© Романова Д. В.

УДК 004.89

О ПРЕДМЕТЕ РАЗВИТИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ РЕТИНОПАТИИ НЕДОНОШЕННЫХ

Романова Д.В.[1], Грицюк Е.М. [2], Степанова Е.А.[2], Гольдштейн С.Л.[1]

[1]ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» г. Екатеринбург, РФ;

[2]ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум», г. Екатеринбург, РФ

Резюме. Проведен литературно-аналитический обзор с целью оценки аналогов, отбора прототипных решений и их критики. Изучен корпоративный прототип. Составлены системно-структурные и алгоритмические модели экспертной системы диагностики ретинопатии недоношенных и предложены объекты улучшения.

Ключевые слова: экспертная система, диагностика ретинопатии недоношенных, предмет развития.

ON THE SUBJECT OF DEVELOPMENT OF AN EXPERT SYSTEM FOR DIAGNOSING RETINOPATHY OF PREMATURIT

Romanova D.V.[1], Gritsyuk E. M. [2], Stepanova E.A.[2], Goldshtein S.L.[1]

[1] UrFU, Yekaterinburg, Russian Federation;

[2] GUAZ SO MKMC "BONUM", Yekaterinburg, Russian Federation

Summary. A literature and analytical review was conducted to evaluate analogs, select prototype solutions, and criticize them. The coporative prototype was studied. System-structural and algorithmic models of the expert system for diagnosing retinopathy of prematurity are compiled and objects of improvement are proposed.

Key words: expert system, diagnostics of retinopathy of prematurity, subject of development.

Введение

Существующие экспертные системы диагностики ретинопатии (ЭСДР) не удовлетворяют потребности автоматизированного первичного обследования недоношенных детей. Интеллектуальные информационные системы зарубежных ученых (R.Bellman, Christine L. Tsien, N. Lavrac и др.) и разработка отечественного специалиста (Марчук Ю.В.) [1] решают лишь задачу – прогнозирования лечения ретинопатии новорож-

денных. От специалистов «ГАУЗ СО «МКМЦ «Бонум» г. Екатеринбург получен заказ на развитие экспертной системы диагностики ретинопатии недоношенных (ЭСДРН).

В статье поставлена и решена задача поиска объектов ЭСДРН для улучшения и адаптации под специфику заболевания.

Литературно – аналитический обзор

Для поиска информации в качестве ключевых слов нами выбраны: экспертная система, диагностика ретинопатии, диагностика ретинопатии недоношенных, экспертная компьютерная система диагностики глазных заболеваний, компьютерные средства обработки изображений глаза, алгоритмы искусственного интеллекта обработки изображений глаза.

Поиск информации осуществлялся по трём источникам: интернет (поисковые системы Яндекс и Google), эксперты (специалисты медицинского центра «Бонум», г. Екатеринбург), печатное издание [1].

При литературно-аналитическом обзоре проведен патентный поиск, найдены зарубежные и отечественные ЭСДР.

Аналоги и прототипы

Экспертная система диагностики ретинопатии недоношенных (ЭСДРН)

В открытом доступе найдено ограниченное количество автоматизированных экспертных систем диагностики ретинопатии, часть из них решает проблему диагностики диабетической ретинопатии (табл.1).

Таблица 1
Сравнительная таблица аналогов экспертных систем диагностики диабетической ретинопатии

Критерий сравнения		Удовлетворенность китериям аналогов		
		[2]	[3]	[4]
Получение готовых изображений от источника в различных форматах		+	-	+
Алгоритмы работы с качеством изображений	Коррекция изображений	-	-	+
	Бинаризация	+	-	+
	Фильтрация шумов	+		+
	Построение остова области	+	-	+
Алгоритмы анализа изображений		+	+	+
Формирование экспертного заключения		+	+	-
Выведение комплексного отчета по экспертному заключению		-	+	-
Интеграция в медицинские системы		+	-	-
Итоговая оценка		7	3	6

Прототипом 0-ого ранга выбрана система IDx-DR [2] , допускающая работу с различными форматами изображений глаза. Так же в ней возможен контроль качества получаемых снимков и интеграция с другим медицинским программным обеспечением. Для анализа изображений прототипом выбрана автоматизированная система анализа ангиографических изображений глазного дна человека (ФИЦ ИУ РАН) [4]: в отличии от IDx-DR в ней выполняется предварительная коррекция изображений.

Алгоритмы искусственного интеллекта обработки изображений глаза

Также рассмотрены алгоритмы искусственного интеллекта обработки изображений глаза (АИИОИГ), т.е. программные методы, в основе которых лежит глубокое машинное обучение нейросетей. АИИОИГ позволяют выполнять обработку и анализ изображений сетчатки глаза с минимальным участием человека. Найдены аналоги [5-7], рассмотрен их функционал (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная таблица аналогов
алгоритмов искусственного интеллекта обработки изображений глаза

Критерий сравнения	Оценка для аналогов		
	[5]	[6]	[7]
Надёжность. Показатель AUC	0,99	0,98	0,99
Выборка исходных данных для обучения алгоритмов	0,3	0,1	1
Совместимость. Получение исходных данных для экспертного заключения-изображения различных форматов	0,5	0,5	0,5
Самообучаемость	1	1	1
Возможность определения стадии ретинопатии	1	1	1
Итоговая оценка	3,79	3,58	4,49

Прототипом 1-ого ранга выбрана система DeepMind [7], алгоритмы искусственного интеллекта этой системы обучены на большой (более 15000) выборке глазных снимков, так же одно из преимуществ АИИОСГ – высокий показатель AUC, характеризующий надежность алгоритма.

Пакет научных прототипов

Лучшие аналоги выбраны в качестве прототипов экспертной модели и представлены в соответствии рангу (см. табл. 3). По результатам анализа приведена их критика.

Таблица 3

Пакет прототипов

Ранг прототипа	Название подсистемы/ модуля	Название прототипа	Источник информации	Критика
0	Экспертная система обнаружения и оценки диабетической ретинопатии	IDx-DR	[2]	Система не дает возможности выводить комплексный отчет экспертного заключения, для этого необходимо дополнительное программное обеспечение. Так же не выполняется предварительная коррекция поступаемых изображений
1	Подсистема работы с качеством изображения глаза	Автоматизированная система анализа ангиографических изображений глазного дна человека (ФИЦ ИУ РАН)	[4]	
	Подсистема анализа изображений глаза	DeepMind	[7]	Алгоритмы не обучены на исходных данных снимков глаз, полученных с оптической когерентной томографии, следовательно, нет возможности брать изображения такого формата за исходные данные

Общий недостаток – система и подсистемы не полностью удовлетворяют специфике ретинопатии недоношенных.

Пакет корпоративных прототипов

Проведено интервьюирование специалистов-офтальмологов заказчика и выделены два корпоративных прототипа (табл. 4): практическое диагностирование ретинопатии недоношенных и медицинская IT-система прогнозирования ретинопатии недоношенных [1]. Для их оценки сформирован перечень критериев: 1 – оперативность диагностирования/прогнозирования РН, 2 – возможность обработки большого количества входных данных, 3– информационная поддержка (степень автоматизации), 4 – точность метода

Таблица 4

Пакет корпоративных прототипов

Номер критерия	Оценка корпоративных прототипов	
	практическое диагностирование ретинопатии недоношенных	медицинская IT-система прогнозирования ретинопатии недоношенных
1	0,2	1
2	0,2	1
3	0	1
4	0,8	0,7
Суммарная оценка:	1,2	3,7

Развитие предлагаетсяза счет улучшения этих оценок.

Онтология

Составлена иерархическая структура (рис. 1) экспертной системы диагностики ретинопатии недоношенных на базе анализа практического метода и автоматизированных систем диагностики ретинопатии.

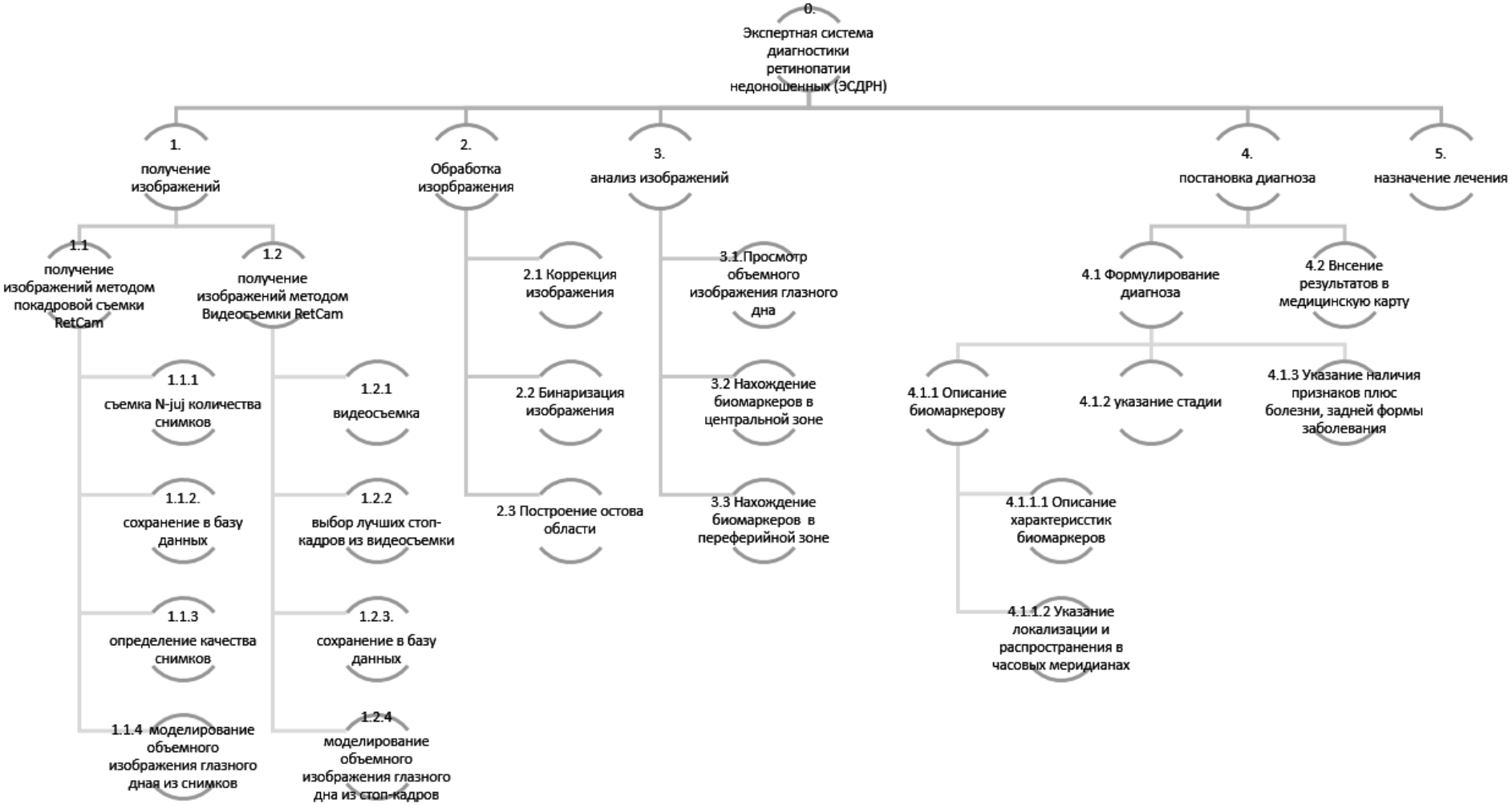


Рисунок 1 Иерархическая структура экспертной системы диагностики ретинопатии недоношенных

Системно-структурные модели

На основе рассмотренных аналогов нами составлен прототип ЭСДРН (рис. 2).

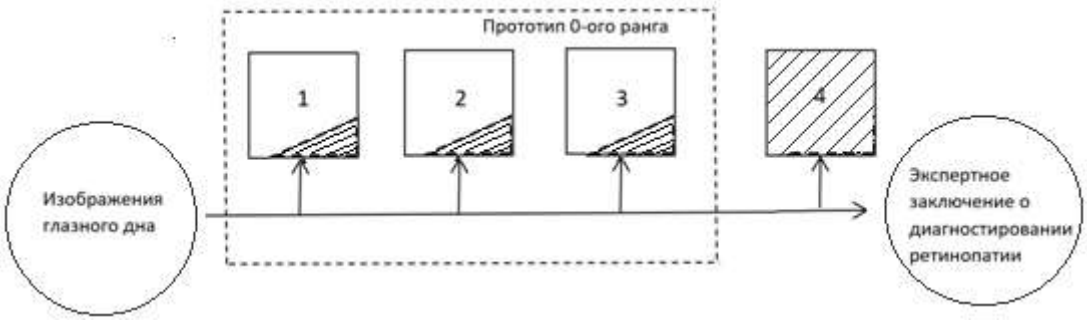


Рисунок 2 Системно-структурная модель ЭСДРН по прототипу (выделено пунктиром) и предлагаемому решению (обозначено штриховкой)

(1. система выбора изображения из БД, 2. система коррекции изображений, 3. система анализа изображений, 1.4 система адаптации к специфике ретинопатии у недоношенных детей)

На входе – изображения глазного дна; на выходе – экспертное заключение о диагностировании ретинопатии, предлагаемое решение ориентировано на адаптацию существующие системы под специфику ретинопатии у недоношенных, существующие же решения направлены на диагностирование диабетической ретинопатии.

Результаты

При проведении литературного обзора просмотрено порядка 100 источников и проведен патентный поиск, в результате выбрано три аналога ЭСДРН. При сравнительном анализе выбраны лучшие, из них составлен научный прототип и приведена его критика. В результате интервьюирования специалистов-офтальмологов, анализа практического подхода и методов автоматизированных систем диагностики ретинопатии выявлен корпоративный прототип, составлена иерархическая структура ЭСДРН и системно-структурная модель прототипа 0-ранга, на основе чего предложены улучшения ЭСДРН.

Вывод

Для внедрения в практику усовершенствованной экспертной системы диагностики ретинопатии недоношенных необходимо выполнить дальнейшие этапы: моделирования, проектирования и программирования с последующими экспериментами для оценки качества работы полученного программного продукта.

Список литературы

1. Марчук Ю.В. Системотехника, моделирование и компьютер в прогнозировании ретинопатии недоношенных. / Ю.В. Марчук, С.Л. Гольдштейн, С.И. Блохина. – Екатеринбург Издательство Уральского университета, 2013. –158 с.
2. Portable system for identifying potential cases of diabetic macular oedema using image processing and artificial intelligence. WO2020005053A1. Патент. URL:https://patents.google.com/patent/WO2020005053A1/en?q=IDx-DR&oq=IDx-DR
3. EyeArt® AI Eye Screening System [Электронный ресурс] // URL:https://www.eyenuk.com/en/products/eyeart/
4. Гуревич И.Б. Автоматизированная система анализа ангиографических изображений глазного дна человека // Патент России 2 683 758 C1, 2019
5. Performance of a Deep-Learning Algorithm vs Manual Grading for Detecting Diabetic Retinopathy in India [Электронный ресурс] URL:https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/fullarticle/2734990
6. Automated Diagnosis and Grading of Diabetic Retinopathy Using Optical Coherence Tomography [Электронный ресурс] // URL:https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2686405
7. Искусственный интеллект в офтальмологии [Электронный ресурс] // URL:https://eyepress.ru/article.aspx?29305