.Ф. Луценко, Е.А. Гнездилова, Е.В. Стародубцева, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). –Вып. 22/1. – С. 84-88.

20. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

21. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168-171.

22. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-2. – С. 209-215.

Получено 18.11.14

N.M. Agarkov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

V.D. Zhidkikh, Doctor of Sciences, OAO «ROSNO-MS» (Kursk) (e-mail: bor.zhidkich@gmail.com)

O.V. Sudakov, Doctor of Sciences, Associate Professor, Voronezh State Medical Academy
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

T.I. Subbotina, Doctor of Sciences, Professor, Tula State University
(e-mail: tulgu.bd.2@rambler.ru)

MATHEMATICAL PROPAGATION PREDICTION SALPINGO-OPHORITIS IN DIFFERENT AGE GROUPS AND THE TERRITORIAL SYSTEM

The analysis of the prevalence of salpingoophoritis in different age groups of women, urban and rural areas and developed mathematical models to predict the disease.

Key words: *salpingoophoritis, mathematical modeling.*

УМК 615

А.Г. Устинов, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВРО «Российский национальный исследовательский университет им. Н.И. Пирогова» Минздравсоцразвития России (Москва)
(e-mail: algeus@mail.ru)

Е.В. Письменная, канд. мед. наук, ОБУЗ «Курский кожвендиспансер»

Е.А. Бойцова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kaf.vm@mail.ru)

Л.А. Новикова, д-р мед. наук, профессор, главный врач, БУЗ Воронежской области «Воронежская городская клиническая больница №7»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ГЕНИТАЛЬНОГО ГЕРПЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В работе рассматриваются вопросы выбора и исследования эффективности схем лечения для различных стадий течения генитального герпеса с использованием теории измерения латентных переменных на основе моделей Г. Раша. Показывается, что наиболее эффективное лечение достигается при различных комбинациях таких лекарственных средств, как альфа-токоферол ацетат, аскорбиновая кислота, вальвир и панавир, в сочетании с коррекцией энергетического состояния биологически активных точек, психоэмоционального напряжения и хронического утомления.

Ключевые слова*: генитальный герпес, клинические варианты течения заболевания, схемы лечения, модель Г. Раша.*

***

В связи со значительными социальными последствиями, вызываемыми генитальным герпесом, и достаточно низкой эффективностью лечения этого заболевания задача поиска рациональных схем лечения исследуемой патологии является весьма актуальной.

В данной работе исследуются вопросы поиска эффективных схем лечения для различных стадий течения генитального герпеса, которые классифицируются следующим образом:

– класс ω_0 – клинически здоровые люди и состояние ремиссии;

– класс ω_1 – стадия вирусовыделения без клинической симптоматики;

– класс ω_2 – клиническая симптоматика до трёх дней;

– класс ω_3 – клиническая симптоматика более пяти дней;

– класс ω_4 – непрерывно рецидивирующий герпес.

Математические модели классификации стадий генитального герпеса по классам $\omega_0 - \omega_4$ приведены в работе [10]. Метод получения моделей такого типа описан в работах [1, 3, 4, 5, 6, 13].

Результаты литературного обзора и анализа, а также собственные исследования позволили сформировать первичный список лечебных мероприятий для всех исследуемых классов состояний. В этот список были включены:

Q1 – вальвир;

Q2 – пановир;

Q3 – аскорбиновая кислота 0,5 г. – 2 раза в день 5 дней;

Q4 – альфа-токоферол 0,4 г. – 1 раз в день 5 дней;

ПЭН – мероприятия по коррекции психоэмоционального напряжения;

ХФУ – мероприятия по коррекции хронического физического утомления;

БАТ – рефлексотерапия по биологически активным точкам, «связанным» с исследуемыми классами заболеваний.

Метод оценки уровня ПЭН описан в работах [2, 8], уровня ХФУ – в работах [2, 9], энергетического разбаланса БАТ – в работах [7, 12].

Для оценки эффективности каждой составляющей из общего списка лечебно-оздоровительных мероприятий применялся аппарат теории измерения латентных переменных с использованием модели Г. Раша [11, 14].

В качестве латентной переменной были определены эффективности лечения генитального герпеса по каждому из рассматриваемых классов состояний: $EL\,\omega_0$, $EL\,\omega_1$, $EL\,\omega_2$, $EL\,\omega_3$ и $EL\,\omega_4$ соответственно. В качестве индикаторных переменных выступали перечисленные выше списки лечебных процедур.

Для составления таблиц оценки индикаторных переменных были задействованы три эксперта, каждый из которых по шкале от 0 до 10 оценивал эффективность применения каждой из лечебных процедур для каждого из классов состояний.

В качестве примера в таблице 1 приведён фрагмент значений баллов эффективности различных элементов схем лечения для класса ω_0.

Оценка лечебной эффективности индикаторных переменных производилась с применением диалогового пакета RUMM 2020 [11]. Для его применения количественные значения индикаторных переменных в качественные шкалы K_i по методике, описанной в работе [11], вводились в ПЭВМ. Из всего многообразия информации, полученной в результате работы программы RUMM 2020, для оценки лечебной эффективности индикаторных переменных наибольший интерес представляют две таблицы: таблица соответствия индикаторных переменных модели Г. Раша, оцениваемого по значениям критерия Хи-квадрат, и таблица уровня эффективности индикаторных переменных, обозначаемого в пакете RUMM 2020 как *Location.*

Для класса ω_0 значения Хи-квадрат для исследуемых индикаторных переменных представлены в таблице 2.

Таблица 1

Значения индикаторных переменных по классу ω_0 (фрагмент)

Пациенты	Эксперты	Q1	Q2	Q3	Q4	ПЭН	ХФУ	БАТ
1	1	8	8	7	7	9	9	9
1	2	8	9	8	8	9	8	9
1	3	9	8	7	7	8	9	8
2	1	8	8	7	6	8	9	9
2	2	9	9	7	7	9	7	9
2	3	9	8	7	6	9	9	8
3	1	8	9	8	8	7	9	9
3	2	9	8	8	7	9	9	8
3	3	9	9	7	8	9	8	7

Таблица 2

Характеристики индикаторных переменных

Номер индикаторной переменной	Значение индикаторной переменной (логиты)	Стандартная ошибка (логиты)	Значение статистики Хи-квадрат	Уровень значимости статистики Хи-квадрат
2	-0,953	0,213	1,402	0,534208
7	-0,439	0,175	0,386	0,120471
6	-0,208	0,158	0,386	0,111213
5	-0,163	0,155	0,386	0,346026
3	-0,125	0,200	1,528	0,030844
1	0,648	0,214	0,143	0,700296
4	1,240	0,180	8,251	0,654651

Критическим значением уровня соответствия индикаторной переменной, измеряемой латентной переменной (уровня значимости статистики Хи-квадрат), является значение 0,05. При уровне соответствия, меньшем 0,05, индикаторную переменную рекомендуется исключить из набора.

Из таблицы 2 видно, что только одна индикаторная переменная (под номером 3) имеет уровень значимости статистики Хи-квадрат, меньший 0,05. Однако на уровне значимости 0,01 эта переменная совместима со всем набором, поскольку её уровень значимости равен 0,030844. Поэтому в целом можно считать, что все индикаторные переменные являются совместимыми и их можно рассматривать как измерительный инструмент, а полученные данные соответствуют модели измерения.

Уровни лечебной эффективности исследуемых индикаторных переменных представлены на рисунке таблицей скриншота.

Уровни эффективности *Location* в этой таблице отсортированы в порядке их возрастания.

Анализ таблицы на рисунке показывает, что наибольший уровень эффективности лечения герпеса характеризует индикаторная переменная под номером 4 (Q4 – альфа-токоферол 0,4 г. – 1 раз в день 5 дней). Это озна-

чает, что данная индикаторная переменная лучше других дифференцирует пациентов по самой высокой эффективности лечения герпеса.

Наименьший уровень эффективности лечения герпеса характеризует индикаторная переменная под номером 2 (Q2 – панавир). Это означает, что данная индикаторная переменная лучше других дифференцирует пациентов по самой низкой эффективности лечения герпеса.

	Seq	Item	Type	Location	SE	FitResid	DF	ChiSq	DF	Prob
2	2	I0002	Poly	-0,953	0,213	0,709	82,29	1,254	2	0,534208
7	7	I0007	Poly	-0,439	0,175	0,321	82,29	4,233	2	0,120471
6	6	I0006	Poly	-0,208	0,158	0,945	82,29	4,393	2	0,111213
5	5	I0005	Poly	-0,163	0,155	-0,590	82,29	2,122	2	0,346026
3	3	I0003	Poly	-0,125	0,200	-0,834	82,29	6,958	2	0,030844
1	1	I0001	Poly	0,648	0,214	1,393	82,29	0,713	2	0,700296
4	4	I0004	Poly	1,240	0,180	-0,236	82,29	0,847	2	0,654651

Рис. Скриншот характеристик эффективности индикаторных переменных

Аналогичные таблицы были получены по всем остальным классам степени тяжести генитального герпеса.

Анализ всех данных, полученных в результате работы программы RUMM 2020, позволил сформировать следующие обобщённые выводы.

Применение фармакопрепаратов альфа-токоферола ацетата и аскорбиновой кислоты в составе комплексной терапии у больных генитальным герпесом даёт положительные результаты практически у всех пациентов. Это объясняется большим спектром патогенетического влияния на организм пациентов, страдающих данной нозологией.

Так, альфа-токоферол ацетат предохраняет клеточные мембраны тканей организма от окислительных изменений, стимулирует синтез ряда ферментов, в том числе цитохромов, каталазы и пероксидазы, тормозит окисление ненасыщенных жирных кислот и ингибирует синтез холестерина. Данный препарат предупреждает гемолиз эритроцитов, повышение проницаемости и ломкость капилляров, способствует устранению нарушения функций семенных канальцев и тестикул, нормализует репродуктивную функцию; препятствует развитию атеросклероза, дегенеративно-дистрофических изменений в тканях, особенно нервной ткани, улучшает лечение периферической невропатии, в том числе вызванной вирусом герпеса.

Аскорбиновая кислота имеет важное значение для жизнедеятельности организма, в том числе обладает противовирусной активностью. Данный фармакопрепарат участвует в регуляции окислительно-восстановительных процессов, углеводного обмена, свёртывания крови, нормальной проницаемости капилляров, образования стероидных гормонов, синтеза коллагена проколлагена; регулирует иммунологические реакции (активизирует синтез антител, С3 – компонента комплемента, интерферона), способствует фагоцитозу. Данное влияние обуслов-

ливает повышение устойчивости организма к инфекциям. Препарат тормозит высвобождение и ускоряет деградацию гистамина, угнетает образование простагландинов и других медиаторов воспаления.

С позиции формального подхода, с учётом весьма равномерных результатов влияния витаминотерапии на пациентов всех клинических групп и согласно оценке, полученной по методу Г. Раша, альфа-токоферол ацетат и аскорбиновая кислота имеют лидирующие позиции. Так, в группе ω_0 (клинически здоровые и состояние ремиссии) наибольшую эффективность профилактической противовирусной терапии по методу Г. Раша показали общеукрепляющие препараты альфа-токоферол ацетат и аскорбиновая кислота. Весьма эффективным для профилактики зарекомендовал себя валвир (вторая позиция по методу Г. Раша). Наименьшую эффективность показал иммуномодулятор панавир, что обусловливается наименьшими нарушениями иммунной системы у данной группы пациентов изначально. Данные результаты, полученные с помощью метода Г. Раша, полностью совпадают с мнением клинических экспертов.

Класс ω_1 (стадия вирусовыделения без клинической симптоматики) характеризуется аналогичными показателями эффективности за исключением увеличившейся роли панавира (5-я позиция по методу Г. Раша против 7-й в группе ω_0). Это объясняется нарастанием нарушений всех звеньев иммунитета у пациентов на стадии вирусовыделения. Валвир прочно занимает 2-ю позицию по эффективности в группах ω_0 и ω_1, что обусловлено его прямым противовирусным действием.

Классы ω_2 (клиническая симптоматика до трёх дней), ω_3 (клиническая симптоматика более пяти дней) и ω_4 (непрерывно рецидивирующий герпес) отличаются лидирующей позицией эффективности панавира (первые позиции по методу Г. Раша). Такое активное влияние панавир начинает оказывать в связи со значительной разбалансировкой иммунитета во всех группах с выраженной клинической картиной генитального герпеса. Кроме того, это происходит за счёт того, что панавир повышает жизнеспособность инфицированных клеток. Уже при однократном применении панавир увеличивает уровень лейкоцитарного интерферона (ИНФ) в 2,7 – 3 раза, что соответствует терапевтическим дозам препаратов ИНФ. Кроме того, панавир ингибирует синтез вирусных белков, способствует торможению репликации вирусов в инфицируемых культурах клеток и приводит к существенному снижению инфекционной активности вирусов. Панавир обладает цитопротективным действием, защищая клетки от воздействия вирусов.

Противовирусный препарат валвир занимает стабильные средние ранги по методу Г. Раша, проявляя свою противовирусную активность, однако срок воздействия увеличивается, что не даёт данному препарату занимать первые позиции в особо тяжёлых стадиях генитального герпеса.

Воздействие на психоэмоциональное напряжение, хроническое утомление и коррекцию биологически активных точек показало себя равномерно эффективным во всех группах, хотя и не имеет лидирующих позиций.

Однако воздействие на данные нарушения является важным во всех группах пациентов и даёт хорошие клинические результаты.

Таким образом, с утяжелением клинического течения генитального герпеса нарастает эффективность фармакотерапии панавиром, эффективность применения противовирусного препарата валвир остаётся стабильно высокой с наибольшим влиянием на менее тяжёлые проявления генитального герпеса.

Список литературы

1. Использование интерактивных методов классификации для решения задач медицинского прогнозирования / С. Абас Башир, В.Н. Шевякин, К.В. Разумова, С.Н. Кореневская // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1. – С. 33-37.

2. Конева Л.В., Кореневская С.Н., Дегтярев С.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека // Системный анализ. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С.993-1000.

3. Кореневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99-103.

4. Кореневский Н.А., Руцкой Р.В., Долженков С.Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 905-909.

5. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Горбатенко С.А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных, для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18-24.

6. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Кореневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1-3.

7. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечётких сетевых моделей. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 28 с.

8. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Н.А. Кореневский, О.Н. Филатова, М.И. Лукашов, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 4 – 9.

9. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидивов хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 10 – 15.

10. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса): монография / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, В.И. Серебровский [и др.]. – Курск, 2011. – 123с.

11. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: монография. – Славянск-на-Кубани: Изд. центр СГПИ, 2006. – 333с.

12. Korenevskiy N.A. Prediction and prenosological diagnostics of gastro-

intestinal tract diseases based on energy characteristics of acupuncture points and fuzzy logic // International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology. – Sanya (China, March 25-27), 2011. – P. 307-312.

13. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N.A. Korenevsky, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43. – № 4. – P. 187-190.

14. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword bu Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980. – 199 p.

Получено 21.11.14

A.G. Ustinov, Doctor of Sciences, Professor of medical cybernetics and informatics, FBGOU BPO RNIU them. Pirogov (e-mail: algeus@mail.ru)

E.V. Pismennaya, Candidate of Sciences, «Kursk skin and venereologic clinic».

E.A. Boytsova, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kaf.vm@mail.ru)

L.A. Novikova, Doctor of Sciences, Professor, Chief Physician, «Voronezh Municipal Clinical Hospital №7»

EVALUATION OF TREATMENT EFFECTIVENESS OF GENITAL HERPES USING FUZZY MATHEMATICAL MODELS

The paper discusses the choice and study of efficacy of rational treatment regimens for different stages of the flow of genital herpes with the use of the theory of measurement of latent variables based on models G. Rush. Shows that the most effective treatment is achieved with different combinations of such drugs as alpha-tocopherol acetate, ascorbic acid, and valvir panavir in conjunction with the correction of the energy state of biologically active points, mental and emotional stress and chronic fatigue.

***Key words**: genital herpes; clinical variants of the disease; regimen; G. Rasch model.*

УДК 614.8:057.834 (059+542.18)

Е.А. Афанасова, канд. мед. наук, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

ИНФОРМАТИВНЫЕ И ПРОГНОСТИЧЕСКИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РИСКА ОСТРОГО ЭНДОМЕТРИТА

Представлены наиболее информативные и прогностические социально-экономические факторы риска острого эндометрита. Показано важное влияние уровня жизни пациенток на прогнозирование степени риска развития данного заболевания.

***Ключевые слова:** прогнозирование, острый эндометрит.*

***

Несмотря на внедрение в гинекологическую и акушерскую практику новых методов диагностики и терапии, острый эндометрит остается распространенной патологией [3 – 6, 9, 10]. Одним из перспективных направлений по снижению острого эндометрита и его осложнений считается прогнозирование течения заболевания от факторов риска, успешно реализованное при другой патологии [1, 2, 7, 8]. В связи с этим проведен отбор информативных социально-экономических факторов риска для прогнозирования острого эндометрита.

Существенным фактором риска острого эндометрита следует считать незанятость больных в трудовой сфере (табл. 1). Количество безработных в основной группе репрезентативно выше, чем в контроле (P<0,001). Вместе с тем доля служащих существенно ниже в группе больных острым эндометритом. В основной группе незначительно ниже удельный вес учащейся молодёжи и домохозяек (P>0,05). Одинаковым оказался удельный вес женщин, относящихся к категории рабочих профессий и специальностей.

Таблица 1

Трудовая занятость и учёта представителей основной и контрольной групп, %

Трудовая занятость и учеба	Основная группа	Контроль
Безработные	20,6 ± 3,0*	2,4 ± 1,2*
Студенты, учащиеся	11,2 ± 2,3	15,8 ± 2,9
Домохозяйки	17,5 ± 2,8	21,4 ± 3,3
Служащие	8,2 ± 2,0*	18,0 ± 3,1*
Рабочие профессии и специальности	42,5 ± 3,6	42,1 ± 4,0
Всего	100,0	100,0

Примечание.* – статистически значимая разница.

Значения информативности исследуемого фактора риска указывает на наибольшую информативность безработицы в отношении острого эндометрита (табл. 2).

Величина информативности Кульбака имеет максимальное значение и занимает первое место, что свидетельствует о негативном воздействии незанятости в трудовой сфере на развитие острого эндометрита. Другие виды трудовой деятельности имеют меньшие величины, но высокое значение информативности присуще категории служащих. На третьей ранговой позиции по показателю информативности находятся студенты и учащиеся. Крайне низкой оказалась информативность для рабочих профессий.

Неизменными остались ранговые позиции прогностических коэффициентов трудовой занятости и учебы у больных острым эндометритом (табл. 3).

Таблица 2

Показатели информативности трудовой занятости и учебы в основной группе

Трудовая деятельность	Показатель информативности	Место при ранжировании
Безработные	84,9	1
Студенты, учащиеся	3,4	3
Домохозяйки	1,7	4
Служащие	16,7	2
Рабочие профессии и специальности	0,005	5
Всего	106,7	-

Таблица 3

Показатели прогностических коэффициентов трудовой занятости и учёбы в основной группе в случае присутствия данного признака

Трудовая занятость, учеба	Показатель прогностического коэффициента при присутствии данного признака	Место при ранжировании
Безработные	-9,3	1
Студенты, учащиеся	+,15	3
Домохозяйки	+0,9	4
Служащие	+3,4	2
Рабочие профессии и специальности	-0,01	5
Сумма ПК	-3,5	-

Как в случае информативности, так и при наличии данного признака на первой позиции с отрицательным знаком находится безработица. Второе место занимает прогностический коэффициент для служащих, но его знак, как и для других видов трудовой деятельности, положительный. Студенты и учащиеся по величине прогностического коэффициента, если данный признак присутствует, расположились на третьей ранговой позиции. Общая сумма прогностических коэффициентов отрицательная, что указывает на существенность безработицы в развитии острого эндометрита.

Незначительно изменились ранговые места прогностических коэффициентов трудовой занятости и учебы у больных острым эндометритом в случае отсутствия данного признака (табл. 4).

Однако знак прогностических коэффициентов поменялся для всех градаций рассматриваемого фактора риска. Так, прогностический коэффициент безработицы, занимая первое место, при математическом ранжировании принял положительный знак. У других категорий трудовой деятельности прогностический коэффициент приобрел отрицательный знак, сохранив практически те же ранговые места. Прогностический коэффициент служащих занял второе место, а третье место распределили прогностические критерии студентов, учащихся и домохозяйки. Сумма прогностических коэффициентов невелика и с отрицательным знаком.

Изучение уровня жизни среди больных острым эндометритом позволило обнаружить достоверные различия по большинству критериев (табл. 5). В основной группе достоверно выше количество женщин, не имеющих собственного жилья. Более трети пациенток с острым эндометритом проводят отпуск преимущественно не дома, что значительно выше, чем в контроле ($P<0,001$).

В основной группе статистически значимо ниже количество больных, проводящих отпуск преимущественно на море, в санатории. Низкий существенный доход выявлен у достоверно большей части пациенток с острым эндометритом, чем в контрольной группе. Однако сравнивыемые категории женщин не различались существенно по количеству проживающих в общежитии и на съемной квартире.

Таблица 4

Показатели прогностических коэффициентов трудовой занятости и учебы в основной группе в случае отсутствия данного признака

Трудовая занятость, учеба	Показатель прогностического коэффициента при отсутствии данного признака	Место при ранжировании
Безработные	+0,9	1
Студенты, учащиеся	-0,2	3
Домохозяйки	-0,2	3
Служащие	-0,5	2
Рабочие профессии	-0,007	4
Сумма ПК	-0,007	-

Таблица 5

Уровень жизни представителей основной и контрольной групп на 100 обследованных

Критерии уровня жизни	Основная группа	Контроль
Отсутствия собственного жилья	17,2 ± 2,8*	3,4 ± 1,5*
Проживание в общежитии	13,8 ± 2,5	12,5 2,7
Проживание на съемной квартире	5,6 ± 1,7	9,3 ± 2,4
Проведение отпуска преимущественно дома	34,7 ± 3,5*	14,6 ± 2,8*
Проведение отпуска преимущественно на море, в санатории	10,3 ± 2,2	22,7 ± 3,4*
Низкий среднедушевой доход (менее 6000 рублей на 1 человека)	28,2 ± 3,3*	13,6 ± 2,8*

Примечание. * – статистически значимая разница.

Расчет параметров информативности для критериев уровня жизни у больных острым эндометритом выявил максимум показателя при отсутствии собственного жилья (табл. 6).

Незначительно ниже показатель информативности для проведения отпуска преимущественно дома, что соответствует второй ранговой позиции. Низкий среднедушевой доход у пациенток с острым эндометритом занял третье место. На четвертой ранговой позиции находится информативность для проведения отпуска преимущественно на море, в санатории. Достаточно низкой величиной информативности характеризуется проживание на съемочной квартире и в общежитии. В целом информативность уровня жизни у больных острым эндометритом оказалась высокой.

Математическое ранжирование прогностических коэффициентов уровня жизни при остром эндометрите свидетельствует практически о полном соответствии ранговых позиций, установленных выше для величин информативности (табл. 6 и 7).

Таблица 6

Показатели информативности уровня жизни в основной группе

Критерии уровня жизни	Показатель информативности	Место при ранжировании
Отсутствие собственного жилья	48,5	1
Проживание в общежитии	0,3	6
Проживание на съемной квартире	4,1	5
Проведение отпуска непосредственно дома	37,8	2
Проведение отпуска непосредственно на море, в санатории	21,3	4
Низкий средний доход (менее 6000 рублей на 1 человека)	23,7	3
Всего	135,7	-

Таблица 7

Показатели прогностических коэффициентов уровня жизни в основной группе в случае присутствия данного признака

Критерии уровня жизни	Показатель прогностического коэффициента при присутствии данного признака	Место при ранжировании
Отсутствие собственного жилья	-7,0	1
Проживание в общежитии	-0,4	6
Проживание на съемной квартире	+2,2	5
Проведение отпуска непосредственно дома	-3,8	2
Проведение отпуска непосредственно на море, в санатории	+3,4	3
Низкий средний доход (менее 6000 рублей на 1 человека)	-3,2	4
Сумма ПК	-8,8	-

В случае наличия фактора риска высоким с отрицательным знаком оказался данный критерий прогностичности для отсутствия собственного жилья. Вторая ранговая позиция принадлежит прогностическому коэффициенту проведения отпуска преимущественно дома, который так же, как и предыдущий признак, имеет отрицательный знак. Прогностический коэффициент для

проведения отпуска преимущественно на море, в санатории занял третье место и имеет положительный знак, что влияет на позитивное значение этого признака в предупреждении развития острого эндометрита. Однако негативно способствует развитию острого эндометрита низкий среднедушевой доход, так как его величина имеет отрицательный знак. Последнюю ранговую позицию занимает в случае присутствия фактора риска проживание в общежитии. Сумма прогностических коэффициентов уровня жизни – отрицательная величина.

В случае отсутствия рассматриваемого фактора риска острого эндометрита ранговые места прогностических коэффициентов отдельных составляющих уровня жизни изменилось (табл. 8).

Таблица 8

Показатели прогностических коэффициентов уровня жизни в основной группе в случае отсутствия данного признака

Критерии уровня жизни	Показатель прогностического коэффициента при отсутствии данного признака	Место при ранжировании
Отсутствие собственного жилья	+0,7	3
Проживание в общежитии	+0,06	5
Проживание на съемной квартире	-0,2	4
Проведение отпуска непосредственно дома	+1,2	1
Проведение отпуска непосредственно на море, в санатории	-0,06	5
Низкий средний доход (менее 6000 рублей на 1 человека)	+0,8	2
Сумма ПК	+2,5	-

При этом первое место занял прогностический коэффициент проведения отпуска (преимущественно с положительным знаком). На втором месте находится прогностический коэффициент для низкого среднедушевого дохода на 1 члена семьи. Незначительно ниже оказалась величина прогностического коэффициента для отсутствия собственного жилья. Иначе говоря, наиболее информативные составляющие уровня жизни у пациенток с острым эндометритом заняли приоритетные позиции. Однако необходимо отметить, что значения прогностических коэффициентов во всех случаях являются невысокими, как и сама сумма их прогностической значимости.

Список литературы

1. Агарков Н.М., Артенян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учетом информативности пока-

зателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.

2. Компьютерное прогнозирование потребления лекарственных средств и уровня заболеваемости / Н.М. Агарков, И.В. Будник, М.Ю. Маркелов [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2011. – № 4. – С. 71-75.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

4. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып. 4. – С. 11-15.

5. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность показателей свертывающейся и иммунной систем при остром сальпингоофорите // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5. – С. 243-247.

6. Автоматизированная система поддержки принятия решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.

7. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.

8. Применение дискриминантного метода и математических моделей для диагностики острого эндометрита и сальпингоофорита / Н.М. Агарков, Е.П. Афанасова, И.В. Будник, А.П. Яковлев // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 3. – С. 660-663.

9. Математические методы в диагностике и анализе лечения острого эндометрита / Е.П. Афанасова, Н.М. Агарков, И.В. Будник, И.В. Коломиец // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 3. – С. 619-623.

10. Куценко Г.И., Агарков Н.М., Будник И.В. Исследование качества жизни больных сальпингоофоритом // Здравоохранение Российской Федерации. – 2012. – № 4. – С. 45-47.

Получено 24.11.14

E.A. Afanasova, Candidate of Sciences, Doctoral Candidate, Southwestern State University (Kursk) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

INFORMATIVE AND PREDICTIVE SOCIO-ECONOMIC RISK FACTORS OF ACUTE ENDOMETRITIS

Presents the most informative and predictive socio-economic risk factors of acute endometritis. Shows the important influence of the quality of life of patients to predict the risk of developing this disease.

***Key words**: forecasting, acute endometritis.*

УДК 618

С.В. Петров, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск)(e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

С. П. Серегин, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

А.В. Новиков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

А.И. Бежин, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинской университет (тел.: 8-910-310-06-04)

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ОСТРОГО ПИЕЛОНЕФРИТА У БЕРЕМЕННЫХ

Представленный алгоритм управления лечебно-диагностическим процессом у больных с пиелонефритом беременных позволяет быстро и своевременно проводить коррекцию лечения и мониторинг состояния плода. Если после проведения выбранных схем лечения наблюдается ремиссия, решается вопрос о разработке программы профилактических мероприятий путем реализации алгоритма прогнозирования обострения хронического пиелонефрита.

***Ключевые слова**: алгоритм, диагностика, схема лечения, пиелонефрит беременной.*

***

Возникновению пиелонефрита во время беременности способствует множество факторов. Немаловажную роль играет наличие у женщины неблагоприятного инфекционного анамнеза, как генитального, так и экстрагенитального. При этом не ясно, почему у беременной с наличием рецидивирующего воспалительного процесса женских половых органов, микст-инфекции, хронического бронхита или тонзиллита во время беременности нет воспалительной патологии почек, но при этом у молодой первородящей с идеальным репродуктивным анамнезом, без экстрагенитальной патологии, органической патологии почек и детских болезней во время беременности возникает прогрессирующий осложненный пиелонефрит. Возможно, ответ на этот вопрос кроется в факторах адаптационной защиты почек и всего женского организма во время беременности. Изучение изменений гомеостаза до и во время беременности дает возможность прогнозировать возникновение и течение воспалительной патологии почек, своевременную профилактику и эффективное лечение. Новым перспективным подходом в улучшении диагностики данной и другой патологии многими исследователями считается применение математических методов и информационно-аналитических систем [1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 19, 22]. При этом важен не только математико-статистический анализ диагностических признаков, но и прогнозирование на их основе течения заболевания [7, 13, 16, 17, 18, 20, 21]. Обеспечить же решение указанных выше вопросов позволяют компьютерные системы поддержки специалистов, которые широко внедряются в различные медицинские службы [4, 14, 15]. Однако при лечении пиелонефрита беременных применяемые схемы лечения, как правило, сформированы на субъективном мнении врача-гинеколога и менее эффективны.

Исходными данными для работы алгоритма управления процессом лечения острого пиелонефрита беременных являются результаты определения факта заболевания и его классификационной принадлежности с использованием решающих правил, разработанных на кафедре БМИ ЮЗГУ.

Схема алгоритма управления приведена на рисунке.

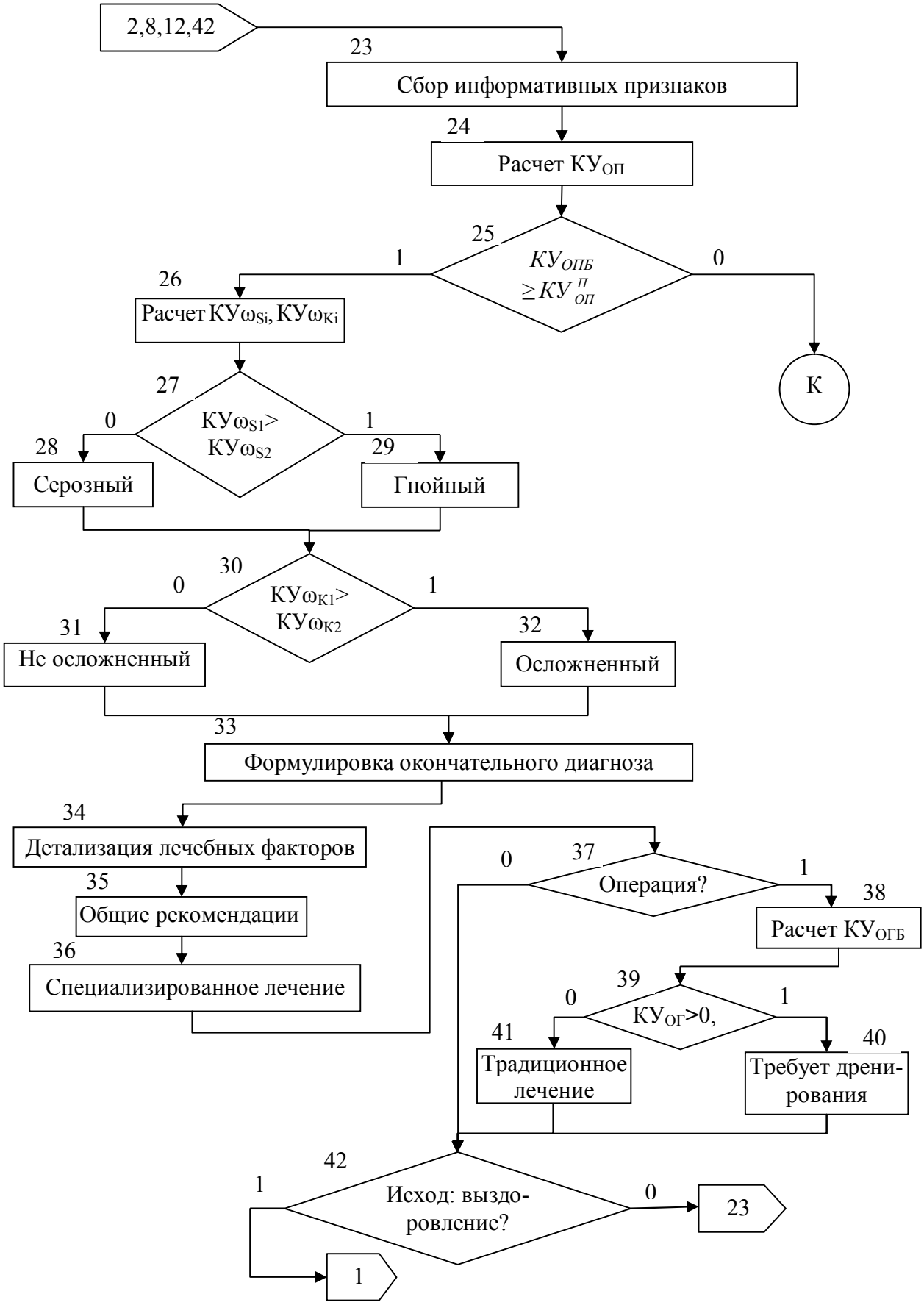


Рис. Алгоритм управления процессом диагностики и лечения острого пиелонефрита беременной или хронического пиелонефрита в фазе активного воспаления

Словесное описание алгоритма представлено следующими пунктами.

1. В ходе опроса и осмотра по специализированному справочнику из специально организованной базы данных (блок 23) устанавливается наличие признаков пиелонефрита.

2. Производится расчет $КУ_{ОПБ}$ (блок 24).

3. Проверяются условия превышения $КУ_{ОП}$ порогового значения $КУ^{П}_{ОП}$ (блок 25). При условии $КУ_{ОПБ} \geq КУ^{П}_{ОП}$ принимается решение о наличии заболевания «острый пиелонефрит беременной» или «хронический пиелонефрит в фазе активного воспаления».

4. Проводится классификация диагноза путем поэтапного определения принадлежности объекта к классам ω_S и ω_K. Производится расчет $КУ\omega_{Si}$ и $КУ\omega_{Ki}$ (блок 26) с последующим поэтапным сравнением коэффициентов уверенности в классах по правилам:

ЕСЛИ ($КУ\omega_{S1} > КУ\omega_{S2}$) ТО [серозный] ИНАЧЕ [гнойный] (блоки 27, 28, 29);

ЕСЛИ ($КУ\omega_{K1} > КУ\omega_{K2}$) ТО [не осложненный] ИНАЧЕ [осложненный] (блоки 30, 31, 32).

5. В результате работы блоков правил 25-32 формируется один из четырех возможных вариантов диагноза: неосложненный серозный пиелонефрит ($\omega_{S1}\ \omega_{K1}$); неосложненный гнойный пиелонефрит ($\omega_{S2}\ \omega_{K1}$); осложненный серозный пиелонефрит ($\omega_{S1}\ \omega_{K2}$); осложненный гнойный пиелонефрит ($\omega_{S2}\ \omega_{K2}$) – блок 33.

6. На основании синтезированного диагноза с учетом формы заболевания, наличия осложняющих факторов решается вопрос о детализации лечебных мероприятий (блок 34). Конкретизация лечебных факторов осуществляется в виде всплывающих подсказок по ссылкам на него. Специфические лечебные мероприятия дополняются общими рекомендациями (блок 35) с формированием индивидуального для каждой пациентки лечения (блок 36). Выбор специфического лечебного блока осуществляется в соответствии с таблицей.

Таблица связей диагнозов и лечебных блоков

Диагноз	Блок
$\omega_{S1}\ \omega_{K1}$	36.1
$\omega_{S1}\ \omega_{K2}$	36.2
$\omega_{S2}\ \omega_{K1}$	36.3
$\omega_{S2}\ \omega_{K2}$	36.4

Лечебные рекомендации по конкретному диагнозу выводятся в виде комбинации медикаментозных, физиотерапевтических процедур, указанных в общем виде (группы препаратов и физических лечебных факторов), малоинвазивных вмешательств и открытого оперативного лечения.

Блок 35. Общие рекомендации содержат: исключение из рациона питания острой, пережаренной пищи, специй, копченостей, избегать переохлаждений, переутомлений, своевременное опорожнение мочевого пузыря, соблюдение личной гигиены.

Блок 36.1 применяется у больных с неосложненным серозным пиелонефритом беременной .

Антибактериальная терапия проводится с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы. При эмпирической антибиотикотерапии делается выбор антибиотиков, действующих на грамотрицательную флору. Применяются пероральные формы лекарственных средств. Длительность лечения 7-10 дней. Поливитаминные комплексы,

включающие витамины группы В, витамины А, С. Длительность приема витаминов составляет 2 недели.

Фитотерапия: применяются отвары мочегонных трав (канефрон, шиповник, брусника, почечный сбор). Длительность лечения составляет не менее 2 – 4недель.

С целью улучшения микроциркуляции в почке назначался трентал 200 мг 3 раза в сутки, длительность курса 7-10 дней; антиоксиданты: токоферол 800 мг в сутки, церулоплазмин 100 мг в сутки в течение 10 дней.

Блок 36.2 эффективен у больных с осложненным серозным пиелонефритом.

Лечение больных осложненным пиелонефритом при беременности всегда начинается с восстановления пассажа мочи. При серозной форме воспалительного процесса используются малоинвазивные методы дренирования почки – чрескожная пункционная нефростомия, катетеризация и стентирование мочеточников в сочетании с дренированием мочевого пузыря. Установление мочеточникового катетера применяется в случае необходимости кратковременного (3-5 суток) дренирования почки. Такой вид дренирования использовался при пиелонефрите беременных в качестве временного средства.

Чрескожная пункционная нефростомия выполняется при необходимости более длительного дренирования почки при рецидивирующем гестационном пиелонефрите, при обструкции вследствие стриктуры мочеточника, а также механического давления беременной маткой. При невозможности выполнения перкутанной нефростомии производится стентирование мочеточника.

Антибактериальная терапия проводится с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы препаратами, разрешенными при беременности, в зависимости от сроков беременности. При эмпирической антибиотикотерапии делается выбор антибиотиков широкого спектра действия. Длительность: 7 дней применяют парентеральные формы лекарственных средств, затем 10 дней – пероральные формы антибиотиков.

Лечение сопутствующей патологии. Пациенты консультируются соответствующими специалистами (эндокринолог, кардиолог и т.д.) с последующим проведением комплексной терапии имеющихся заболеваний. Особое место в структуре заболеваемости больных пиелонефритом при беременности занимает сахарный диабет. Коррекция уровня гликемии, соблюдение режима питания и приема лекарственных препаратов имеет такое же значение, как и непосредственное лечение проявлений пиелонефрита. Поливитаминные комплексы, включающие витамины группы В, витамины А, С. Длительность приема витаминов составляет 1 месяц. В течение всего периода лечения применяются отвары мочегонных трав (толокнянка, марена красильная, шиповник, брусника, почечный сбор).

Блок 36.3 должен использоваться для больных с неосложненным гнойным пиелонефритом (необструктивном апостематозном, единичном карбункуле почки).

Лечение таких больных в первые сутки заболевания при наличии единичных гнойных элементов в почке, отсутствии выраженного эндотоксикоза, стабильной гемодинамики, сохранной функции почек и плода может быть консервативным. Данная те-

рапия включает в себя антибактериальную терапию с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы, активное применение дезинтоксикационной терапии, включающей использование растворов глюкозы 5% и 10%, раствора Рингера, реополиглюкина, плазмы, озонированного физиологического раствора, объем инфузии в лихорадочный период составляет не менее 1500 мл. При наличии симптомов эндотоксикоза эффективно применение гемосорбции, плазмофереза, плазмосорбции, а также использование низкоинтенсивного лазерного излучения.

Через сутки лечения проводится контрольное ультразвуковое исследование, контроль общего анализа крови. При отсутствии улучшения в течение суток либо при отрицательной динамике состояния больной показано оперативное лечение – ревизия почки, декапсуляция, иссечение гнойных элементов почки. После чего продолжается лечение согласно приведенной схеме.

Блок 36.4 используется у наиболее тяжелых больных – с осложненным гнойным пиелонефритом (осложненный апостематозный, карбункулезный пиелонефрит, абсцесс почки, а также их сочетание).

Данной категории больных всегда показано открытое оперативное лечение. Отсрочка операции в течение нескольких часов может быть связана с необходимостью предоперационной подготовки пациентки, выяснением причин обструкции либо организационно-правовыми причинами (отказ пациентки и ее родственников от операции). Другой причиной консерватизма может быть крайне тяжелое состояние пациентки – в этом случае устанавливается мочеточниковый катетер, проводится интенсивная терапия. Объем оперативного лечения – нефростомия, декапсуляция, иссечение гнойных элементов почки или нефрэктомия определяются степенью поражения почечной ткани, общим состоянием больного, наличием декомпенсированной сопутствующей патологии, состоянием контрлатеральной почки. Нефрэктомия производится при поражении более 2/3 почечной паренхимы, развившемся инфекционно-токсическом шоке, имеющейся тяжелой сопутствующей патологии, а также при условии наличия нормально функционирующей коллатеральной почки. Во всех остальных случаях производится нефростомия, декапсуляция, рассечение и иссечение гнойных элементов почки.

Проводится активная антибактериальная терапия с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы. При эмпирической антибиотикотерапии в комплексное лечение включаются препараты, перекрывающие весь спектр чувствительности. Длительность антибиотикотерапии определяется лихорадочным периодом, в течение которого используются парентеральные формы лекарственных средств (предпочтительно внутривенные), затем 10 дней применяются пероральные формы антибиотиков. Монотерапия не используется, применяются сочетания 3-х антибиотиков. Проводится дезинтоксикационная терапия: растворов глюкозы 5% и 10%, раствора Рингера, реополиглюкина, плазмы, озонированного физиологического раствора (общий объем инфузии не менее 1,5л, под контролем диуреза, центрального венозного давления). Более активно должны использоваться методы гемосорбции, плазмофереза, плазмосорб-

ции, применение низкоинтенсивного лазерного излучения.

На всех стадиях лечения проводится мониторинг состояния плода. При состояниях, угрожающих жизни пациентки, решается вопрос о досрочном прерывании беременности.

После составления индивидуального плана лечения решается вопрос о необходимости открытого оперативного лечения (блок 37). Если операция не нужна, осуществляется намеченный план лечения.

Определяется эффективность лечения (блок 42). Если после проведения выбранных схем лечения наблюдается ремиссия, решается вопрос о разработке программы профилактических мероприятий путем реализации алгоритма прогнозирования обострения хронического пиелонефрита, иначе работа алгоритма заканчивается.

Если в процессе лечения отсутствует положительная динамика, решается вопрос о необходимости коррекции схемы лечения путем возврата к блоку 23.

Немаловажным аспектом является динамическое наблюдение за состоянием больной и плода в ходе лечения и оперативное реагирование по корректировке лечения при трансформации одной формы пиелонефрита в другую. Такое наблюдение заключается в регулярном осмотре больной врачом-урологом, врачом-гинекологом, в контроле за состоянием почки и плода путем динамического ультразвукового сканирования, в мониторинге лабораторных показателей крови и мочи. При прогрессировании воспалительного процесса (переходе заболевания из класса серозного в гнойное) расширяется и спектр терапевтических воздействий.

Список литературы

1. Агарков Н.М., Артенян Н.В., Яковлев А.П. Диагностика нейродермита с учётом информативности показателей разного биологического качества у подростков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 3. – С. 497-501.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность клинических симптомов, иммунологических, гематологических показателей и проявлений эндогенной интоксикации при остром неспецифическом сальпингоофорите // Журнал акушерства и женских болезней. – 2012. – Т. LXI. – Вып.4. – С. 11-15.

4. Автоматизированная система поддержки решений врача-дерматолога / Н.М. Агарков, А.В. Иванов, В.А. Иванов, А.П. Яковлев // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 71-74.

5. Прогнозирование тяжелого гестоза на основе компьютерных технологий / Н.М. Агарков, М.В. Фролов, В.Н. Снопков, С.Н. Гонтарев, Л.В. Шульга, Е.П. Афанасова // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 5. – С. 26-30.

6. Будник И.В., Гонтарев С.Н., Шульга Л.В. Многомерный математический анализ связей сальпингоофорита с инфекциями, передающимися половым путём, в различных возрастных и территориальных группах // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 543-550.

7. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. – № 1. – С. 29-32.

8. Гнездилова Е.А., Гонтарев С.Н., Иванов А.В., Мишустин В.Н. Моделирование и информативность проявлений синдрома эндогенной интоксикации при тонзиллите у детей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып.22/1. – С. 73-77.

9. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, В.А. Иванов // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-69.

10. Диагностическая значимость и моделирование параметров гемограммы и гомеостаза при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, М.В. Фролов, В.Д. Луценко, И.В. Коломиец, Е.П. Афанасова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С.106-113.

11. Поликритериальный математический отбор диагностических параметров локального кровотока и размеров яичников при остром сальпингоофорите / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, А.В. Шульга, В.А. Иванов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 157-163.

12. Информативность биомаркеров злокачественных новообразований органов желудочно-кишечного тракта и прогнозирование на индивидуальном уровне / С.Н. Гонтарев, А.В. Шульга, А.П. Яковлев, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 204-210.

13. Иванов А.В., Артенян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики атопического нейродермита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С.48-52.

14. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 114-121.

15. Иванов В.А. Организация и ведение компьютерного банка данных по заболеваемости дерматозами у детей // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 1058-1061.

16. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

17. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, Л.В. Шульга, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 138-139.

18. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татьяненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

19. Дифференциация острого тонзиллита у детей на основе математических моделей / В.Ф. Луценко, Е.А. Гнездилова, Е.В. Стародубцева, А.В. Иванов, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 84-88.

20. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

21. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 168-171.

22. Яковлев А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингоофоритом // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2 - 2. – С. 209-215.

Получено 24.11.14

S.V. Petrov, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)
(e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

S.P. Seregin, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

A.V. Novikov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

A.I. Bezhin, Doctor of Sciences, Professor, Kursk State Medical University
(tel.: 8-910-310-06-04)

THE ALGORITHM OF DIAGNOSIS AND TREATMENT CONTROL OF ACUTE PYELONEPHRITIS IN PREGNANT WOMEN

In this article the algorithm of medical-diagnosis process is discussing. The algorithm allows fast correction of treatment and monitoring of the fetus status. If after applying the selected treatment the remission is observed the question related to the development of program for prophylactic tasks is solving by implementation the algorithm of prognosis of acute chronical pyelonephritis.

Key words: *algorithm, diagnosis, algorithm of treatment, pyelonephritis during pregnancy.*

УДК 616.718.046-002-08: (616-009.819.6)

Н.М. Агарков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

Т.И. Субботина, д-р мед. наук, профессор, Тульский государственный университет
(e-mail: tulgu.bd.2@rambler.ru)

И.В. Коломиец, канд. мед. наук ОАО «РОСНО-МС» (Курск) (e-mail: 20.12.1990@mail.ru)

К.Ф. Макконен, д-р мед. наук, профессор, Белгородский государственный университет
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ И ОСТЕОМИЕЛИТА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ СИСТЕМНОГО ИММУНИТЕТА

По комплексу критериев и на основе различных математических методов проведен отбор информативных показателей системного иммунитета, по которым выполнено моделирование диагностики стоматологической патологии и остеомиелита.

Ключевые слова*: остеомиелит, стоматологическая патология, математическое моделирование.*

***

Диагностика и лечение воспалительных заболеваний челюстно-лицевой области является наиболее актуальной задачей современной стоматологии [4, 5, 8, 9, 10]. Основными направлениями, способствующими решению данной проблемы, считаются разработка и реализация в клиническую практику новых более эффективных методов диагностики и прогнозирования, успешно реализованных при других воспалительных заболеваниях у женщин [1, 2, 3, 6, 7]. Моделирование параметров системного иммунитета позволит рационализировать тактику лечебных мероприятий при остеомиелите и стоматологических заболеваниях.

Диагностическое исследование параметров системного иммунитета у пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей позволило обнаружить гиперактивацию Т-лимфоцитов и наличие недостаточности Т-хелперов, Т-супрессоров, активности нейтрофилов в тесте нитросинего тетразолия спонтанного и стимулированного (табл. 1). Независимо от этого все изменения в иммунной системе организма больных носили репрезентативный характер, за исключением соотношения параметров НСТ-ст. к НСТ-сп. ($P>0,05$). Воспалительный процесс в костной ткани челюстей вызвал достоверное повышение как абсолютного, так и относительного содержания Т-лимфоцитов. Изменение Т-хелперов и Т-супрессоров было однонаправленным и сопровождалось угнетением продукции данных кластеров в абсолютном и относительном выражении. Среднее значение теста НСТ-ст. и НСТ-сп. у больных острым одонтогенным остеомиелитом статистически существенно уменьшилось.

Таблица 1

Иммунологические показатели на системном уровне при одонтогенном остром остеомиелите челюстей и в контроле (M±m)

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Контрольная группа
СД3+, $x10^9$/л	1,7±0,2*	0,8±0,1*
СД3+,%	58,3±0,6*	47,6±0,7*
СД4+, $x10^9$/л	0,3±0,05*	0,8±0,06*
СД4+,%	27,8±0,5*	44,2±0,7*
СД8+, $x10^9$/л	0,3±0,02*	0,5±0,03*
СД8+,%	18,1±1,0*	29,7±0,9*
НСТ-сп., у.е.	89,7±0,6*	99,4±0,7*
НСТ-ст., у.е.	118,5±3,2*	176,8±2,9*
НСТ-ст./НСТ-сп.	1,3±0,2	1,8±0,3

Примечание. * – достоверные различия.

Математическая оценка изменений системного иммунитета посредством показателя сдвига свидетельствует о наиболее существенном сдвиге абсолютного числа Т-хелперов и Т-лимфоцитов в периферической крови больных острым одонтогенным остеомиелитом (табл. 2).

По отношению к здоровым взрослым лицам среди рассматриваемых параметров системного иммунитета существенный сдвиг произошел и в содержании абсолютного количества Т-супрессоров, и относительного уровня Т-лимфоцитов. Величины показателей сдвига относительного числа

Т-супрессоров, Т-хелперов, теста НСТ-ст. и отношение НСТ-ст./НСТ-сп. оказались практически равными по значению и одинаковыми по знаку. Наименьший показатель сдвига у пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей отмечен для теста НСТ-сп. Общая сумма сдвигов показателей системного иммунитета имела отрицательный знак и составила 378,1.

Таблица 2

Величина сдвига параметров системного иммунитета у пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей по сравнению с контрольной группой, %

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Ранговое место
СД3+, $x10^9$/л	+212,5	2
СД3+,%	+122,5	4
СД4+, $x10^9$/л	-266,7	1
СД4+,%	-62,9	8
СД8+, $x10^9$/л	-166,7	3
СД8+,%	-67,8	6
НСТ-сп., у.е.	-9,8	9
НСТ-ст., у.е.	-67,0	7
НСТ-ст./НСТ-сп.	-72,2	5
Сумма	-378,1	-

При осуществлении моделирования выявленных изменений параметров иммунной системы на уровне организма больных острым одонтогенным остеомиелитом челюстей в большинстве случаев наблюдается однонаправленность сдвигов (рис. 1).

Максимальное отклонение от параметров здоровых лиц отмечается для абсолютного содержания Т-хелперов, характеризующегося выраженной супрессией данного кластера дифференцировки иммунных клеток. Значительное отклонение присуще также другой субпопуляции Т-лимфоцитов – абсолютному количеству Т-супрессоров.

Вместе с тем противоположная высокая величина отклонений отмечена для абсолютного числа Т-лимфоцитов. Менее существенные сдвиги наблюдались для относительного числа Т-хелперов, Т-супрессоров, активности нейтрофилов в тесте НСТ-ст.

Промежуточное положение занимает изменение относительного содержания в периферической крови Т-лимфоцитов.

Практически неизменной осталась активность нейтрофилов в тесте НСТ-сп. Отмеченные изменения следует учитывать при диагностике данной нозологической формы остеомиелита челюстей.

Соотношение иммунных клеток периферической крови среди представителей основной и контрольной групп, представленное в виде графической модели, различается как по количеству, так и направлению связей (рис. 2).

У больных острым одонтогенным остеомиелитом челюстей наивысшее число достоверных корреляционных связей свойственно абсолютному содержанию Т-хелперов, которые имеют с другими субпопуляциями иммунных клеток в целом пять связей.

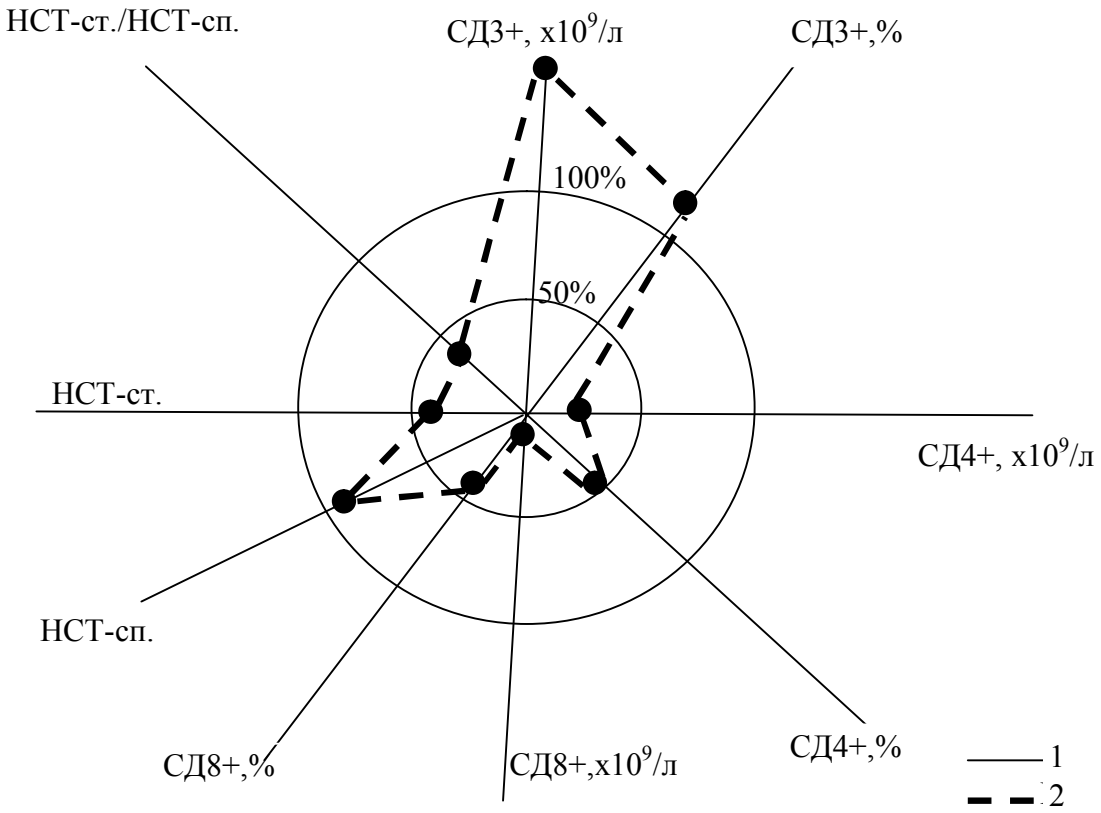


Рис. 1. Модель изменений параметров системного иммунитета у больных острым одонтогенным остеомиелитом челюстей по сравнению с контрольной группой (%): СД3+,х109/л – абсолютное количество Т-лимфоцитов крови; СД3+,% – относительное количество Т-лимфоцитов; СД4+,х109/л – абсолютное количество Т-хелперов; СД4+,% – относительное содержание в крови Т-хелперов; СД8+,х109/л – абсолютное содержание Т-супрессоров; СД8+,% – относительное число Т-супрессоров; НСТ-сп. – тест восстановления нитросинего тетразолия спонтанный; НСТ-ст. – тест восстановления нитросинего тетразолия стимулированный; НСТ-ст./НСТ-сп. – соотношение тестов

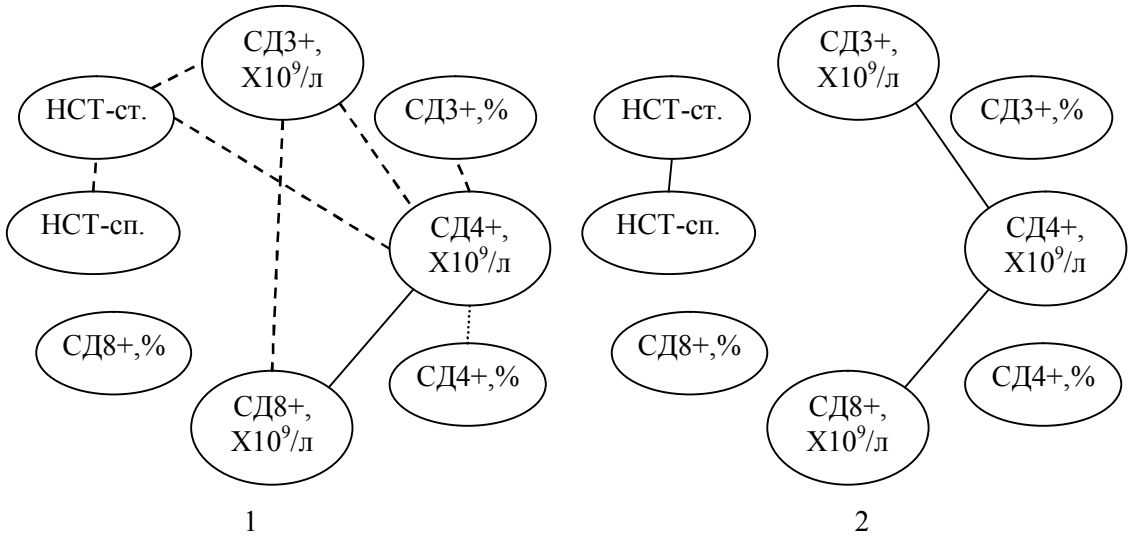


Рис. 2. Модель корреляционных связей параметров системного иммунитета у больных с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей (1) и здоровых лиц (2): _____ прямая достоверная связь; --------- обратная достоверная связь; …… криволинейная достоверная связь; обозначения клеток аналогичны обозначениям на рис. 1

Три обратные репрезентативные связи абсолютное количество Т-хелперов имеет с абсолютным, относительным содержанием Т-лимфоцитов и с тестом НСТ-ст. Прямая и криволинейная зависимость существует между абсолютным количеством Т-хелперов и абсолютным числом Т-супрессоров соответственно.

В корреляционной модели отчетливо выделяется абсолютное содержание на системном уровне Т-лимфоцитов, характеризующихся наличием трёх обратных зависимостей – с абсолютным числом Т-хелперов и Т-супрессоров, с тестом НСТ-ст. Последний находится в обратной взаимосвязи с тестом НСТ-сп.

В группе сравнения сопряженность показателей иммунной системы значительно ниже. Имеющиеся три корреляционные связи являются прямыми, причем две из них приходятся на кластер дифференцировки Т-хелперов в абсолютном выражении.

Диагностическое исследование на системном уровне параметров гуморального иммунитета у больных острым одонтогенным остеомиелитом челюстей выявило достоверное снижение иммуноглобулинов класса А в крови (табл. 3) ($P<0,01$). Более существенным оказалось уменьшение уровня Ig G вследствие развития острого одонтогенного остеомиелита челюстей по сравнению с контрольной группой.

Вместе с тем концентрация Ig E и Ig M на системном уровне среди больных с изучаемой челюстно-лицевой патологией практически осталась без существенных изменений ($P>0,05$).

Уровень циркулирующих иммунных комплексов в крови представителей основной группы репрезентативно возрос.

При численном анализе патологических отклонений у пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей, вызвавшим сдвиги в содержании иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов, с последующим математическим ранжированием установлено, что первое место по величине сдвига занимают Ig G (табл. 4). На втором месте и также с отрицательным знаком находятся Ig A. Значимым для диагностики острого одонтогенного остеомиелита челюстей следует считать изменение уровня циркулирующих иммунных комплексов, которые по величине показателя сдвига заняли третье ранговое место. Несущественными при данной патологии оказались величины сдвига Ig E и Ig M, имеющие приблизительно равные значения, но с разным знаком.

Таблица 3

Средний уровень иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в периферической крови пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей (M±m)

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Контрольная группа
Ig A, г/л	2,2±0,1*	3,1±0,2*
Ig G, г/л	8,3±0,3*	17,8±0,4*
Ig E, г/л	61,6±3,5	65,3±4,0
Ig M, г/л	0,9±0,2	0,8±0,2
Циркулирующие иммунные комплексы, у.е.	75,9±2,3*	60,2±1,8*

Примечание. * – достоверные различия.

Таблица 4

Параметры сдвига уровня иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в периферической крови у пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей, %

Исследуемый параметр, единица измерения	Основная группа	Место при ранжировании
Ig A, г/л	-140,9	2
Ig G, г/л	-214,5	1
Ig E, г/л	-5,7	5
Ig M, г/л	+11,1	4
Циркулирующие иммунные комплексы, у.е.	+126,1	3
Всего	-223,9	-

Построенная модель патологических отклонений в содержании иммуноглобулинов, циркулирующих иммунных комплексов в крови пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей в сравнении с контрольной группой (рис. 3) показывает угнетение выработки иммуноглобулинов на системном уровне.

Особенно резко снижается продукция Ig G и Ig A, концентрация которых становится ниже, чем в группе здоровых взрослых лиц. В меньшей степени, а точнее незначительно, снижена концентрация Ig E. Напротив, развитие острого одонтогенного остеомиелита челюстей сопровождается значительным подъемом уровня циркулирующих иммунных комплексов. Повышается также содержание в периферической крови Ig M, но этот подъем является незначительным. В целом изменение уровня иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов имеет отрицательный знак и значительную величину.

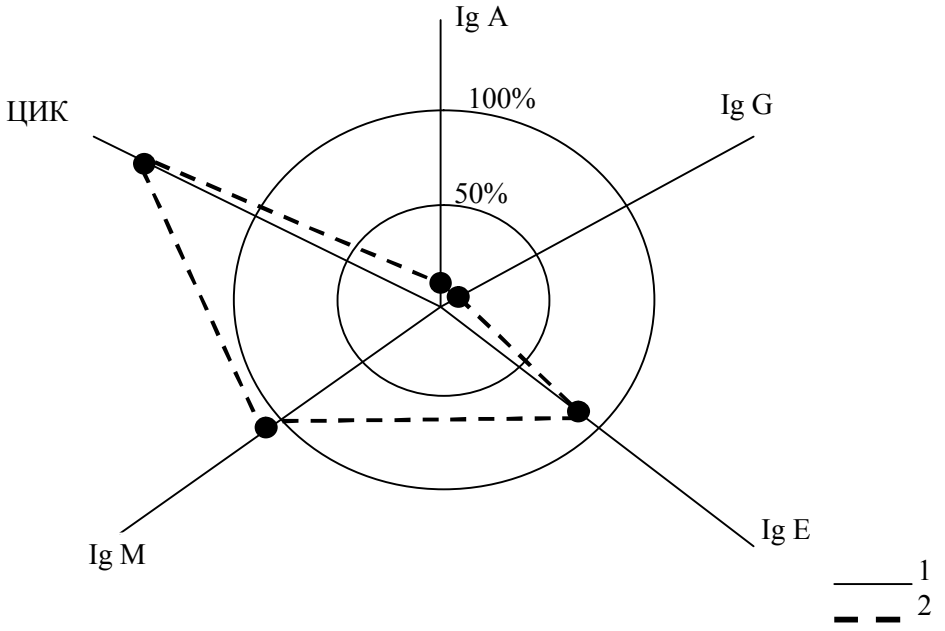


Рис. 3. Моделирование сдвигов иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в периферической крови при остром одонтогенном остеомиелите челюстей (%): Ig A – иммуноглобулин A; Ig G – иммуноглобулин G; Ig E – иммуноглобулин E; Ig M – иммуноглобулин M; ЦИК – циркулирующие иммунные комплексы; _____ контрольная группа; --------- основная группа

Корреляционный анализ иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов на системном уровне (рис. 4) позволил выявить различия в структуре корреляционных моделей в основной и контрольной группах.

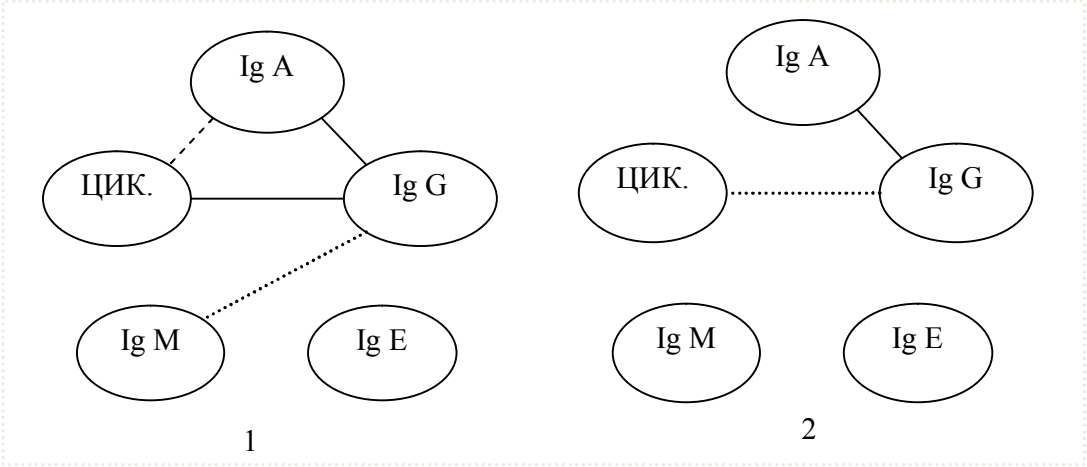


Рис. 4. Корреляционные модели связей иммуноглобулинов и циркулирующих иммунных комплексов в крови при остром одонтогенном остеомиелите челюстей (1) и в контроле (2): _____ прямая достоверная связь; --------- обратная достоверная связь; …… криволинейная достоверная связь; показатели аналогичны показателям на рис. 3

Среди пациентов с острым одонтогенным остеомиелитом челюстей общее количество достоверных связей превышает число таковых в группе здоровых.

В основной группе наибольшее число связей присуще классу Ig G, который имеет прямую связь с классом Ig A, обратную – с циркулирующими иммунными комплексами, криволинейную зависимость – с классом Ig M в периферической крови.

Между содержанием Ig A на системном уровне отмечены две зависимости: с концентрацией Ig G (прямая связь) и с циркулирующими иммунными комплексами (обратная достоверная зависимость).

Между изученными иммуноглобулинами и циркулирующими иммунными комплексами в группе здоровых взрослых лиц выявлено всего две достоверные зависимости. Первая связь представлена соотношением Ig A и Ig G и характеризуется прямой зависимостью. Вторая связь существует между Ig G и уровнем циркулирующих иммунных комплексов и представлена криволинейной достоверной зависимостью.

Список литературы

1. Компьютерное прогнозирование потребления лекарственных средств и уровня заболеваемости / Н.М. Агарков, И.В. Будник, М.Ю. Маркелов [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2011. – № 4. – С. 71-75.

2. Агарков Н.М., Будник И.В. Рационализация диагностики неспецифического сальпингоофорита на основе анализа информативности и моделирования клинико-лабораторных показателей // Российский медицинский журнал. – 2012. – № 4. – С. 46-49.

3. Агарков Н.М., Будник И.В. Информативность показателей свертывающейся и иммунной систем при остром сальпингоофорите // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5. – С. 243-247.

4. Математическое моделирование диагностики остеомиелита челюстей и периодонтита у детей / Н.М. Агарков, С.Н. Гонтарев, Я.В. Глаголева, В.Д. Луценко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 3. – С. 720-724.

5. Рациональные модели диагностики хронического остеомиелита челюсти по параметрам акупунктурных точек / Н.М. Агарков, В.Н. Шамборский, В.Г. Сухотерин, Ю.Н. Кириченко, И.В. Лютенко // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 1. – С. 217-221.

6. Компьютерная система обеспечения принятия решений детского стоматолога / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, В.А. Иванов // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-69.

7. Информативность биомаркеров злокачественных новообразований органов желудочно-кишечного тракта и прогнозирование на индивидуальном уровне / С.Н. Гонтарев, А.В. Шульга, А.П. Яковлев, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 204-210.

8. Математические методы в диагностике и оценке исходов лечения острого одонтогенного остеомиелита челюстей / С.Н. Гонтарев, В.Н. Мишустин, И.В. Чеканов, В.Н. Шамборский, А.В. Иванов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 2. – С. 472-478.

9. Математическое ранжирование средств консервативной терапии острого периодонтита / С.Н. Гонтарев, А.П. Яковлев, Я.В. Глаголева, И.С. Гонтарева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 3. – С. 764-770.

10. Шамборский В.Н. Показатели сдвига и дезинтеграции иммунитета при остеомиелите нижней челюсти // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 1. – С. 187-189.

Получено 25.11.14

N.M. Agarkov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Nikiti4007@yandex.ru)

T.I. Subbotina, Doctor of Sciences, Professor, Tula State University
(e-mail: tulgu.bd.2@rambler.ru)

I.V. Kolomiets, Candidate of Sciences, OAO «ROSNO-MS» (Kursk)
(e-mail: 20.12.1990@mail.ru)

K.F. Makkonen, Doctor of Sciences, Professor, Belgorod State University
(e-mail: vitalaxen@mail.ru)

MATHEMATICAL MODELING OF DIAGNOSIS OF DENTAL PATHOLOGY AND OSTEOMYELITIS INDICATORS OF SYSTEMIC IMMUNITY

The set of criteria and on the basis of various mathematical methods carried out the selection of informative indicators of systemic immunity, which modeled the diagnosis of dental pathology and osteomyelitis.

***Key words**: osteomyelitis, dental pathology, mathematical modeling.*

УДК 616.6

С.Д. Долженков, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

А.В. Новиков, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

А.И. Бежин, д-р мед. наук, профессор, Курский государственный медицинской университет (тел.: 8-910-310-06-04)

С. П. Серегин, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

С.В. Петров, докторант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРЫЖЕОБРАЗОВАНИЯ В ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ У УРОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Произведена проверка адекватности функционирования синтезированных решающих правил прогнозирования образования грыжи послеоперационного рубца в отдаленном послеоперационном периоде у больных, оперированных на верхних мочевых путях. Разработанные решающие правила прогнозирования послеоперационного грыжеобразования у больных, перенесших операцию на верхних мочевых путях, обеспечивают высокий уровень прогноза (93%) и профилактической эффективности (80%). Подобные результаты позволяют успешно применять их для профилактики наиболее распространенного осложнения позднего послеоперационного периода при операциях на верхних мочевых путях – грыжи послеоперационного рубца.

Ключевые слова: *прогнозирование, грыжи послеоперационного рубца, уровень прогноза, диагностическая эффективность.*

***

В связи с неуклонным ростом хирургических вмешательств, прогнозирование образования и профилактика боковых послеоперационных грыж приобретает особую актуальность. Важную роль при решении вопросов прогнозирования играют математические методы прогнозирования [1 – 8].

Нами произведена проверка адекватности функционирования синтезированных [патент РФ № 2370216 от 20.10.2009] решающих правил прогнозирования образования грыжи послеоперационного рубца в отдаленном послеоперационном периоде у больных, оперированных на верхних мочевых путях. С этой целью были рассчитаны $КУ_{ОГ}$, для пациентов с заранее известными диагнозами:

– группа ω_g представлена больными, имеющими грыжевое выпячивание в области люмботомического рубца, всего 67 человек;

– группа ω_0 составлена из больных, оперированных на верхних мочевых путях, но не имеющих в течение года грыжи послеоперационного рубца, всего 53 человека.

На основании анализа частоты встречаемости значений $КУ_{ОГ}$ были построены гистограммы распределения классов ω_0 и ω_g по признаку $КУ_{ОГ}$ (рис.).

Основываясь на анализе полученных в результате нашего исследования гистограмм распределения больных в соответствии с имеющимися у них коэффициентами уверенности в диагнозе «пиелонефрит, мочекаменная болезнь», в качестве пороговой величины $КУ_{ОГ}^{П}$ для прогнозирования грыжеобразования в послеоперационном периоде выбрана величина 0,4. Относительно этой величины определялись показатели диагностической чувствительности, диагностической специфичности, прогностической зна-

чимости положительных результатов, прогностической значимости отрицательных результатов и диагностическая эффективность полученных решающих правил на контрольной выборке больных в соответствии с распределением результатов наблюдений.

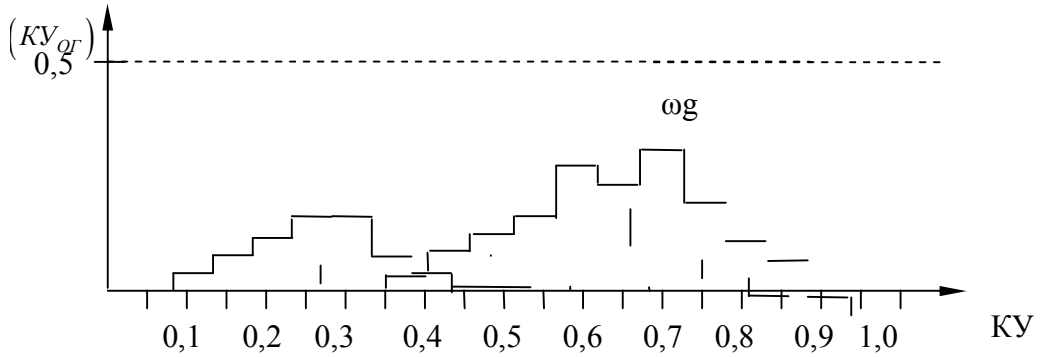


Рис. Гистограммы распределения больных по признаку $КУ_{ОГ}$

В результате проведенных исследований количество ложно положительных результатов, т.е. пациентов, не имеющих грыжу послеоперационного рубца, с $КУ_{ОГ}$, превышающим 0,4, составило 6 человек. Количество ложно отрицательных результатов, т.е. больных, имеющих грыжу послеоперационного рубца, с $КУ_{ОГ}$ менее 0,4, составило 19 человек. Больные, у которых отмечено грыжевое выпячивание в области послеоперационного рубца, имевшие $КУ_{ОГ}$, превышающий 0,4 (истинно положительные результаты), составили 348 человек. Пациенты без грыжи, имевшие $КУ_{ОГ}$ меньше 0,4, составили группу истинно отрицательных результатов. Полученные в ходе вычислений конкретные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение результатов наблюдения при $КУ_{ОГ}^{П}$=0,4

Обследуемые	Результаты исследований		Всего
	положительные	отрицательные	
$n_{\omega 0} = 53$	4	49	53
$n_{\omega 1} = 67$	63	4	67
Всего	67	53	120

По полученным данным был произведен расчет показателей качества работы правил прогнозирования грыжеобразования (табл. 2):

$$ДЧ = \frac{ИП}{n_{\omega 1}} = 0,94;\ ДС = \frac{ИО}{n_{\omega 0}} = 0,92;$$

$$ПЗ^{+} = \frac{ИП}{ИП + ЛП} = 0,94;$$

$$ПЗ^{-} = \frac{ИО}{ЛО + ИО} = 0,92;$$

$$ДЭ = \frac{ИП + ИО}{ИП + ЛП + ЛО + ИО} = 0,93.$$

Таким образом, при $КУ_{ОГ}^{П}$, равном 0,4, диагностическая чувствительность равна 0,94, диагностическая специфичность 0,92, прогностическая значимость положительных результатов составляет 0,94, прогностическая значимость отрицательных результатов 0,92, диагностическая эффективность составляет 0,93.

Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности предложенных решающих правил прогноза грыжеобразования в отдаленном послеоперационном периоде после операций на верхних мочевых путях, показывая диагностическую эффективность 93%, что полностью удовлетворяет условиям для применения метода во врачебной практике.

Также произведен расчет профилактической эффективности. С этой целью из больных, имеющих $КУ_{ОГ}$, превышающий 0,4, были составлены две группы. В первую группу вошли пациенты, которым интраоперационно не производилась превентивная герниопластика (44 человека). Больным второй группы (17 человек) произведено профилактическое вшивание синтетической сетки. Результаты годичного наблюдения за больными в послеоперационном периоде представлены в таблице 3.

Таблица 2

Сводная таблица показателей качества прогноза грыжеобразования в послеоперационном периоде после операции на верхних мочевых путях при $КУ_{ОГ}^{П}$=0,4

Показатель	$КУ_{ОГ}$	ДЧ	ДС	$ПЗ^{+}$	$ПЗ^{-}$	ДЭ
Значение показателя	0,95	0,94	0,92	0,94	0,92	0,93

Таблица 3

Количество случаев грыжеобразования в послеоперационном периоде с учетом профилактических мероприятий

Больные с $КУ_{ОГ}$>0,4	Всего	Заболели	%
Имеющие риск грыжеобразования без профилактики	44	32	72,7
Имеющие риск грыжеобразования после профилактической герниопластики	17	0	0

Общая профилактическая эффективность равнялась 0,8, т.е.

$$ПЭ = \frac{32+17}{61} = 0,8.$$

Таким образом, разработанные нами решающие правила прогнозирования послеоперационного грыжеобразования у больных, перенесших операцию на верхних мочевых путях, обеспечивают высокий уровень прогноза (93%) и профилактической эффективности (80%). Подобные результаты позволяют успешно применять их для профилактики наиболее распространенного осложнения позднего послеоперационного периода при операциях на верхних мочевых путях – грыжи послеоперационного рубца.

Список литературы

1. Будник И.В. Математическое моделирование связей и прогнозирование гинекологической патологии // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. XIX. – № 1. – С. 29-32.

2. Иванов А.В., Артенян Н.В., Гонтарев С.Н. Компьютерное и сетевое моделирование диагностики ато-

пического нейроденита // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С.48-52.

3. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от других болезней системы кровообращения / А.В. Иванов, В.Н. Мишустин, Е.В. Стародубцева, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 114-121.

4. Мочекаменная болезнь: информативность методов визуализации конкрементов мочеточника / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, В.Н. Снопков, Л.В. Шульга // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 122-126.

5. Синтез нечетких решающих правил прогнозирования эффективности литолиза уратных камней почек / А.Г. Коцарь, С.П. Серегин, А.В. Новиков, Л.В. Шульга, А.П. Яковлев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 138-139.

6. Анализ и прогнозирование качества жизни после хирургического лечения / В.Ф. Луценко, Т.Н. Татьяненко, Е.В. Стародубцева, В.Н. Мишустин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). – Вып. 22/1. – С. 78-83.

7. Серёгин С.П., Забровский А.Н., Мишустин В.Н. Многокритериальное математическое моделирование и прогнозирование распространенности злокачественных новообразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2-1. – С. 41-49.

8. Математический прогноз развития гипоксически-ишемической энцефалопатии у новорожденных детей / В.Н. Снопков, А.П. Яковлев, Л.В. Шульга, Г.И. Кислюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2013. – № 11 (154). Вып.22/1. – С. 168-171.

Получено 27.11.14

C.D. Dolzhenkov, Doctoral Candidate, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

A.C. Novikov, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

A.I. Bezhin, Doctor of Sciences, Professor, Kursk State Medical University (KSMU)
(tel.: 8-910-310-06-04)

S.P. Seregin, Doctor of Sciences, Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

S.C. Petrov, Doctoral Candidate, Southwest University (Kursk) (e-mail:kstu-bmi@yandex.ru)

THE RESULTS OF HERNIATION PROGNOSIS IN THE POSTOPERATIVE PERIOD OF UROLOGICAL PATIENTS

In this article we have checked the adequacy of the functioning of the synthesized decision rules predict the formation of a hernia postoperative scar in the late postoperative period in patients operated on upper urinary tract. Developed decision rules predict the high level of prognosis (93%) and prophylactic efficiency (80%). Similar results can successfully apply them to prevent the most common complications of late postoperative period operations in the upper urinary tract - hernia postoperative scar.

***Key words**: prognosis, hernia postoperative scar,the level of prognosis, diagnosis effectiveness.*

УДК 615

М.И. Лукашов, канд. мед. наук, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

А.Г. Устинов, д-р мед. наук, профессор, ФГБОУ ВРО «Российский национальный исследовательский университет им. Н.И. Пирогова» Минздравсоцразвития России (Москва)

Е.А. Бойцова, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

Л.В. Стародубцева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБОСТРЕНИЯ ГЕНИТАЛЬНОГО ГЕРПЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ Г. РАША

В работе рассматривается механизм выбора информативных признаков с целью решения задач синтеза решающих правил прогнозирования обострения такого инфекционного заболевания, как генитальный герпес. С учетом сложности решаемой задачи оценка и выбор состава информативных признаков осуществляются с использованием теории измерения латентных переменных на основе модели Г. Раша. В результате проведенных исследований было показано, что достаточно надежный прогноз может быть осуществлен, если в состав информативных признаков включаются энергетические характеристики биологически активных точек, связанных с заболеванием кожи, уровни психоэмоционального напряжения и утомления и данные опроса обследуемых.

Ключевые слова: *прогноз, информативность, признаки, обострение генитального герпеса, модель Г. Раша.*

***

Задача прогнозирования возникновения обострений генитального герпеса с точки зрения выбора математического аппарата, сбора необходимых для синтеза моделей данных, структуры этих данных является более сложной, чем задача классификации стадий заболеваний. Это связано прежде всего с тем, что число возможных информативных признаков сильно ограничено, а между классами: обострений не ожидается (ω_0) и обострение ожидается ($\omega_{об}$) – нет четкой границы, на наличие которой могли бы указать эксперты.

С учетом этого задача выбора списка информативных признаков при отсутствии достаточных объемов статистических данных становится нетривиальной и требует применения специальных математических методов.

В работе [16] показано, что одним из таких методов является теория измерения латентных переменных на основе модели Г. Раша [18].

На первом этапе реализации этой модели на экспертном уровне производится формирование предварительного списка информативных признаков.

При реализации этого этапа оценки информативности признаков перед экспертами была поставлена задача определения списка биологически активных точек (БАТ), информативных по отношению разделения двух классов: ω_0 – риск возникновения обострения генитального герпеса в течение T_0 отсутствует; $\omega_{об}$ – в течение времени T_0 высока вероятность (выше пороговой) обострения заболевания.

Учитывая рекомендации [7–12, 17] в качестве информативных БАТ были отобраны точки F11, VC1, VC7, VG1 и P7.

Для упрощения технологии измерений и вычислений для всех выбранных точек в течение трех месяцев изучалась динамика их поведения

(выход сопротивления за порог нормы) с фиксацией фактов обострения генитального герпеса. После этого для двух классов ω_0 и $\omega_{об}$ определялась информативность по Кульбаку (табл. 1) и экспертная оценка ценности каждой из БАТ для частной прогностической модели. В списке информативных БАТ было решено оставить точки с $I_к$>20.

Таблица 1

Информативная ценность БАТ

Точка	Класс	Информативность по классу	Общая информативность I_k	Экспертная оценка ценности точки
F11	ω_0	5	9	0,1
	$\omega_{об}$	4		
VC1	ω_0	12	22	0,2
	$\omega_{об}$	10		
VC7	ω_0	14	31	0,35
	$\omega_{об}$	17		
VG1	ω_0	10	18	0,25
	$\omega_{об}$	8		
P7	ω_0	10	25	0,3
	$\omega_{об}$	15		

На втором этапе исследований было организовано наблюдение за динамикой наиболее информативных точек VC7 и P7.

Эти исследования показали, что если сопротивление этих точек устойчиво находится за порогом нормы, то через 8±1 день с оценкой вероятности не ниже 0,9 наблюдается обострение генитального герпеса. С учетом этого была выбрана величина T_0=8 дней.

Кроме сопротивлений БАТ легко получаемыми признаками являются также уровни психоэмоционального напряжения, утомления, защиты организма и результаты опроса пациентов.

Уровень психоэмоционального напряжения UP определялся по методикам, описанным в работах [2, 8, 12, 13], уровень утомления UU – по методикам, описанным в работах [14, 15], а уровень защиты UZ – по методике, описанной в работе [15].

Комплексные показатели UP, UU и UZ определялись с использованием аппарата синтеза гибридных нечетких решающих правил, описанного в работах [1, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 17].

Данные опроса для класса $\omega_{об}$ получают с использованием следующего опросника.

1. В анамнезе ОРВИ, грипп или другие болезни, ослабляющие иммунную систему (b_1).

2. Переохлаждение организма (b_2).

3. Перегрев организма (b_3).

4. Медицинские манипуляции на половых органах (b_4).

5. Злоупотребление алкоголем (b_5).

6. Чрезмерное пребывание на солнце или злоупотребление солярием (избыточные дозы ультрафиолетового излучения) (b_6).

7. В анамнезе микрохирургические вмешательства на тройничном нерве (b_7).

По согласованию с экспертами эта группа признаков представлена двоичным кодом (1 – есть признак, 0 – нет признака).

Для каждого из дополнительно выбранных признаков аналогично таблице 1 по классам ω_0 и $\omega_{об}$ определялись информативность, по Кульбаку, и экспертная оценка их ценности в прогностических правилах (табл. 2).

Таблица 2

Информативная ценность пространства прогностических признаков

Признак	Класс	Информативность по классу	Общая информативность I_k	Экспертная оценка прогностической ценности
UP	ω_0	12	23	0,24
	$\omega_{об}$	11		
UU	ω_0	14	29	0,3
	$\omega_{об}$	15		
UZ	ω_0	16	36	0,4
	$\omega_{об}$	20		
$в_1$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
$в_2$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
$в_3$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
$в_4$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
$в_5$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
$в_6$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
$в_7$	ω_0	1,5	3	0,04
	$\omega_{об}$	1,5		
Общая по группе $в_i$	ω_0	10	21	0,28
	$\omega_{об}$	11		

Как и при оценке БАТ, в качестве порогового значения была выбрана величина I_k =20. Каждый из признаков $в_i$ такой информативностью не обладает, однако их совокупность позволяет получить I_k =21.

При использовании модели Г. Раша в качестве латентной переменной выбран показатель уверенности в обострении генитального герпеса UOG. В качестве индикторных переменных выбраны отклонения электрических сопротивлений БАТ от их номинальных значений δRj, показатели UP, UU, UZ и сумма баллов данных опроса $\sum b_i$.

Оценка информативности, по Г. Рашу, производилась с использованием диалогового пакета RUMM 2020.

Для использования пакета RUMM 2020 по выборке значений используемых прогностических признаков сформирована таблица исходных данных, фрагмент которой приведен в таблице 3.

Таблица 3

Значения индикаторных переменных для латентной переменной «Уверенность в прогнозе обострения генитального герпеса» (*UOG*) (фрагмент)

Индикаторные переменные							
δR_{VC1}	δR_{VC7}	δR_{VG1}	δR_{P7}	UP	UU	UZ	$\sum b_i$
5,2	10,1	8,1	3	0,15	0,1	0,8	2
2,3	8,2	7,3	1,8	0,1	0,2	0,83	1
6,5	7,5	8,5	5,1	0,2	0,25	0,9	1
135	98,6	60,1	101	0,9	0,92	0,64	4
99,7	112	72,5	97,8	0,92	0,88	0,52	5

Результаты обработки данных пакетом RUMM 2020 показали следующие результаты.

Расчетное критическое значение уровня значимости, характеризующее соответствие данного набора индикаторов модели Раша, при числе степеней свободы *df*=32, $\chi^2_{\text{критич.}} \Pr ob = 0{,}078168$, это больше 0,05 (при доверительной вероятности, равной 0,95). Индекс сепарабельности (*Separation Index*) достаточно высокий и равен 0,95014. Коэффициент альфа Кронбаха (*Cronbach Alpha*) также высок и равен 0,95829. Мощность (оценка) системы индикаторов (*Power of Test-of-Fit*) оценивается как превосходная (*excellent*).

Ранжирование информативных признаков по показателю *ChiSq Prob* приведено в таблице 4.

В таблице 4 введены следующие обозначения:

Locaition – значение уровня значимости (веса, трудности) индикатора, измеряемое в логитах;

ChiSqProb – расчётное значение уровня значимости (Хи-квадрат (Пирсона)).

Одним из условий соответствия индикаторных переменных моделям Г. Раша является то, что значимость соседних критериев не должна отличаться более чем на 0,5 логит, в противном случае считается, что интегральный показатель внутри этого диапазона оценивается с различной точностью, и это вынуждает ставить задачу о корректировании всего набора критериев. В нашем случае данное условие выполняется.

Таблица 4

Ранжирование индикаторов (признаков) по значениям *ChiSq Prob*

№	Индикаторные переменные	*Location*	*ChiSq Prob*
1	δR_{VC1}	0,409	0,585
3	δR_{VG1}	0,531	0,524
2	δR_{VC7}	-0,195	0,465
8	$\sum b_i$	0,385	0,448
4	δR_{P7}	0,048	0,412
6	UU	-1,242	0,212
7	UZ	-0,343	0,073
5	UP	0,423	0,016

Из таблицы 4 следует, что индикаторная переменная под номером 5 (UP) имеет показатель $\chi^2_{\text{критич.}}\,\Pr ob < 0{,}05$. Однако анализ характеристической кривой для UP и значение уровня значимости данного индикатора, равное 0,423, даёт основание оставить его в общем наборе, т.к. точки, соответствующие "слабым", "средним" и "сильным" подгруппам, полученные расчётным путём, недалеко располагаются относительно теоретической характеристической кривой модели Г. Раша.

На рис. 1 приведён пример графика характеристической кривой, позволяющей произвести оценку соответствия выбранных индикаторных переменных моделям Г. Раша.

Обобщенной характеристикой соответствия между интегральной латентной переменной и системой индикаторов служат гистограммы распределения интегрального показателя «Уверенность в прогнозе обострения генитального герпеса» (рис. 2).

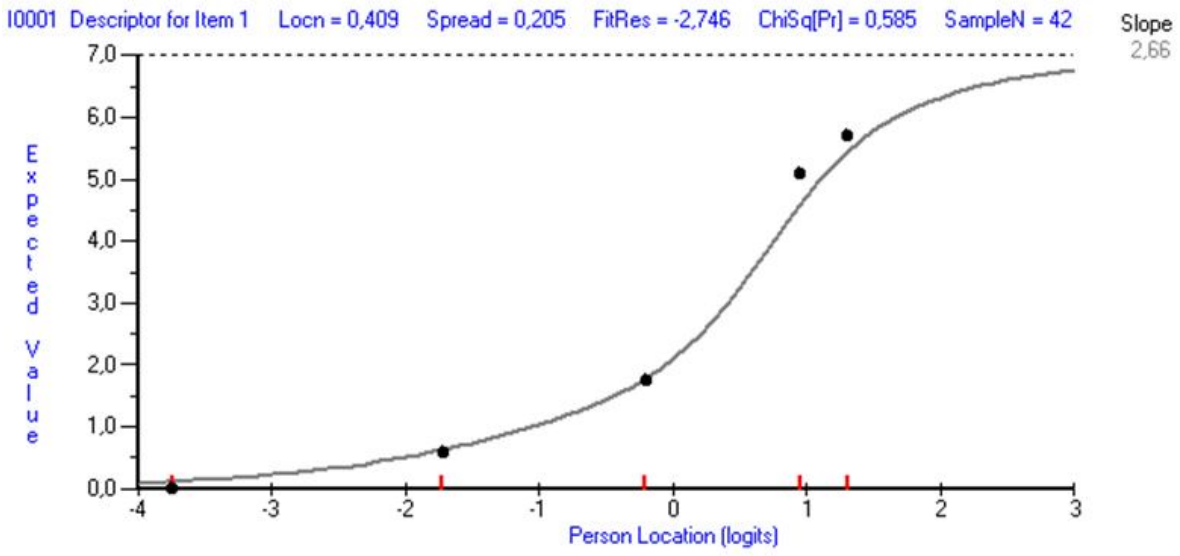


Рис. 1. Характеристическая кривая для показателя δR_{VC1}

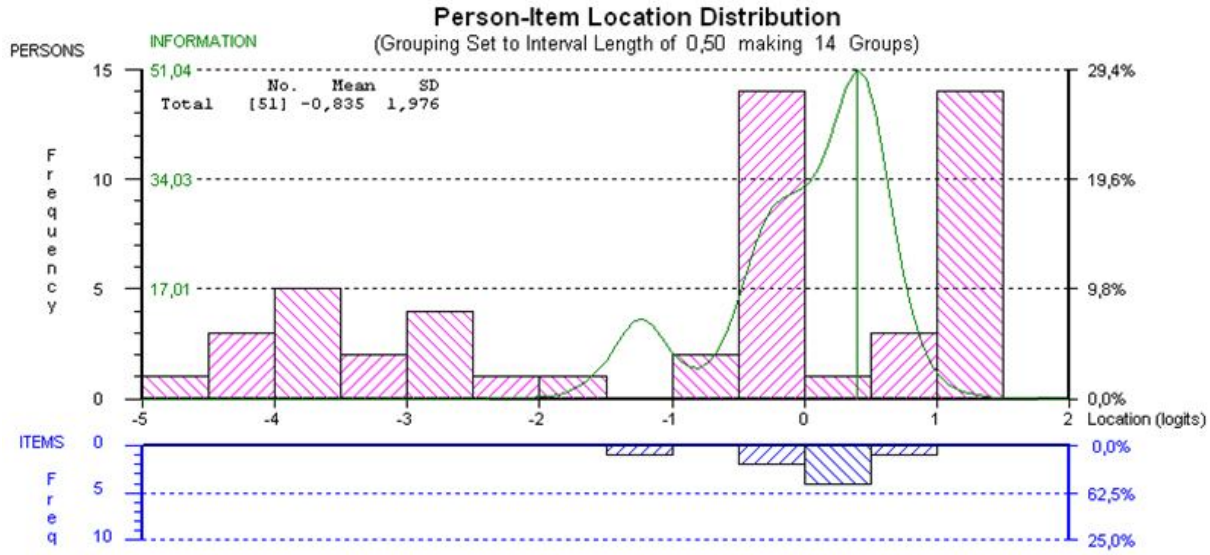


Рис. 2. Распределения интегрального показателя «Уверенность в прогнозе обострения генитального герпеса»

Анализ данного графика показывает наличие трёх довольно чётко выраженных состояний обследуемых, которые интерпретируются как низкая, средняя и высокая уверенность в обострении генитального герпеса, что позволяет сделать вывод о том, что система критериев соответствует измеряемой латентной переменной «Уверенность в прогнозе обострения генитального герпеса», а набор используемых индикаторных переменных является эффективным для целей измерения обобщенной латентной переменной.

Список литературы

1. Использование интерактивных методов классификации для решения задач медицинского прогнозирования / С. Абас Башир, В.Н. Шевякин, К.В. Разумова, С.Н. Кореневская // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1. – С. 33-37.

2. Конева Л.В., Кореневская С.Н., Дегтярев С.В. Оценка уровня психоэмоционального напряжения и утомления по показателям, характеризующим состояние внимания человека // Системный анализ. – 2012. – Т. 11. – № 4. – С. 93-1000.

3. Кореневский Н.А., Руцкой Р.В., Долженков С.Д. Метод прогнозирования и диагностики состояния здоровья на основе коллективов нечетких решающих правил // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2013. – Т. 12. – №4. – С. 905-909.

4. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Горбатенко С.А. Синтез нечетких сетевых моделей, обучаемых по структуре данных, для медицинских экспертных систем // Медицинская техника. – 2008. – № 2. – С. 18-24.

5. Интерактивный метод классификации в задачах медицинской диагностики / Н.А. Кореневский, С.В. Дегтярев, С.П. Серегин, А.В. Новиков // Медицинская техника. – 2013. – № 4. – С. 1-3.

6. Кореневский Н.А. Метод синтеза гетерогенных нечетких правил для анализа и управления состоянием биотехнических систем // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика.

Медицинское приборостроение. – 2013. – № 2. – С. 99-103.

7. Кореневский Н.А., Буняев В.В. Методы поиска информативных проекционных зон и синтеза нечетких решающих правил для рефлексодиагностики // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2004. – Т. 3. – № 2.– С. 175-178.

8. Кореневский Н.А., Крупчатников Р.А., Аль-Касасбех Р.Т. Теоретические основы биофизики акупунктуры с приложениями в медицине, психологии и экологии на основе нечетких сетевых моделей. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 528 с.

9. Кореневский Н.А., Буняев В.А., Крупчатников Р.А. Синтез прогностических и диагностических нечетких решающих правил по электрическим характеристикам проекционных зон для медико-экологических приложений // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2009. – № 4. – С. 39-46.

10. Кореневский Н.А., Гадалов В.Н., Снопков В.Н. Математические модели рефлекторных систем организма человека и их использование для прогнозирования и диагностики заболеваний // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2012. – Т. 11. – № 2. – С. 515-521.

11. Использование акупунктурных точек как биоиндикаторов экологической нагрузки на организм человека для прогнозирования и диагностики заболеваний / Н.А. Кореневский, Л.В. Стародубцева, И.И. Хрипина, А.Г. Устинов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2014. – Т. 13. – № 2. – С. 312-317.

12. Кореневский, Н.А., Крупчатников Р.А. Информационно-интеллектуальные системы для врачей-рефлексотерапевтов: монография. – Старый Оскол: ТНТ, 2001. – 424 с.

13. Комплексная оценка уровня психоэмоционального напряжения / Н.А. Кореневский, О.И. Филатова, М.И. Лукашов, Р.А. Крупчатников // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 4-5.

14. Определение уровня длительного физического утомления как фактора риска рецидива хронических заболеваний / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, А.В. Еремин, О.И. Филатова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2009. – № 5. – С. 10-15.

15. Использование информационных технологий для прогнозирования и диагностики инфекционных заболеваний (на примере генитального герпеса): монография / М.И. Лукашов, Н.А. Кореневский, В.И. Серебровский [и др.]. – Курск, 2011. – 123с.

16. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: монография. – Славянск-на-Кубани, 2006. – 333 с.

17. Design of network-based fuzzy knowledge bases for medical decision-making support systems / N.A. Korenevsky, S.A. Gorbatenko, R.A. Krupchatnikov, M.I. Lukashov // Biomedical Engineering. – 2009. – Vol. 43.– № 4. – P. 187-190.

18. Rasch G. Probabilistic models for some intelligence anent tests (Expanded edition, with foreword and afterword bu Benjamin D. Wright). – Chicago: University of Chicago Press, 1980. – 199p.

Получено 26.11.14

M.I. Lukashov, Candidate of Sciences, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

A.G. Ustinov, Doctor of Sciences, Professor of Russian National Research University named after N.I. Pirogov, the Health Ministry of Russia (Moscow)

E.A. Boytsova, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

L.V. Starodubtseva, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

ESTIMATING INFORMATIVE FEATURE SPACE IN THE TASK OF FORECASTING EXACERBATION GENITAL HERPES USING MODELS G.RASCH

In this paper the mechanism of selection of informative features for the purpose of solving the synthesis of decision rules predicting acute infectious disease such as genital herpes. Given the complexity of the problem being solved evaluation and selection of informative features is carried out using the theory of measurement of latent variables based on the model by Rasch. The studies have shown that a sufficiently reliable prediction can be made if in the informative features include energy characteristics of biologically active points associated with the skin disease, the levels of mental and emotional stress and fatigue and the poll surveyed.

***Key words**: forecast, informative, symptoms, exacerbation of genital herpes model G. Rasch.*

УДК 611.737:004

В.Ф. Бонилья, аспирант, Донской государственный технический университет
(Ростов-на-Дону) (e-mail: vbonilla@yahoo.com)

Е.А. Лукьянов, канд. техн. наук, доцент, Донской государственный технический университет
(Ростов-на-Дону) (e-mail: lea_rnd@mail333.com)

А.В. Литвин, канд. техн. наук, доцент, Донской государственный технический университет
(Ростов-на-Дону), (e-mail: alit2010@ramler.ru)

Д.А. Деплов, магистрант, Донской государственный технический университет
(Ростов-на-Дону) (e-mail: dimadeplov@gmail.com)

Л.В. Стародубцева, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

УДАЛЕНИЕ ШУМОВ И ПОМЕХ ИЗ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В статье показано, что поверхностный электромиографический сигнал (пЭМГ) является сложным сигналом, регистрация которого сопровождается различными шумами и помехами, которые существенно затрудняют его анализ. Рассмотрены способы и параметры вейвлет-фильтрации ЭМГ-сигнала с целью удаления шумов и помех, присутствующих в регистрируемом в реальных условиях сигнале пЭМГ.

Для пЭМГ-сигнала составлена схема формирования его комплексных значений с учетом действующих помех и шумов от различных источников, характерных для промышленных и бытовых условий. С помощью разработанной аппаратуры зарегистрированы шумы и помехи, наводимые на поверхностных электродах от различных источников, таких как асинхронный электродвигатель, электросеть, биопотенциалов сердца, сигналов ЭМГ скелетных мышц. Выполнен амплитудно-частотный анализ помех и шумов. На основе данных из научной биометрической базы Physionet: Examples of Electromyograms(emgb) синтезирован сигнал ЭМГ без помех и с помехами, который использовался для анализа эффективности различных методов фильтрации. Определен вид и параметры базового вейвлета, обеспечивающего минимум среднеквадратической ошибки при фильтрации ЭМГ-сигналов.

Экспериментально и методами математического моделирования установлена эффективность предлагаемого метода фильтрации шумов и помех в реальном ЭМГ-сигнале бицепса плеча при сгибании локтя, что позволяет повысить качество работы систем, использующих электромиографические сигналы для диагностики или управления.

***Ключевые слова:** электромиограмма, шумы и помехи, вейвлет-фильтрация.*

***

Введение

Электромиограмма (ЭМГ) является биологическим сигналом, который отражает электрическую активность скелетных мышц. Сигнал пЭМГ, записанный с помощью поверхностных электродов, относится к сложным сигналам, состоящим из интерферирующих составляющих [1]. Сигнал пЭМГ, кроме диагностики нейромышечных заболеваний [2], широко используют для разработки методик подготовки спортсменов [3], а также применяют для управления разнообразными мехатронными устройствами [4, 5].

Биоэлектрическое управление мехатронными устройствами осуществляется в условиях повышенных помех, например производственных электромагнитных помех, что требует разработки методик удаления из исходного сигнала пЭМГ разнообразных шумов.

Для удаления шумов из исходного пЭМГ сигнала обычно применяется цифровая фильтрация полосно-пропускающими [6] и решетчатыми фильтрами, однако такая фильтрация искажает сигнал, поскольку часть полезной информации из сигнала пЭМГ теряется [7]. Анализ известных научных работ [8–14] показывает, что более эффективным методом удаления артефактов из биомедицинских сигналов является применение вейвлет-разложения сигнала, коррекция результата разложения и восстановление сигнала с целью удаления из него шумов и помех.

Вейвлет-анализ является разновидностью спектрального анализа, в котором роль простых колебаний играют функции особого рода, называемые вейвлетами.

В общем виде вейвлет-преобразование может быть выражено следующим уравнением [8]:

$$F(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\psi^{*}_{(a,b)}(x)d(x), \quad (1)$$

где * – символ комплексной сопряженности;

ψ – некоторая функция.

Функция, называемая базисной функцией, может быть выбрана произвольно и должна удовлетворять определённым условиям. Базисная вейвлет-функция – это некоторое "короткое" солитоноподобное колебание, у которого понятие частоты заменено масштабом, а для перекрытия вейвлетами временной оси вводится сдвиг функций во времени.

Таким образом, базис вейвлетов – это функции типа

$$\psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad (2)$$

где: b – сдвиг;

a – масштаб.

Чтобы быть вейвлетом, функция $\psi(t)$ должна иметь нулевую площадь и равными нулю начальные статистические моменты. Фурье-преобразование таких функций приводит при $\omega = 0$ к нулевому значению. При различных значениях a это будет набор полосовых фильтров [9].

Для компьютерной реализации используется дискретное вейвлет-преобразование (ДВП или DWT) [10]. На основании теоремы Котельникова непрерывный сигнал $S(t)$, спектр которого не содержит частоты выше *fm,* полностью определяется дискретной последовательностью своих мгновенных значений {Si}, i = 0,1, ..., N −1,

отсчитываемых через интервалы времени Δt:

$$\Delta t = 1/2 \text{ fm}, \; f_д = 1/\Delta t = 2 \text{ fm}, \quad (3)$$

где Δt и fд – интервал (шаг) и частота дискретизации.

Таким образом, сигнал дискретизированный с шагом Δt можно определить выражением

$$S_d(t) = \{S_i\} = \sum_{i-1}^{N-1} S(i\Delta t)\,\delta(t - i\Delta t),$$

где $\delta(t)$ – дельта-функция.

Известно, что произвольный сигнал $S(t)$, для которого выполняется условие $\int_{t_1}^{t_2} \left[S(t)\right]^2 dt < \infty$, может быть представлен ортогональной системой функций: $\{\psi(t)$:

$$S(t) = C_0\psi_0(t) + \ldots + C_n\psi_n(t) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n\psi_n(t).$$

Вейвлет-коэффициенты C_n можно вычислить с помощью итерационной процедуры, известной под названием быстрого вейвлет-преобразования БВП [11].

Наиболее распространенные вещественные базисы конструируются на основе производных функции Гаусса:

$$\psi(t) = e^{-t^2/2}. \quad (4)$$

Это обусловлено тем обстоятельством, что функция Гаусса имеет наилучшие показатели локализации как во временной, так и в частотной областях.

При порядке $n=1$ получаем WAVE-вейвлет с равным нулю начальным нулевым моментом.

При $n=2$ получаем МНАТ-вейвлет, называемый «мексиканская шляпа». У него нулевой и первый начальные моменты равны нулю, и он имеет лучшее разрешение, чем WAVE-вейвлет.

Наиболее простой пример дискретного вейвлета – это вейвлет Хаара (Haar). Недостатком его являются несимметричность формы и негладкость, вследствие чего возникает бесконечное чередование убывающих «лепестков» в частотной области, которое пропорционально $1/\omega$.

Среди комплексных вейвлетов наиболее часто используется базис, основанный на хорошо локализованном и во временной, и в частотной областях вейвлете Морле (Morlet). Характерный параметр ω_0 позволяет изменять избирательность базиса. Вещественная и мнимая части $\psi(t)$ – это амплитудно-модулированные колебания.

Большинство вейвлет-функций не имеют аналитического описания в виде одной формулы, а задаются итерационными выражениями, легко вычисляемыми компьютерами. Примером таких вейвлетов являются функции Добеши (Daubechies).

Выбор конкретного материнского вейвлета (непрерывного или дискретного) является нетривиальной задачей. Анализ опубликованных научно-исследовательских работ показывает, что для анализа и фильтрации биомедицинских сигналов используются различные материнские вейвлеты, такие как производная функции Гаусса для непрерывного вейвлет-анализа сигнала ЭМГ [12], семейство ортогональных вейвлетов Добеши (db4) [13, 14] и др.

Шумы и помехи

При регистрации биомедицинских сигналов, несущих целевую для данного вида измерений информацию, в сумме с основным сигналом одновременно регистрируются шумы и помехи самой различной природы [15]. К помехам относят также искажения полезных сигналов при влиянии различных дестабилизирующих факторов на процессы измерений, как, например, влияние грозовых разрядов, помехи от работающего промышленного оборудования и т.п. Типы помех разделяют по источникам их возникновения, по энергетическому спектру, по характеру воздействия на сигнал, по вероятностным характеристикам и другим признакам.

Источники помех разделяются на внутренние и внешние.

К внутренним шумам относятся физиологические шумы и шумы электродов, такие как: шумы биопотенциалов других мышц; шумы, связанные с функционированием других органов, например сердца или желудка.

Внешние шумы вызываются электромагнитными волнами как естественного происхождения, так и в результате деятельности человека. К внешним шумам относятся также инструментальные или аппаратурные шумы.

К помехам, вызванным деятельностью человека, относятся помехи электродвигателей, переключателей и т.д. Основным внешним шумом является так называемая сетевая помеха.

Естественными источниками помех являются молнии, флюктуации магнитного поля земли, всплески солнечной энергии и т.д.

Электрические и магнитные поля различных источников помех вследствие наличия индуктивных, емкостных и резистивных связей создают на различных участках и цепях паразитные разности потенциалов и токи, накладывающиеся на полезные сигналы.

Помехи подразделяются на флюктуационные, импульсные и периодические.

Флюктуационные, или шумовые, помехи представляют хаотический и беспорядочный во времени процесс в виде нерегулярных случайных всплесков различной амплитуды. Как правило, флюктуационные помехи распределены по нормальному закону с нулевым средним и оказывают существенное влияние только на сигналы низкого уровня.

Импульсные помехи во многом похожи на шумовые помехи и проявляются как в виде отдельных импульсов, так и в виде последовательности импульсов, форма и параметры которых имеют случайный характер. Причинами импульсных помех являются резкие броски тока и напряжения в промышленных установках, транспортных средствах, а также природные электрические явления.

Периодические помехи вызываются периодическими низкочастотными или высокочастотными полями линий электропередач, силовых электроустановок и др. Если основная мощность помех сосредоточена на отдельных участках диапазона частот, например на частоте напряжения промышленной сети, или кратна этой частоте, то такие помехи называют сосредоточенными.

В зависимости от характера воздействия на сигнал помехи разделяют на аддитивные и мультипликативные.

Аддитивные (налагающиеся) помехи суммируются с сигналом, не зависят от его значений и формы и не

изменяют информативной составляющей самого сигнала.

Мультипликативные, или деформирующие, помехи могут изменять форму информационной части сигнала, иметь зависимость от его значений и от определенных особенностей в сигнале и т.п. При известном характере мультипликативных помех возможна коррекция сигнала на их влияние [16].

Идеализированная схема источников шума показана на рис. 1.

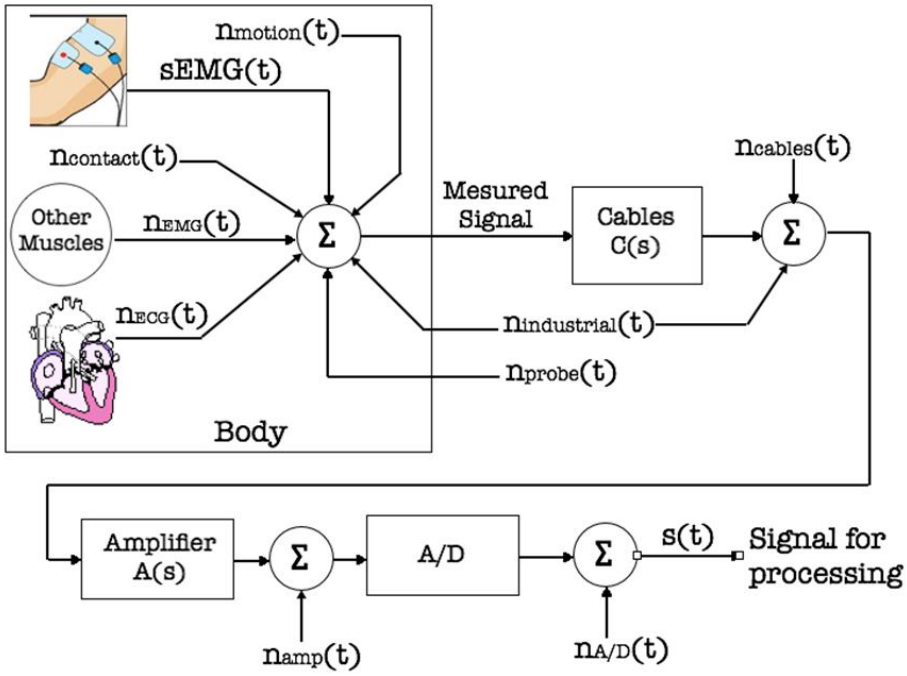


Рис. 1. Схема влияния шумов на пЭМГ-сигнал: n motions – помеха, вызванная ЭМГ мышц при повороте корпуса и других движениях; n_{EMG} – шумы от скелетных мышц; n_{ECG} – шум от ЭКГ

Таким образом, целью исследования является выявление помех и шумов, присутствующих в сигнале пЭМГ, и сравнительный анализ эффективности использования вейвлет-преобразований для удаления артефактов и различных помех из исходного сигнала пЭМГ.

Методика исследований

На первом этапе были проведены экспериментальные исследования, записаны и проанализированы помехи и шумы в соответствии со схемой, показанной на рис. 1. Исследования проводились при помощи пассивного экзоскелета, который ограничивал подвижность локтевого сустава и определял положение плечевого сустава.

Канал регистрации помех и шумов сигнала пЭМГ включал в себя поверхностные электроды, биоусилитель, АЦП, полосно-пропускающий фильтр с частотами среза 10 и 250 Гц. Электроды Arg/ArgCl диаметром 5 мм крепились на поверхность бицепса правого плеча по линии мышечных волокон, на расстоянии 2 см друг от друга. Место установки электродов перед их наложением подготавливалось в соответствии с рекомендациями [6]. Шумы и помехи усиливались в 2300 раз и с помощью системы сбора данных NI USB 6212 передавались в систему Matlab. Во время записи шу-

мов правая рука, на бицепсе которой закреплялись электроды, оставалась неподвижной. Частота оцифровки шумов – 1000 Гц, АЦП – 16 разрядов.

На рис. 2 показаны шумы и помехи, создаваемые трехфазным асинхронным двигателем (АД) мощностью 0,55 кВт на расстоянии 0,5 – 1 м, наведенные скелетными мышцами при повороте туловища влево и вправо. Регистрируемый электрокардиографический сигнал является в данном случае помехой.

Анализ помех и шумов показал, что основной по мощности является сетевая помеха 50 Гц и ее нечетные гармоники. На рис. 2 овалами отмечены моменты поворота туловища влево-прямо; вправо-прямо. Поворот вправо вызывает более сильные искажения сигнала ЭМГ, потому что на правом плече наложены электроды.

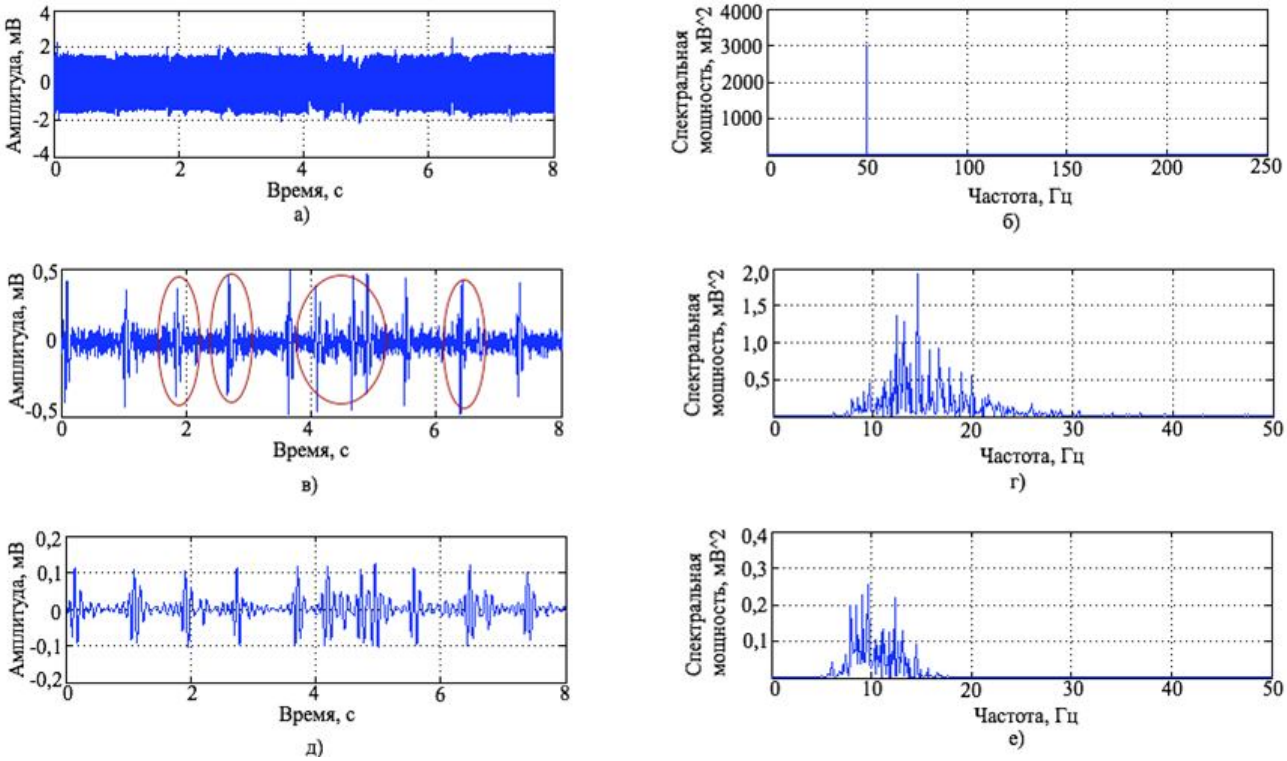


Рис. 2. Шумы и помехи, наведенные на электродах, установленных на бицепсе руки: *а* – суммарные помехи от АД, ЭКГ, ЭМГ скелетных мышц при поворотах туловища вокруг своей оси; *б* – спектральная мощность суммарных помех; *в* – шумы, наведенные ЭМГ скелетных мышц при поворотах туловища, и биопотенциалов сердца ; *г* – спектр мощности шумов, состоящих их ЭМГ, ЭКГ; *д* и *е* – помеха, вызванная ЭКГ, и ее спектр мощности

На втором этапе исследований создавались модели ЭМГ-сигналов с помехами и выполнялось удаление их вейвлет-преобразованиями. В качестве модели исходного сигнала ЭМГ использовали сигнал из базы Physionet Examples of Electrovejgrams (emgdb) Record emg-healthy. В данной базе хранятся биометрические показатели и наборы данных, которые принято считать эталонными.

Из указанной базы [17] был использован электромиографический сигнал, зарегистрированный электродами на бицепсе (рис. 3, *а*). Этот сигнал использовался как эталонный, на базе которого выполнялся синтез ЭМГ-сигналов с различной степенью зашумленности для оценки качества различных способов фильтрации.

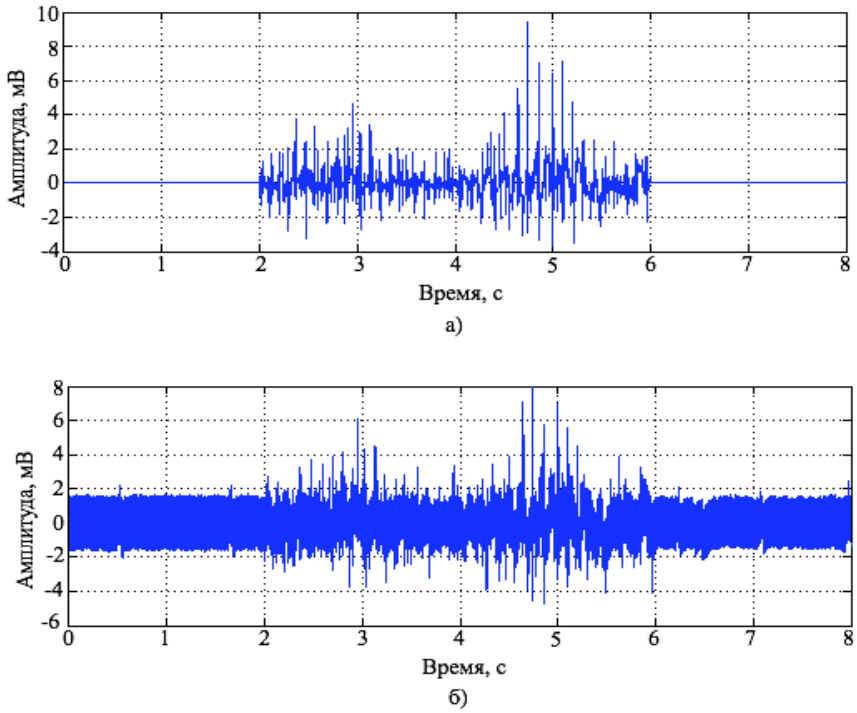


Рис. 3. Синтезированный сигнал ЭМГ: *а* – исходный из базы данных; *б* – сигнал ЭМГ с помехами и шумами

Удаление шумов с использованием вейвлет преобразования

Поскольку суммарная составляющая шумов и помех в ЭМГ-сигнале не является стационарной и ее спектральная характеристика не может быть априорно или в реальном времени определена, методы фильтрации, использующие спектральное представление сигналов, не являются эффективными. В процессе экспериментов шумы и помехи из синтезированного сигнала удалялись с использованием дискретного вейвлет-преобразования (ДВП) в среде MATLAB Wavelet toolbox.

Методика удаления шумового сигнала предусматривает разложение сигнала, содержащего помеху с использованием вейвлет-преобразования, изменение (коррекцию) полученных результатов разложения и последующее восстановление сигнала. Важным является выбор базисной функции разложения.

С целью решения задач фильтрации были проанализированы материнские вейвлеты, такие как: Добеши db4, db6, db7, db8; симлеты sym6 и sym7; биортогональные вейвлеты bior 3.6 – bior 3.8. Такой выбор обусловлен «подобием» формы сигналов, формируемых «элементарными двигательными единицами» мышц и указанных симлетов. Результаты удаления помех и шумов из синтезированного сигнала ЭМГ приведены в таблице. Наименьшая погрешность, оцененная по среднеквадратическому отклонению эталонного и восстановленного после удаления помех сигналов, наблюдалась в случае использования в качестве материнского вейвлета Db4 6-го уровня.

На рис. 4 показаны результаты удаления шумов и помех из синтезированного сигнала ЭМГ с использованием вейвлета Db4 при различных значениях порога на этапе коррекции элементов разложения ЭМГ.

Среднеквадратическое отклонение восстановленного сигнала
после удаления шумов и помех

Параметры фильтрации (разложения)									
ЦФ	*Db4*	Db6	Db7	Db8	Sym6	Sym7	Bior 3.7	Bior 3.9	Bior 6.8
Среднеквадратическое отклонение, мВ									
0.556	*0.318*	0.337	0.325	0.331	0.346	0.321	0.326	0.335	0.321

Примечание: ЦФ – цифровая фильтрация, фильтры Баттерворта 4-го порядка: полосно-пропускающие с частотами среза 10 и 250 ГЦ, режекторные 50 Гц и 150 Гц.

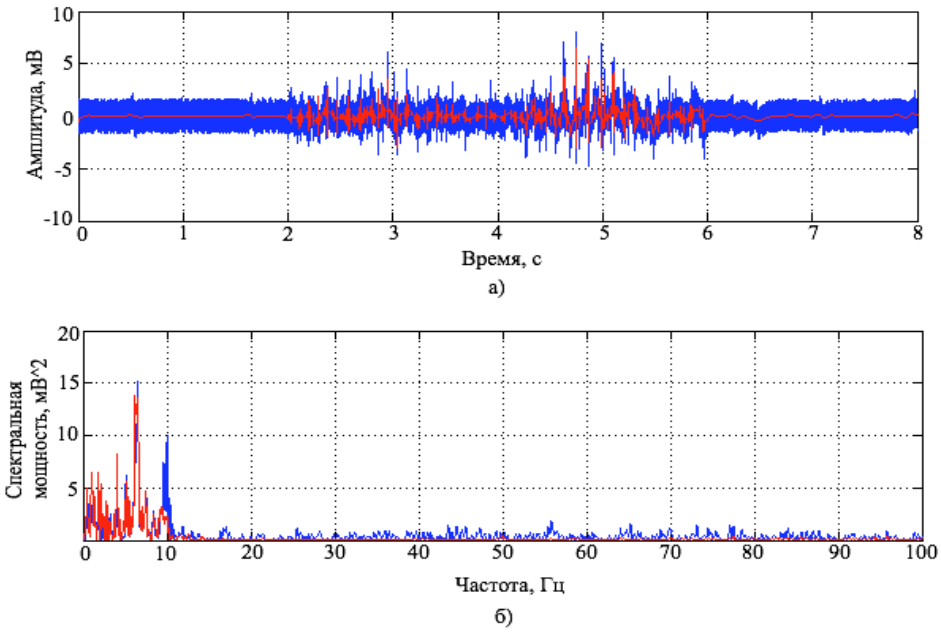


Рис. 4. Результат удаления помех и шумов из синтезированного сигнала с помощью вейвлета db4 6-го уровня: *а* – исходный сигнал; *б* – сигнал после вейвлет-преобразования

Для сравнения, на рис. 5 приведены исходный и результирующий сигналы после применения цифровых полосовых и заграждающих фильтров. На рисунках 4 и 5 не приведены спектральные характеристики зашумленного сигнала, поскольку 50-герцовая составляющая помехи имеет спектральную мощность на два порядка выше показанных, что сделало бы такую осциллограмму не информативной.

Учитывая характеристики помех, приведенные на рис 2, *г* (спектральная мощность помехи от ЭМГ-сигнала скелетных мышц) и рис. 2, *е* (спектральная мощность помехи от ЭКГ-сигнала), можно заключить, что вейвлет-фильтрация обеспечила значительное ослабление помех в полосе частот свыше 10 Герц. Также практически отсутствуют помехи от гармоник сетевого питания. Вместе с тем наиболее информативная составляющая эталонного сигнала (в полосе частот 0 – 10 Гц) была сохранена.

Применение цифровой фильтрации полосно-пропускающим фильтром с частотами среза 10 и 250 Гц и 50-герцовым режекторным фильтром, как видно из рис. 5, обеспечивает значительно более худшие показатели.

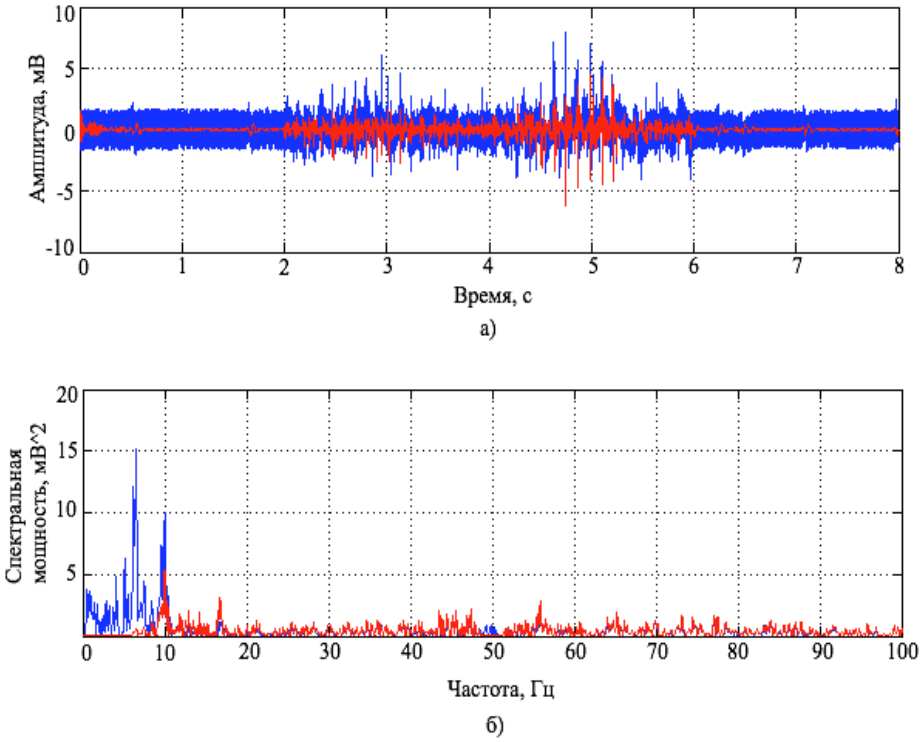


Рис. 5. Цифровая фильтрация синтезированного сигнала ЭМГ: *а* – исходный и отфильтрованный сигнал; *б* – спектр мощностей сигналов ЭМГ

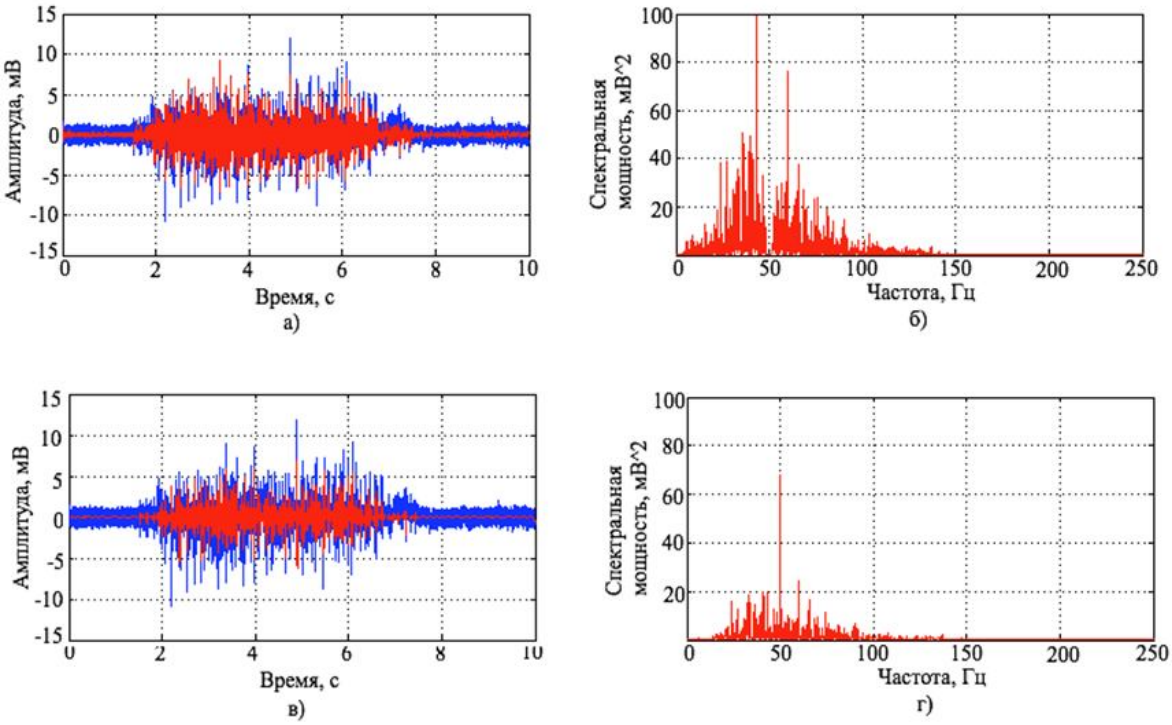


Рис.6. Удаление шумов и помех из пЭМГ: *а* – цифровая фильтрация; *б* – спектр мощности отфильтрованного сигнала ЭМГ: *в* – вейвлет преобразование пЭМГ; *г* – спектр мощности после удаления шумов и помех вейвлетом db4

Фильтрацией практически полностью удалены информативные составляющие в полосе частот до 9 Гц и сохраняются значительного уровня помехи в полосе до 250 Гц, полностью удалены частоты полезного сигнала и помехи в области 50 Гц.

Для оценки эффективности применения вейвлет-фильтрации при обработке ЭМГ-сигналов были выполнены экспериментальные исследования. Сигнал снимался с электродов, установленных так, как описано в начале статьи. Полученный сигнал имел в своем составе сетевую помеху и помехи, наведенные ЭКГ-сигналом и ЭМГ-сигналами скелетных мышц.

На рисунке 6 показаны исходные и обработанные сигналы, а также спектральные характеристики сигналов после цифровой и вейвлет-фильтрации. Некоторое отличие результатов от приведенных на рисунках 4 и 5 объясняется использованием реального ЭМГ-сигнала при сгибании руки, а не «эталонного» сигнала из научной биометрической базы данных.

Заключение

Разработанный метод удаления помех и шумов из ЭМГ-сигнала обладает большей эффективностью по сравнению с основанными на использовании представлений сигналов в частотной области, в том числе методами цифровой фильтрации – полосно-пропускающими и режекторными фильтрами.

Выполненные исследования позволили определить основные составляющие шумов и помех, присутствующих в реальном пЭМГ-сигнале, а также оценить их амплитудные, частотные и спектральные характеристики. Для построения вейвлет-фильтра были выбраны порождающие функции из класса Добеши db4, обеспечивающие минимум среднеквадратичной ошибки при фильтрации ЭМГ-сигналов. Показано, что при вейвлет-преобразовании 6-го уровня и использовании пороговой селекции результатов разложения может быть обеспечена качественная фильтрация рассматривавшихся типов помех и шумов.

Таким образом, применение предлагаемого метода вейвлет-фильтрации ЭМГ-сигнала позволяет более эффективно удалять шумы и артефакты из исходного сигнала, что повысит надежность биоэлектрического управления мехатронными устройствами.

Список литературы

1. Рангайян Р.М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход. – М.: Физматлит, 2007. – 440 с.

2. Евтушенко С.К., Шаймурзин М.Р., Евтушенко И.С. Новые современные технологии в терапии нейромышечных заболеваний, направленные на замедление их прогрессирования [Электронный ресурс] // Международный неврологический журнал. – 2009. – № 4 (26). – URL: http://www.mif-ua.com/archive/article/9266.

3. Moreno Hernández, Francisco J., Miguel Hernández. Influence of type of movement termination and sport practice on muscle activity during elbow extension movements // International Journal of Sport Science. –2008. – Vol. IV. – № 12. P. 72-84.

4. Chrapka Philip EMG Controlled Hand Prosthesis: EMG Classication System [Электронный ресурс]. – URL: http://digitalcommons.mcmaster.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=ee4bi6.

5. Online Electromyographic Control of a Robotic Prosthesis / Pradeep Shenoy, Kai J. Miller, Beau Crawford, and Rajesh P. N. Rao // IEEE Transactions on biomedical engineering. – 2008. – Vol. 55. –№ 3.

6. Konrad P. The ABC of EMG A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography. Version 1.4. – 2006. – Noraxon INC [Электронный ресурс]. – URL: http://www.noraxon.com/docs/education/abc-of-emg.pdf.

7. Slim Yacoub, Kosai Raoof. Noise Removal from Surface Respiratory EMG Signal // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2008. – Vol. 2. P. 02-28.

8. Klapetek Petr, Nečas David, Anderson Christopher. Руководство пользователя Gwyddion [Электронный ресурс]. – URL: http://gwyddion.net/ documentation/user-guide-ru/index.html.

9. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов: учеб. пособие. – СПб.: ООО «Модус+», 1999. – 152 с.

10. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразования: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 104 с.

11. Воробьев В.И., Грибунин В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: Изд-во ВУС, 1999. – 208 с.

12. Использование вейвлет-преобразования для анализа поверхностной ЭМГ [Электронный ресурс] / С.Ю. Кузнецов, Д.В. Попов, А.С. Боровик, О.Л. Виноградова. – URL: http://phmag.imbp.ru/articles/Kuznetcov.pdf/.

13. Bigliassi M. Fourier and Wavelet Spectral Analysis of EMG Signals in 1-km Cycling Time-Trial // Applied Mathematics. – 1878-1886. – Vol. 5. – URL: http://www.scirp.org/journal/am.

14. Marah A., Saravanan S. Mani. Artificial Neural Networks (ANNs) for EEG Purging using Wavelet Analysis [Электронный ресурс] // International Journal of Electronics and Communication Engineering. – 2011. – Vol. 4. – № 5. – P. 563-570. – URL: http://www.ripublication.com/irph/ijece/ijecev4n5__9.pdf.

15. Mujagic M. Characterization of ECG Noise Sources [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ecf.utoronto.ca/~sdavies/sysbioldir/papers2005/ Characterization %20of%20ECG%20Noise %20Sources.doc.

16. Введение в теорию сигналов. Шумы и помехи [Электронный ресурс]. – URL: http://www.bourabai.kz/signals/ts0102.htm/.

17. Physionet: Examples of Electromyograms(emgb) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM.

Получено 10.12.14

Felix Bonilla, Post-Graduate Student, Don State Technical University (Rostov-on-Don) (e-mail: lea_rnd@mail333.com)

A.E. Lukyanov, Candidate of Sciences, Associate Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don) (e-mail: lea_rnd@mail333.com)

A.V. Litvin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Don State Technical University (Rostov-on-Don) (e-mail: Alit2010@rambler.ru)

D.A. Deplov, Ph.D Student, Don State Technical University (Rostov-on-Don) (e-mail: dimadeplov@gmail.com)

L.V. Starodubtseva, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

REMOVING NOISE AND INTERFERENCE FROM THE EMG SIGNAL USING WAVELET TRANSFORM

The article shows that the surface electromyographic signal (pEMG) is a complex signal which registration is accompanied by various noises and interferences significantly complicating the analysis. The methods and parameters of the wavelet filtering of EMG signal in order to remove the noise and interference from out the recorded in real conditions pEMG the signal presented.

Experimental and mathematical modeling of the effectiveness of the proposed method of filtering noise and interference from biceps pEMG signal recorded while flexing of the elbow was shown, allowing to improve the performance of mechatronic systems using electromyographic signals for control.

Key words: *EMG, noise and interference, wavelet filtering.*

УДК 004.932: 004.83: 004.8.032.26

М.В. Дюдин, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

В.В. Жилин, канд. техн. наук, доцент, АНО ВПО «Белгородский университет кооперации, экономики и права» Курский институт кооперации (филиал)

Кассим Кабус Дерхим Али, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: Kaboosd@mail.ru)

П.С. Кудрявцев, аспирант, ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРА ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛЕГКИХ НА РЕНТГЕНОВСКОМ СНИМКЕ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

Разработан способ выделения контуров легких на изображении рентгеновского снимка грудной клетки, позволяющий получить набор дескрипторов Фурье для формирования пространства информативных признаков для нейросетевых классификаторов рентгенологических синдромов и нозологий. Предложены алгоритмы работы автоматизированной системы анализа рентгеновских изображений грудной клетки, позволяющие сегментировать изображения рентгеновских снимков и настраивать решающие модули на идентификацию определенных классов рентгенологических синдромов и патологических структур на изображениях рентгеновских снимков.

Ключевые слова*: рентгенограмма грудной клетки, морфологический анализ, бинаризация полутонового изображения, дескрипторы Фурье.*

***

Легкие являются самыми большими объектами на рентгеновском снимке (РС) грудной клетки. Необходимость их выделения обусловлена двумя факторами.

Во-первых, контуры легких ограничивают на РС область поиска легочных патологий, а так как они занимают не менее 50% изображения РС,

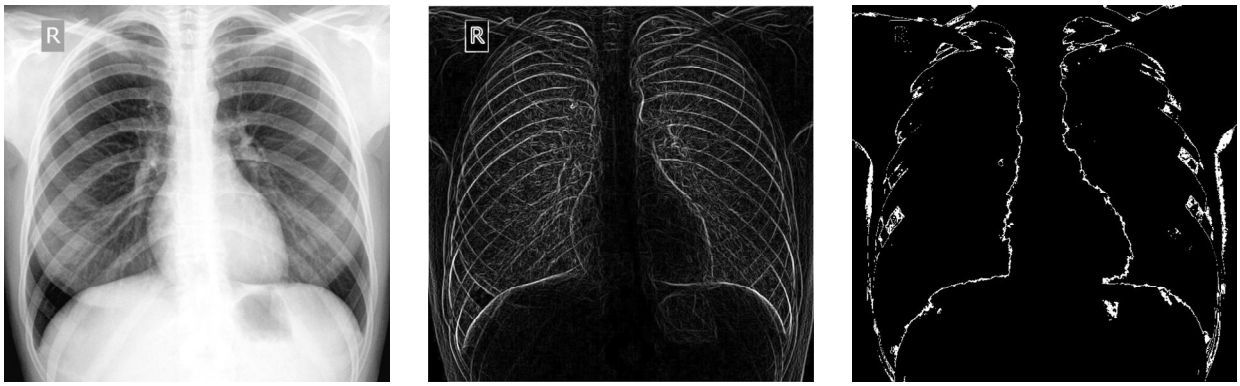
то это значительно сокращает число анализируемых пикселей.

Во-вторых, форма и размеры контуров легких также являются релевантной информацией для установки диагноза рентгенологического синдрома или нозологической диагностики, на основе которой может быть построен интеллектуальный агент [1].

Работа интеллектуального агента контурного анализа ведется в следующей последовательности: выделение однопиксельного контура правого и левого легкого (пиксели, принадлежащие контурам легких, должны иметь только два смежных пиксе-ля) → преобразование длины контура (выравнивание числа отсчетов в контурах) → анализ Фурье замкнутой кривой→ формирование пространства информативных признаков из отсчетов спектра Фурье контуров легких (определение дескрипторов Фурье контуров легких).

Пример исходного изображения для контурного анализа показан на рисунке 1,*а*.

Для выделения объектов на изображении (сегментации изображения) используются градиентные методы (операторы выделения края). Результат работы одного из них показан на рисунке 1,*б*.



а) *б*) *в*)

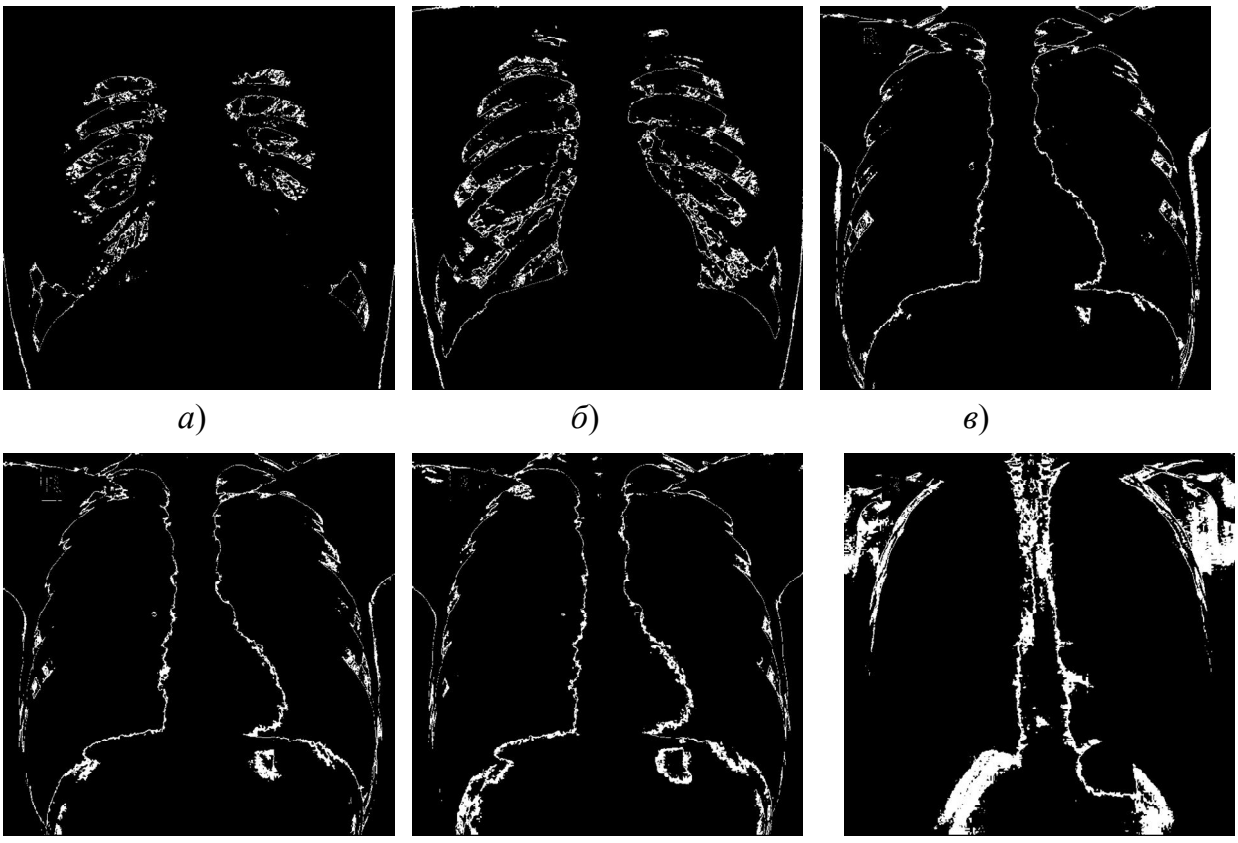
Рис. 1. Исходное изображение флюорограммы грудной клетки (*а*); изображение флюорограммы после обработки градиентным оператором (*б*); контуры легких, выделенные двухпороговой бинаризацией (*в*)

Анализ работы градиентных операторов показал, что, используя результаты такой обработки, выделить контуры легких этими методами не представляется возможным. Поэтому для выделения контуров легких был предложен способ, основанный на «скользящей» двухпороговой бинаризации исходного изображения РС и морфологическом анализе.

Сущность «скользящей» двухпороговой бинаризации состоит в делении диапазона 0…255 на десять поддиапазонов с образованием «порогового окна» между верхним и нижним порогами шириной 25 отсчетов. Для осуществления «скольжения» необходимо продвигать это окно вдоль линейки яркости, фиксируя его через определенное число отсчетов, получая посредством этого множество бинарных изображений, некоторые из которых представлены на рисунке 2.

В том случае, если вместо двухпороговой бинаризации используется преобразование контрастности изображения, имеют место те же процедуры: выбор расстояния между первым

и вторым пороговым уровнем и «скольжения» «порогового окна», только подызображения получаются не бинарными, а полутоновыми.



а) *б*) *в*)

г) *д*) *е*)

Рис. 2. Некоторые подызображения флюорограммы грудной клетки, полученные путем «скользящей» двухпороговой бинаризации

Установив «ширину» *D* порогового «окна», осуществлялось его «продвижение» («скольжение») вдоль динамического диапазона 0…255 яркости пикселей с заданным шагом *T*. В результате формировалось множество из *N* бинарных изображений (см. рис. 2).

Из множества *N* бинарных изображений выделяется бинарное изображение, наиболее адекватно описывающее пиксели, соответствующие области на флюорограмме, занимаемой легкими. Процесс поиска этого изображения осуществляет двухальтернативный классификатор, построенный на основе корреляционных методов идентификации. Найденное этим классификатором такое бинарное изображение представлено на рисунке 3, *а*.

Затем осуществляется морфологическая обработка изображения, которая позволяет удалить с изображения «лишние» объекты, к которым относятся объекты, примыкающие к краю изображения, и объекты, размеры которых значительно меньше размеров легких [2].

Последующий морфологический анализ позволяет выделить однопиксельную границу легких без «изолированных областей» и «усов».

На рисунке 3, *б* показаны характерные дефекты контура легких, не позволяющие осуществлять Фурье-анализ контура.

На рисунке 3, *в* показано изображение однопиксельных контуров лег-

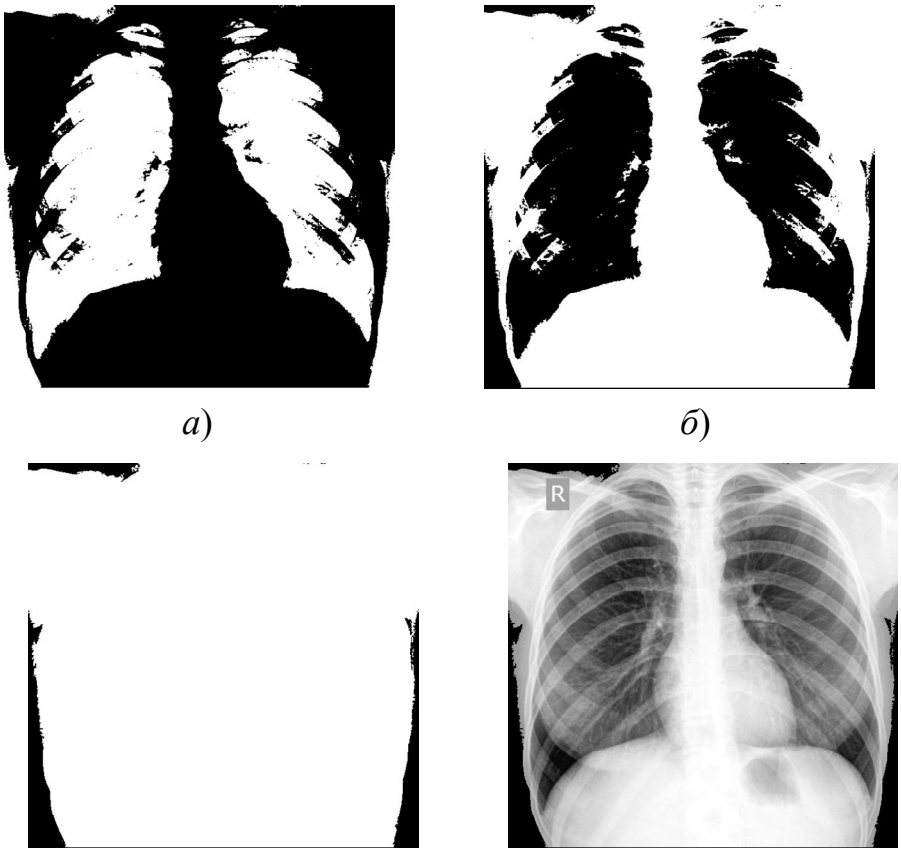
ких, полученное в результате морфологической обработки.

Области, примыкающие к раю изображения, целесообразно убрать до двухпороговой бинаризации (эти области ограничены краем изображения и плеврой).

С этой целью получаем бинарное изображение РС посредством двухпороговой бинаризации (рис. 4, *а*). Нижний порог при этом равен единице, а верхний порог подбирается в процессе анализа серии РС (в данном случае он равен 150).

а) *б*) *в*)

Рис. 3. Контуры легких, выделенные двухпороговой бинаризацией (*а*); артефакты однопиксельной границы легких (*б*); области легких, полученные после морфологической обработки (*в*)



а) *б*)

в) *г*)

Рис. 4. Последовательность преобразования изображения РС при отстройке от областей, примыкающих к краю изображения

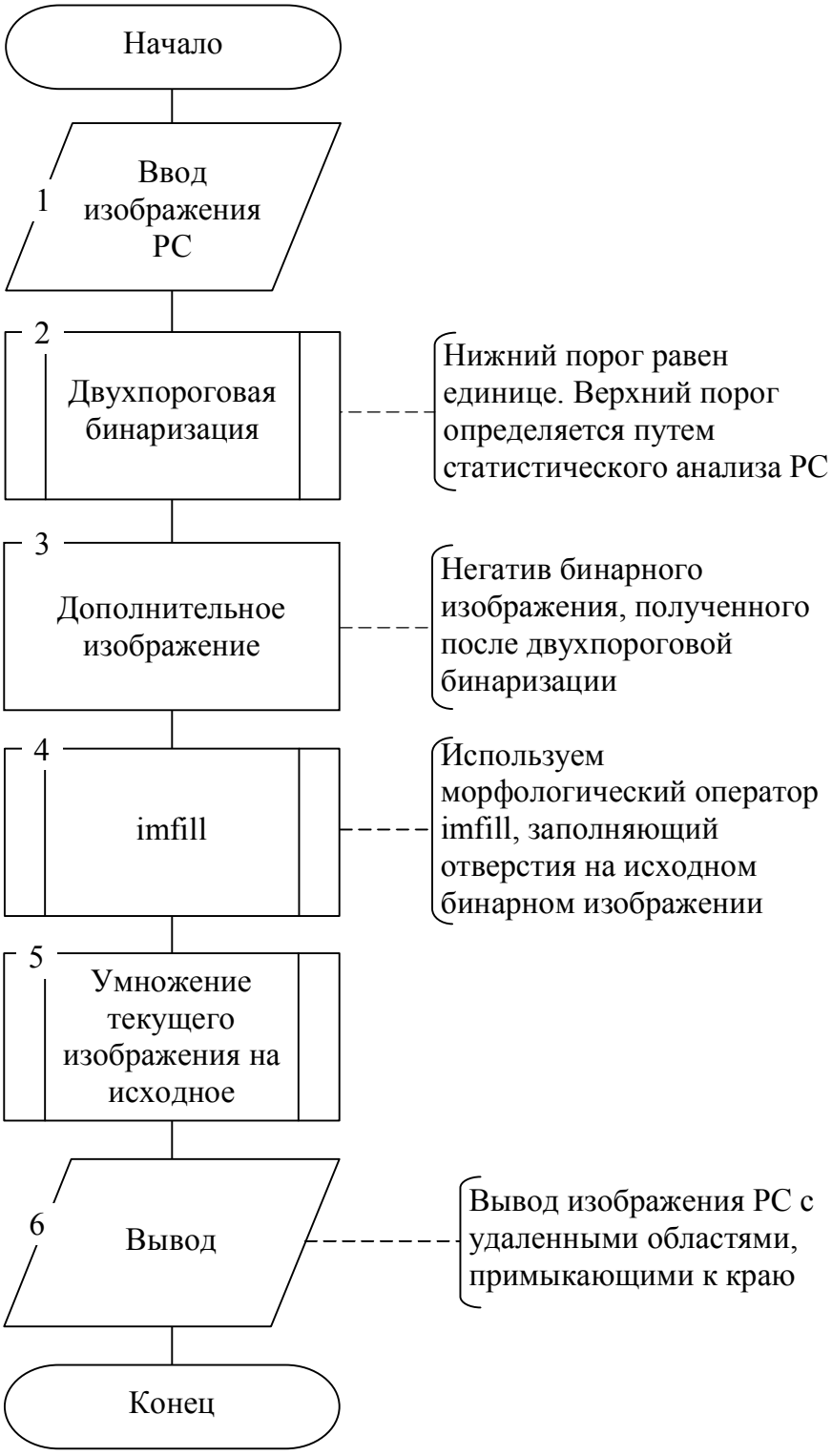


Рис. 5. Схема алгоритма удаления областей, примыкающих к краю изображения

Для выделения областей, примыкающих к краю изображения, перейдем от изображения рисунка 4, *а* к его негативному (дополнительному) изображению, представленному на рисунке 4, *б*. Такой переход позволит, используя морфологический оператор ***imfill*** (заполняет отверстия на исходном бинарном изображении), получить негативное изображение областей, примыкающих к краю изображения (см. рис. 3, *в*). Умножив полу-

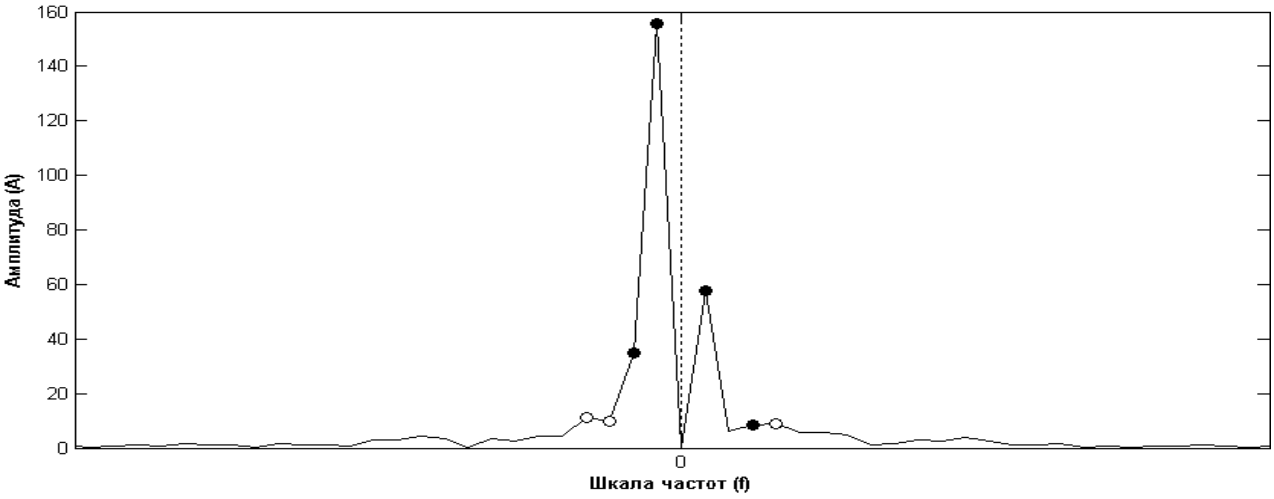
тоновое изображение (см. рис. 3, *а*) на бинарное изображение (см. рис. 3, *в*) получаем изображение, представленное на рисунке 4, *г*, с удаленными фрагментами, примыкающими к краю изображения.

Алгоритм отстройки от областей, примыкающих к краю изображения, представлен на рисунке 5.

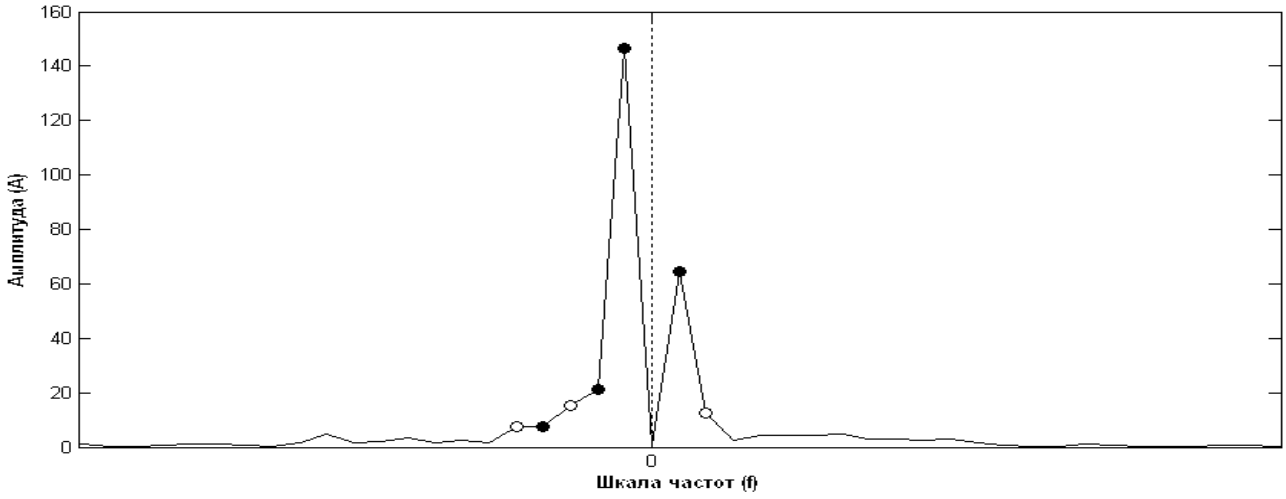
После получения однопиксельного изображения легких приступают к спектральному анализу контуров левого и правого легкого. Для проведения контурного анализа РС легких использовались дескрипторы Фурье, на основе которых формировалось пространство информативных признаков, предназначенное для нейросетевой классификации рентгенологических синдромов [3].

На рисунке 6, *а* показан спектр контура правого легкого, а на рисунке 6, *б* – спектр левого легкого.

Схема алгоритма, иллюстрирующая компьютерную реализацию предлагаемого способа, представлена на рисунке 7.



а)



б)

Рис. 6. Спектр контура правого легкого (*а*); спектр контура левого легкого (*б*)

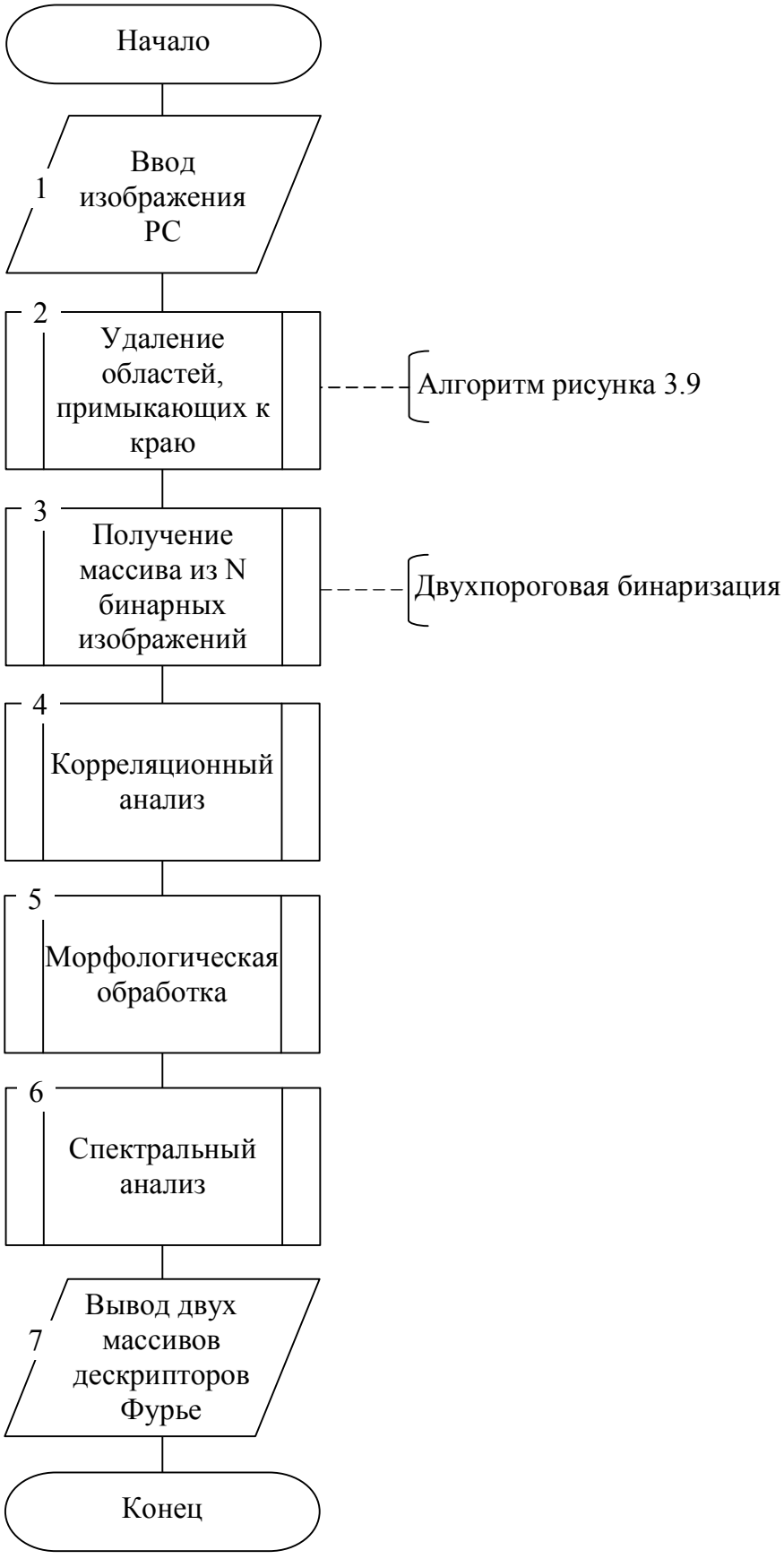


Рис. 7. Схема алгоритма контурного анализа изображения легких на рентгеновском снимке

В блоке 1 осуществляется ввод РС. Удаление областей, примыкающих к краю, осуществляется в блоке 2 согласно алгоритму, представленному на рисунке 5. Двухпороговая бинаризация изображения осуществляется в блоке 3. Выбор из изображений, полученных в результате двухпороговой бинаризации, изображения, соответствующего контурам легких, осуществляется в блоке корреляционной обработки 4. Морфологическая обработка этого изображения, в результате которой получают окончательное изображение контуров легких, реализована в блоке 5. Дескрипторы Фурье определяются в блоке 6.

Разработанный способ выделения контуров легких на изображении рентгеновского снимка грудной клетки, отличающийся последовательностью и составом процедур обработки изображения, позволяет получить набор дескрипторов Фурье для формирования пространства информативных признаков для нейросетевых классификаторов рентгенологических синдромов и нозологий. Способ предназначен для автоматизированного рабочего места (АРМ) врача-рентгенолога, которое обеспечивает поддержку принятия решений при диагностике заболеваний легких и сопутствующих патологий. Предложены алгоритмы контурного анализа рентгеновских изображений грудной клетки, позволяющие сегментировать РС.

Список литературы

1. Филист С.А., Дегтярев С.В., Дюдин М.В. Многоагентный подход построения системы интеллектуальной поддержки принятия решений анализа и классификации флюорограмм // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2014. – № 9. – С. 15-21.

2. Филист С.А., Плесканос Л.В. Формирование морфологических признаков сложноструктурируемых сигналов на основе гибридных ортогональных преобразований // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 5 (44)-2. – С. 33-38.

3. Анализ гистологических изображений посредством морфологических операторов, синтезированных на основе преобразования Фурье и нейросетевого моделирования / С.А. Филист, Р.А. Томакова [и др.] // Биотехносфера. – 2010. – № 3 (10). – С. 54-60.

Получено 10.12.14

M.V. Dyudin, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

V.V. Zhilin, Candidate of Sciences, Associate Professor, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law - Kursk Institute of Cooperation (branch)

K. D. A. Kassim, Candidate of Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: Kaboosd@mail.ru)

P.C. Kudryavtsev, Post-Graduate Student, Southwest State University (Kursk)
(e-mail: kstu-bmi@yandex.ru)

THE METHOD OF ISOLATING OUTLINE OF THE IMAGE LUNG ON CHEST RADIOGRAPH

The developed a method of isolating the outline of the lung on the X-ray image of the chest, which allows it to get Fourier descriptors to forming a space of the informative features for neural network classifiers of radiological syndromes and nosology.. the suggest algorithms of the automated analysis system of the X-ray images on the chest, which allow us to get a segment the image of X-rays and adjust the solving of modules to identify specific classes for radiological syndromes and pathological structures on the images of X-ray.

***Key words**: chest radiograph, morphological analysis, binarization image, Fourier descriptors.*

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. К публикации в «Известиях ЮЗГУ» принимаются актуальные материалы, содержащие новые результаты научных и практических исследований, соответствующие профилю журнала, не опубликованные ранее и не переданные в редакции других журналов.

2. Объем статьи не должен превышать 8 страниц печатного текста, включая иллюстрации и таблицы.

3 Авторы статей должны представить в редакцию журнала:

– статью, оформленную в соответствии с правилами оформления статей, представляемых для публикации в журнале;

– рекомендацию кафедры или научно-исследовательского отдела учреждения, в котором выполнена данная работа;

– разрешение на опубликование в открытой печати статьи от учреждения, в котором выполнена работа (обязательно для статей по техническим специальностям, по экономическим – по требованию редколлегии);

– сведения об авторах (фамилия, имя отчество, место работы, должность, ученая степень, звание, почтовый адрес, телефон, e-mail);

– электронный носитель (CD-диск).

4. Бумажный вариант статьи подписывается всеми авторами, что означает их согласие на передачу Университету прав на распространение материалов статьи с помощью печатных и электронных носителей информации.

5. Редакция не принимает к рассмотрению рукописи, оформленные не по правилам.

6. **Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается (если автор один и им представлена справка с места учебы).**

7. Основной текст рукописи статьи (кроме аннотации и ключевых слов) набирают в текстовом редакторе MS WORD шрифтом «Times New Roman» размером 14 пт с одинарным интервалом, выравнивание по ширине. Поля с левой стороны листа, сверху и снизу – 2,5 см, с правой стороны – 2 см. Абзацный отступ – 1,5 см.

8. Схема построения публикации: УДК (индекс по универсальной десятичной классификации), фамилия и инициалы автора(ов) с указанием ученой степени, звания, места работы (полностью), электронного адреса (телефона), название (полужирный, прописные), аннотация и ключевые слова, текст с рисунками и таблицами, литература. Авторы, название, аннотация и ключевые слова приводятся на русском и английском языках.

Перед основным текстом печатается краткая аннотация курсивом, отражающая краткое содержание статьи.

Например:

> УДК 004.9:519.8
> **А.Л. Иванов**, канд. техн. наук, доцент, Юго-Западный государственный университет (Курск) (e-mail: ivanov@gmail.com)
> **ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КАДРАМИ ГРАДООБРАЗУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**
> В статье рассматривается агентная модель прогнозирования обеспеченности кадрами градообразующего предприятия, основанная на структуризации поведения агента и определения влияния его внутреннего представления об окружающем мире на его деятельность.
> **Ключевые слова:** агентное моделирование, градообразующее предприятие, событие.

9. При формировании текста не допускается применение стилей, а также внесение изменения в шаблон или создание собственного шаблона. Слова внутри абзаца следует разделять одним пробелом; набирать текст без принудительных переносов; не допускаются разрядки слов.

10. Для набора формул и переменных следует использовать редактор формул MathType версии 5.2 и выше с размерами: обычный – 12 пт; крупный индекс 7 пт, мелкий индекс – 5 пт; крупный символ – 18 пт; мелкий символ – 12 пт.

Необходимо учитывать, что **полоса набора – 75 мм**. Если формула имеет больший размер, ее необходимо упростить или разбить на несколько строк. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!**

Все русские и греческие буквы (Ω, η, β, μ, ω, υ и др.) в формулах должны быть набраны прямым шрифтом. Обозначения тригонометрических функций (sin, cos, tg и т.д.) – прямым шрифтом. Латинские буквы – прямым шрифтом.

Статья должна содержать лишь самые необходимые формулы, от промежуточных выкладок желательно отказаться.

11. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ).

12. Рисунки и таблицы располагаются по тексту. Таблицы должны иметь тематические заголовки. Иллюстрации, встраиваемые в текст, должны быть выполнены в одном из стандартных форматов (TIFF, JPEG, PNG) с разрешением не ниже 300 *dpi* и публикуются в черно-белом (градации серого) варианте. Качество рисунков должно обеспечивать возможность их полиграфического воспроизведения без дополнительной обработки. **Рисунки, выполненные в MS Word, недопустимы**.

Рисунки встраиваются в текст через опцию «Вставка-Рисунок-Из файла» с обтеканием «В тексте» с выравниванием по центру страницы без абзацного отступа. Иные технологии вставки и обтекания **не допускаются.**

13. **Список литературы к статье обязателен** и должен содержать все цитируемые и упоминаемые в тексте работы. Пристатейные библиографические списки оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на работы, находящиеся в печати, не допускаются. При ссылке на литературный источник в тексте приводится порядковый номер работы в квадратных скобках.

14. В материале для публикации следует использовать только общепринятые сокращения.

Все материалы направлять по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94. ЮЗГУ, редакционно-издательский отдел.

Тел.(4712) 50-48-19, тел/факс (4712) 50-48-00.

E-mail: rio_kursk@mail.ru

Изменения и дополнения к правилам оформления статей и информацию об опубликованных номерах можно посмотреть на официальном сайте журнала: **http://www.swsu.ru/izvestiya/index.php.**