АЛГОРИТМИЗАЦИЯ МЕДИЦИНЫ И РЕФОРМА МЕДИЦИНСКОГО ЯЗЫКА

Владимир Даниелович Паронджанов

Канд. техн. наук, старший науч. сотрудник НПЦ автоматики и приборостроения им. акад. Н.А. Пилюгина, г. Москва vdp2007@bk.ru

АННОТАЦИЯ

Цель статьи — обосновать необходимость алгоритмизации медицинской литературы и предложить средства для ее практического осуществления.

Автор предлагает осуществить глубокую реформу медицинского языка, расширив его возможности с помощью визуального медицинского алгоритмического языка, направленного на предотвращение врачебных ошибок, повышение безопасности пациентов и развитие клинического мышления врачей за счет визуализации, формализации и стандартизации представления медицинских алгоритмов.

ABSTRACT

The article's objective is to justify the necessity of medical literature algorithmization and to suggest means for its practical accomplishment.

The author proposes to implement a thorough reform of medical language, expanding its capabilities with the visual medical algorithmic language, aimed at the prevention of medical errors, improving patient safety and the development of clinical thinking of doctors, by visualization, formalization and standardization of medical algorithms' representation and notation.

Ключевые слова: медицинский язык, медицинский алгоритм, безопасность пациентов, врачебная ошибка, язык ДРАКОН, эргономизация.

Keywords: medical language, medical algorithm, patient safety, medical error, DRAKON language, ergonomization.

1. МЕДИЦИНСКИЕ ОШИБКИ. ПРИЧИНЫ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Врачебные ошибки были, есть и, по-видимому, будут всегда, пока врачеванием занимается человек. Вопрос в их количестве и в отношении к этим ошибки ошибкам. Гиппократ рассматривал как источник знаний. Основоположник военно-полевой хирургии и анатом Николай Пирогов (1810– 1881) призывал немедленно обнародовать свои ошибки, чтобы предостеречь коллег. «Ничто так не способствует врачебной спеси, как игнорирование или забвение собственных ошибок», — напоминает хирург Николай Петров. «Ошибки являются только ошибками, когда у тебя есть мужество их обнародовать, но они становятся преступлением, когда гордыня тебя побуждает их скрыть», — добавляет Жан-Луи Пти. «Врач должен иметь мужество сознаться в своих ошибках, не лгать, не изворачиваться», — настаивает невропатолог Хаим-Бер Ходос [1].

Однако не все врачи были столь мудрыми. Медицинские ошибки зачастую скрывались от общественности, отрицались и замалчивались [2]. Только в 1999 году на основании тщательных исследований американский Институт медицины (Institute of Medicine) установил, что медицинские ошибки в больницах США являются причиной смерти от 44 000 до 98 000 человек в год [3]. Сходная картина имеет место и в других регионах мира [4, 5]. В материалах Всемирной организации здравоохранения говорится, что пребывание в больнице намного опаснее, чем полет на самолете: «Вероятность несчастного случая в самолете составляет 1 на 3 миллиона. Риск возникновения несчастного случая в больнице 1 на 300» [6]. Эти данные послужили основанием для развертывания широкой кампании сначала в США, а затем и на международном уровне, по борьбе с ошибками в медицине [3–9].

В последнее время в разных странах мира предпринимаются энергичные усилия по предотвращению медицинских ошибок. Эти усилия чрезвычайно важны и крайне необходимы. По рекомендациям Института медицины [3, 8] в конгрессе США были проведены слушания и приняты законы о безопасности пациентов, подписанные президентом Биллом Клинтоном [9].

В мировой системе здравоохранения выявлены и частично устранены многие неблагоприятные ситуации, представляющие опасность для пациентов. Вместе с тем, полезно помнить, что чаще всего выявляются и устраняются относительно простые ошибки, такие как внутрибольничные инфекции (hospital-acquired infections), поражающие каждый год 1,4 миллиона человек [5, с. 2], ошибки при переливании крови и т.д.

В целом, проблема остается далекой от разрешения [10, 11].

2. МЕДИЦИНСКИЙ ЯЗЫК

КАК ИСТОЧНИК ВРАЧЕБНЫХ ОШИБОК

Медицинские ошибки зависят от многих причин, в том числе, от недостатков медицинского языка. К сожалению, эта последняя, причем очень важная причина обычно не учитывается. Дефекты медицинского языка могут оказывать негативное и даже разрушительное воздействие на профессиональное мышление врачей, а предпринимаемые меры почти не затрагивают наиболее сложную, интеллектуальную часть проблемы — ошибки мышления врачей.

Дело в том, что медицина чрезвычайно сложна и с каждым годом продолжает усложняться. Бурное развитие медицинских знаний и технологий предъявляет все новые и новые требования к квалификации медперсонала и медицинскому образованию. Как следствие, увеличивается нагрузка на мозг врачей, вынуждая их решать все более сложные мыслительные задачи. При этом

3

¹ В окончательном виде закон о безопасности пациентов (Patient Safety and Quality Improvement Act of 2005) появился позже и был подписан президентом Джорджем Бушем мл. 29 июля 2005 года [38].

забывают, что врач живой человек, а его психофизиологические характеристики и способности отнюдь не безграничны.

Что означает медицинская ошибка при диагностике, приведшая к неблагоприятным последствиям? Она означает, что *нагрузка на мозг лечащего врача стала чрезмерной и непосильной*. В результате запредельной нагрузки, мозг врача прекратил правильно функционировать, так как мыслительная задача оказалась слишком трудной. Если бы нагрузка не была чрезмерной, врач бы не ошибся, и пациент не пострадал бы.

Общество должно помочь врачам, облегчить их тяжелый интеллектуальный труд, сделать его менее сложным и напряженным, т.е. *посильным*. Общество должно понимать, что большинство врачей — отнюдь не гении, они не обладают выдающимися способностями и талантами. Это рядовые лечащие врачи больниц и поликлиник, имеющие обычные, средние способности. Интеллектуальная нагрузка на их мозг должна быть соразмерной их силам и способностям.

Кстати, Гиппократ так и написал в своей Клятве: лечить «сообразно с моими силами и моим разумением» [12]. Однако в современной «Клятве Гиппократа», на которой присягают выпускники медвузов, эти важные слова почему-то вычеркнуты.

Интеллектуальная перегрузка врачей («сверх моих сил и за пределами моего разумения») недопустима, ибо порождает медицинские ошибки, влекущие за собой смерть, стойкую инвалидность или иной ущерб для пациентов.

Научной основой для решения проблемы является эргономика, которая учит, как бороться с человеческими ошибками в различных, прежде всего, технических областях деятельности человека. Вспомним, что в середине XX века в процессе бурного развития техники и систем «Человек — Машина» многочисленные ошибки операторов сложных технических систем (пилотов военной и гражданской авиации, операторов атомных электростанций, космонавтов) приводили к тяжелым, и, часто, трагическим последствиям. Анализ этих ошибок породил эргономику и коренным образом изменил форму

представления информации, что повысило наглядность и снизило нагрузку на человека-оператора. В итоге число ошибок резко сократилось.

В медицине следует поступить точно так же — коренным образом изменить форму представления знаний в медицинских учебниках, стандартах, руководствах, клинических рекомендациях, протоколах, т. е. изменить медицинский язык. Это позволит сократить чрезмерную интеллектуальную нагрузку на врача, порождающую врачебные ошибки, сделать ее посильной и, тем самым, существенно сократить их количество.

Разумеется, формы представления знаний и информации для разных областей отличаются, но общий принцип — принцип эргономизации знаний — остается неизменным [13].

Специалист по медицинским алгоритмам, профессор Владимир Тавровский указывает: чтобы устранить противоречие между информационным взрывом, в условиях которого работает врач, и его ограниченными возможностями, «клинический опыт и опыт управления надо уложить в строгие алгоритмы поведения» [14].

О том, как уменьшить погрешности мышления и какие методы когнитивной эргономики лучше использовать, можно познакомиться в книгах [15–17].

3. МЕДИЦИНСКИЙ ЯЗЫК И КЛИНИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ

Существующий профессиональный медицинский язык (язык медицинской литературы, стандартов, учебников, руководств, клинических рекомендаций, протоколов) имеет принципиальный дефект — он недостаточно точен и плохо приспособлен для описания сложных и разветвленных, нередко многочасовых и многодневных медицинских действий, решений и процедур, выполняемых при профилактике, диагностике, лечении, реабилитации.

Слабая формализация и сложность медицинского языка делают его чрезвычайно трудным для изучения и понимания огромным количеством врачей и других медицинских работников. Более того, используемый в настоящее время

в медицине язык допускает различные формы записи одних и тех же ситуаций, действий и решений. Это порождает проблему взаимного непонимания: одни специалисты вкладывают в записанный текст один смысл, а другие специалисты могут истолковать записи по-своему; в результате порождается большое количество врачебных ошибок.

Медицинский язык в существующем виде не позволяет создать подробное (пошаговое) описание сложных и разветвленных медицинских процессов и процедур в точной, однозначной и исчерпывающей форме, которая полностью исключает неясности, пробелы, двусмысленности и врачебные ошибки. Кроме того, он не способен представить сложную и трудную для запоминания последовательность медицинских действий в наглядной графической форме, сочетающей полноту картины с точностью.

Для преодоления этих проблем необходимо реформирование — алгоритмизация медицинского языка, и создание инструментов для полномасштабной реализации такой реформы.

Под алгоритмизацией медицины понимается отказ от повсеместно используемых в медицинской литературе неточных, приблизительных описаний медицинских алгоритмов, выполняемых с помощью естественного языка, и переход на *значительно более точные* описания, осуществляемые с помощью специально разработанного визуального медицинского алгоритмического языка.

Отметим также, что «язык и мышление образуют единство, так как без мышления не может быть языка и мышление без языка невозможно» [18]. Отсюда вытекает, что реформа профессионального языка медиков тесно связана с реформой клинического мышления. Алгоритмизация медицины — инструмент, обеспечивающий структуризацию и систематизацию клинического мышления. В ходе реформы врачи знакомятся с медицинским алгоритмическим языком и овладевают алгоритмическим клиническим мышлением.

Медицина считается плохо формализуемой областью знания, и это действительно так. Математизация медицины очень важна; с ее помощью

достигнуты впечатляющие успехи, например, в математической биологии, биофизике, медицинской кибернетике и др.

Однако, в случае алгоритмизации медицины дело усложняется по причине огромных масштабов предстоящих перемен. Ведь речь идет о новом медицинском языке, которым должны овладеть все или почти все врачи мира. Это значит, что задача приобретает массовый характер и становится необычайно трудной.

4. ТРУДНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И АЛГОРИТМИЗАЦИЯ

В Международной классификации болезней МКБ-10 указаны примерно десять тысяч различных заболеваний и соответствующих синдромов. В литературе описаны сто тысяч симптомов [19]. Все бы хорошо, да вот беда: «Запомнить такое количество заболеваний и симптомов обычному человеку в принципе невозможно» [20, с. 59]. Как же быть? Как лечить людей, если врачи не в состоянии запомнить методы лечения?

В России адаптировано около 1500 часто встречающихся болезней, хотя используется до 20000 названий [19]. Однако в медицинских вузах изучают всего-навсего 500–600 заболеваний и синдромов и соответствующую симптоматику [20, с. 59]. Получается, что студенты получают лишь малую часть знаний, всего 5–6% от известных недугов или 30–40% от наиболее распространенных в России. Это плохо. Авторы известного медицинского учебника всерьез обеспокоены и бьют тревогу: «вероятность встречи с неизвестной патологией очень высока» [20, с. 59]. И честно предупреждают о возможном ухудшении статистики врачебных ошибок, которые представляют реальную опасность для пациентов.

Кроме того, в мире наблюдается взрывной рост медицинской информации, толщина учебников растет. Однако мозг у студентов не резиновый. Емкость нашей памяти не безгранична, всему есть предел. Попытка «запихнуть» в

человеческую голову больше, чем она способна переварить за известный промежуток времени, ведет к негативным последствиям — перегрузкам учащихся и педагогов, низкой эффективности обучения и затягиванию учебного процесса. Получается замкнутый круг, из которого в рамках традиционного подхода фактически нет выхода [13, с. 439].

В том же медицинском учебнике говорится:

«даже в самых оснащенных лечебно-профилактических учреждениях некоторые специалисты (особенно молодые врачи) не могут принять решения даже при наличии в их распоряжении всех (!) необходимых данных. Они просто не обучены принятию решений... Помочь в решении данной проблемы может... алгоритмизация мышления. Подобный подход позволит... сформировать у студента конструктивное клиническое мышление» [20, с. 15].

Эффективное клиническое мышление должно в значительной мере опираться на научно обоснованный медицинский алгоритмический язык.

Профессиональный медицинский язык (язык медицинской литературы, учебников, стандартов, руководств, клинических рекомендаций, протоколов) в его нынешнем виде не позволяет эффективно решать существующие проблемы и становится тормозом в развитии медицины. Для решения новых задач нужны принципиально новые выразительные средства. Нужна реформа медицинского языка путем широкого внедрения в него алгоритмической составляющей. Сложность создания такого языка заключается в том, что он должен сочетать простоту и наглядность представления с математической строгостью и полнотой описания сложных медицинских алгоритмов.

5. КАК ВЫБРАТЬ МЕДИЦИНСКИЙ АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ ЯЗЫК

Попытки применения медицинских алгоритмов в конкретных ситуациях предпринимались давно и достаточно успешно. По данным профессора

Владимира Тавровского, ведущего многолетние исследования в области практического применения медицинских алгоритмов, их использование многократно снижает число врачебных ошибок [14, с. 74].

Сложность заключается в том, что в каждом конкретном случае и в конкретном месте (лечебном, научном или образовательном медицинском учреждении) выбор нотации для записи алгоритмов осуществляется не на основании тщательного анализа достоинств и недостатков алгоритмических языков, а случайным образом. В итоге используется та нотация, тот вариант алгоритмического языка, который знаком данному конкретному специалисту и кажется ему наиболее подходящим.

Важнейший процесс — процесс выбора нотации и алгоритмического языка никак не оценивается и не регулируется. Ни по линии управленческой иерархии, ни научными медицинскими органами, ни медицинским сообществом.

Это существенный недостаток. Проблема широкого внедрения алгоритмических языков в медицину требует выбора наиболее подходящего алгоритмического языка. Кроме того, нужно организовать соответствующее обучение широкого круга врачей, специалистов и других медицинских работников, а также студентов медицинских вузов.

На первом этапе решающей является проблема выбора адекватного алгоритмического языка, который должен предоставлять достаточно мощные и, в то же время, простые и понятные алгоритмические средства для решения сложных медицинских задач. Из большого многообразия опробованных ранее алгоритмических языков (см., например, [21–25]), до сих пор не удалось выбрать один, отвечающий всем необходимым требованиям.

Простые языки и средства (блок-схемы алгоритмов, IDEF модели и т. п.) пригодны лишь для наиболее простых задач. С ростом сложности схемы быстро теряют наглядность, линии начинают пересекаться и сплетаются в невразумительный клубок. Чтобы сохранить удобочитаемость, приходится упрощать и сокращать чертеж, полноценный алгоритм превращается в

усеченный, неточный вариант. Задача пошагового описания медицинских алгоритмов в удобной для врачей форме в этом случае остается нерешенной.

Если применять достаточно сложные алгоритмические языки и выразительные средства (диаграммы деятельности языка UML, деревья принятия решений и другие), то возникает проблема обучения этим технологиям и инструментам большого числа врачей и медицинских работников. Сложность этой задачи сопоставима со сложностью освоения самого медицинского языка.

Вместе с тем уже созрели предпосылки для успешного решения проблемы. В России создан графический алгоритмический язык ДРАКОН, который выгодно отличается от предшественников. Он позволяет:

- представить сложные и сверхсложные медицинские алгоритмы не в сокращенной форме, а полностью, без пропусков и упрощений;
- использовать эргономичную, понятную и удобную для врачей форму представления алгоритмов;
- обеспечить 100%-ю алгоритмизацию процедурных медицинских знаний без каких-либо ограничений.

Язык ДРАКОН является удобным средством для алгоритмизации медицинской литературы и алгоритмизации мышления. Широкое применение языка поможет решить перечисленные проблемы и будет способствовать формированию у студентов и врачей алгоритмического клинического мышления.

6. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О ЯЗЫКЕ «ДРАКОН». ДРАКОН В КОСМОСЕ

Название алгоритмического языка ДРАКОН расшифровывается как Дружелюбный Русский Алгоритмический язык, Который Обеспечивает Наглядность. Судьба его необычна. Он создавался вовсе не для медицины, а для космоса — в качестве языка программирования для орбитального корабля Буран. При создании бортовых и наземных программ системы управления Бурана

использовались специализированные и универсальные алгоритмические языки программирования Прол2, Диполь, Пси-Фортран, Лакс, Ассемблер (первые три разработаны в Институте прикладной математики имени М.В. Келдыша РАН). Обобщение опыта работы с этими языками привело к появлению языка ДРАКОН [26, 27].

Цель разработчиков состояла в создании единого языка программирования и моделирования, который способен заменить специализированные языки: Прол2 (для разработки бортовых комплексных программ Бурана), Диполь (для создания наземных программ Бурана) и Лакс (для моделирования). Разработка языка ДРАКОН была завершена в 1996 году (спустя 3 года после неизбежного при крушении СССР, но грустного для участников закрытия программы Буран)².

За последние двадцать лет с помощью ДРАКОНа (и основанной на нем технологии разработки алгоритмов и программ ГРАФИТ-ФЛОКС) были разработаны системы управления многих крупных космических проектов: «Морской старт», «Протон-М», «Фрегат», «Наземный старт», «ДМ-03», «Ангара», южнокорейская ракета-носитель «KSLV» и др. [15, с. 515; 514; 28; 29].

Пуски ракет-носителей и космических разгонных блоков, при создании которых использовался и используется язык ДРАКОН, за истекший период выполнялись с пяти космодромов мира:

- Плесецк;
- Байконур;
- Европейский космический центр во Французской Гвиане «Kuru»;
- Южнокорейский космодром «Naro»;
- международный плавучий космодром «Морской старт», производящий пуски с экватора в Тихом океане вблизи острова Рождества Республики Кирибати.

-

² Автор участвовал в разработке Бурана с первого до последнего дня. В то время я был начальником лаборатории комплексной разработки вычислительной системы Бурана.

Отметим, что в космической отрасли язык ДРАКОН использовался и как средство наглядного алгоритмического описания предметной области, и как язык программирования, включающий необходимые средства создания программного кода (редактор, транслятор и т.д.).

7. НАЧАЛО ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА ДРАКОН В МЕДИЦИНЕ

Альгирдас Каралюс (Литва) был первым, кто обратил внимание на возможность крупномасштабного использования языка ДРАКОН в медицине. Но не в качестве языка программирования, а в качестве графического средства для удобного описания последовательности действий врачей. Инициативу Каралюса активно поддержали литовские врачи. За последнее время в Литве изданы четыре медицинских учебника на русском языке, в которых используется ДРАКОН [30]:

- 1. Начальная неотложная акушерская помощь [31].
- 2. Специализированная реанимация новорожденного [32].
- 3. Неотложная медицинская помощь [33].
- 4. Травма [34].

Учебники апробированы в ряде стран (Литва, Казахстан, Азербайджан, Таджикистан, Туркменистан, Киргизия) в рамках курсов повышения квалификации врачей, которые проводили высококвалифицированные специалисты из Литовского университета медицинских наук для местных врачей. Проведенная апробация дала положительные результаты [35].

Начаты работы по продвижению языка ДРАКОН и в медицинских учреждениях Российской Федерации.

8. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЯЗЫКА ДРАКОН

Основные элементы языка ДРАКОН. Принято различать процедурные и декларативные знания (знания «как» и знания «что») [36]. Любые процедурные

медицинские знания можно представить на медицинском языке ДРАКОН в виде графических инструкций для описания последовательности действий врачей, т. е. в виде медицинских алгоритмов.

У языка ДРАКОН две составляющие: текстовая и графическая. Поэтому он имеет два набора синтаксических правил.

Иконы медицинского алгоритмического языка. Основой графического синтаксиса языка ДРАКОН является графический алфавит. Алфавит состоит из геометрических фигур, именуемых *медицинскими иконами*. Всего имеется 19 икон (рис. 1). Для каждой иконы задана ориентация, однозначно показано направление соединительных линий, входов и выходов.

	I	ı	
	Икона	Название иконы	Назначение иконы
1	9	Заголовок	В иконе «Заголовок» пишут название меди- цинского алгоритма, например, «Измерение кровяного давления»
2	\Box	Конец	В этой иконе пишут слово «Конец»
3	+	Действие	Указывают действие, которое должен выпо- лнить медицинский работник или прибор
4	\Diamond	Вопрос	Да-нетный вопрос, т. е. вопрос, на который можно ответить либо Да, либо Нет. Все другие ответы запрещены
5		Выбор	Фраза (или вопрос), приглашающая выбрать один из вариантов
6	1	Вариант	Здесь пишут один из вариантов. (Число рассматриваемых вариантов равно числу икон «Вариант»)
7	\Rightarrow	Имя ветки	Эта икона обозначает начало ветки. В ней находится название ветки. (Ветка— это структурная часть алгоритма)
8	-	Адрес	Икона «Адрес» обозначает конец любой ветки, кроме последней. Она показывает, в какую следующую ветку надо идти
9	H	Вставка	Икона «Вставка» говорит, что в этом месте из медицинского алгоритма вынут «кусок», который перенесён в другое место. В иконе пишут название этого «куска»
10	\	Пауза	Икона «Пауза» задерживает выполнение дей- ствия. Время задержки пишут внутри иконы
11		Время	Здесь пишут длительность выполнения действия
12		Время группы	Длительность выполнения группы действий. Не одного действия, а именно группы. Группа состоит из двух и более действий
13	¦√;	Время группы справа	Икона «Время группы» присоединяется справа
14	$\dot{\leftarrow}$	Начало контро- льного срока	В иконе пишут контрольное время критичес- кой процедуры. Например, «30 сек».
15	+	Конец контро- льного срока	Указывают окончание контрольного времени. Например, «Прошло 30 сек».
16		Комментарий	Комментарий — это не действие. Это различные пояснения и подсказки, которые помогают быстрее понять алгоритм
17		Начало групповой работы	Означает НАЧАЛО одновременных скоординированных действий двух врачей
18	+	Конец групповой работы	Означает КОНЕЦ одновременных скоординированных действий двух врачей
19	0	Соединитель	Икона «Соединитель» используется при переходе с листа на лист (когда медицинский алгоритм размещается на нескольких листах)

Рисунок 1. Иконы медицинского языка ДРАКОН

Макроиконы медицинского алгоритмического языка. ДРАКОН имеет не только иконы, но и *макроиконы*. Подобно тому, как слова состоят из букв, макроиконы (графические слова) слагаются из икон (графических букв). Медицинский ДРАКОН имеет 7 макроикон (рис. 2). Иконы и макроиконы — это строительные блоки, из которых создаются медицинские дракон-алгоритмы.

	Макроикона	Название макроиконы	Пояснение
1	-6-1	Развилка	Черные точки— это валентные точки. В эти точки можно вставлять иконы, например, икону «Действие». Хотя бы одна валентная точка должна быть заполнена
2	N = 2	Переключатель (число вариантов 2 и больше)	Переключатель — это часть алгоритма, имеющая один вход вверху и один выход внизу. Внутри переключателя алгоритм разветвляется на несколько дорожек. Число дорожек равно двум и более. Переключатель строится с помощью иконы «Выбор» и нескольких икон «Вариант». Под каждой иконой «Вариант» имеется валентная точка
3	-	Цикл	Цикл нужен для того, чтобы повторять действия. Повторение прекращается, когда будет выпол- нено условие. Условие записывают в иконе «Вопрос»
4	HDCH	Веточный цикл	Веточный цикл нужен для того, чтобы повторять действия, расположенные в одной или несколь- ких ветках
5	4	Действие с заданной длительностью	Справа нарисована икона «Действие». Слева к ней прицеплена икона «Время». Макроикона показывает, что время действия жестко задано
6		Группа действий с заданной длительностью	Справа нарисовано не одно действие, а группа, состоящая из двух действий. Слева к этой группе присоединена икона «Время группы». Полученный узор показывает, что время группы действий жестко задано
7		Групповая работа врачей	Означает совместную работы врачей, включая: — начало групповых действий, — выполнение групповых действий, — конец групповых действий.

Рисунок 2. Макроиконы медицинского языка ДРАКОН

Важной частью макроикон служат *валентные точки* (на рисунке они показаны как черные кружки). В эти точки последовательно вводятся иконы и макроиконы, которые в совокупности образуют графический узор и — после заполнения икон текстом — превращаются в дракон-схему.

У медицинского ДРАКОНа есть старший брат, ракетно-космический ДРАКОН. Последний значительно богаче медицинского, у него вдвое больше икон и макроикон. Так что, если медикам понадобятся дополнительные выразительные средства, можно заимствовать нужные иконы у старшего брата.

9. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА ДРАКОН В МЕДИЦИНЕ

Одна из важнейших целей дракон-алгоритма — *упорядочить* алгоритмическую картину болезни: слева врач видит наиболее благополучный исход, справа — наиболее тяжелый. Чтобы обеспечить *порядок*, вводится специально разработанная эргономичная система понятий и правил [15].

Дракон-алгоритм (рис. 3*a*) имеет одно начало и один конец. *Маршрут* — путь, ведущий из начала до конца алгоритма. Все дракон-маршруты можно проследить пальцем от начала до конца, не отрывая палец от бумаги. Это значит: врач одновременно видит все маршруты алгоритма. Язык ДРАКОН предъявляет врачу в качестве подсказки полный обзор алгоритмической ситуации, т. е. полный обзор методов диагностики и лечения.

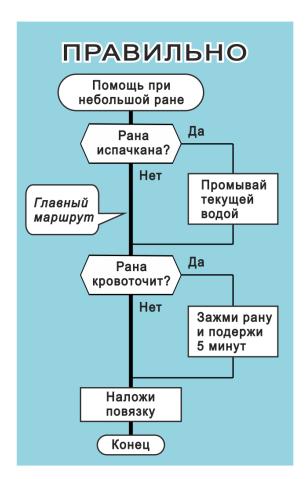
Главный маршрут медицинского алгоритма — наиболее желательный путь от иконы «заголовок» до иконы «конец», ведущий к наибольшему успеху. Если алгоритм описывает печальные варианты, включая летальный исход, главный маршрут всегда описывает наиболее благоприятный для пациента вариант (из числа возможных).

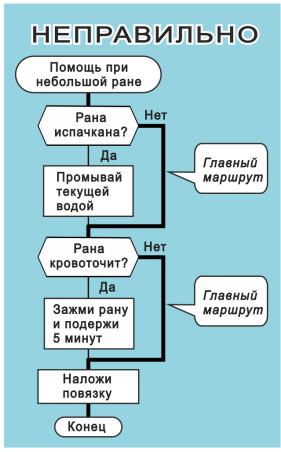
Шампур — вертикальная прямая линия, соединяющая иконы заголовок и конец. Между ними на той же линии помещается одна или несколько других икон (рис. 3).

Правило главного маршрута. Рассмотрим задачу. В запутанном лабиринте сложного медицинского алгоритма, нужно выделить одинединственный главный маршрут — путеводную нить. С ним можно зрительно сравнить остальные маршруты, чтобы понять, что к чему и не заблудиться среди множества развилок и тропинок.

Путеводная нить всегда под рукой, она буквально «бьет в глаза». Бросив беглый взгляд на дракон-алгоритм, врач сразу же видит главный маршрут и упорядоченные относительно него остальные маршруты. Полезной подсказкой для медиков служит правило: «Главный маршрут алгоритма должен идти по шампуру».

Это значит, что главный маршрут не может оказаться где-то на задворках медицинского алгоритма. Нет, он всегда должен быть на самом почетном месте — на крайней левой вертикали. Подобный порядок делает дракон-схему четкой, предсказуемой и интуитивно понятной.





б

Рисунок 3. Главный маршрут показан жирной линией. Слева правило главного маршрута выполняется, поэтому царский путь прямой как стрела (а), справа правило нарушено и главный маршрут «испортился», стал изломанным (б) [33, с. 135].

Правило боковых маршрутов. Боковые маршруты нужно рисовать справа от шампура по принципу: *«Чем правее, тем хуже»*. На рис. За показаны четыре маршрута. Главный идет по шампуру. Остальные три маршрута боковые. Они расположены правее шампура на одном или двух участках. Самый плохой вариант, когда рана грязная и кровоточит; этот маршрут сдвинут вправо на обоих участках.

Дракон-алгоритм *превращает хаос в порядок*. Для наглядности развернем эту мысль в шутливой форме на рис. 4. Все маршруты упорядочены согласно правилу *«Чем правее – тем хуже»*. Левая вертикаль означает, что дела идут хорошо, ибо человек здоров. Вторая вертикаль описывает легкое недомогание, которое можно снять таблеткой. Третья вертикаль говорит: самочувствие ухудшилось, нужен врач. Наконец, крайняя правая вертикаль отражает самую неприятную ситуацию — пришлось лечь в больницу.

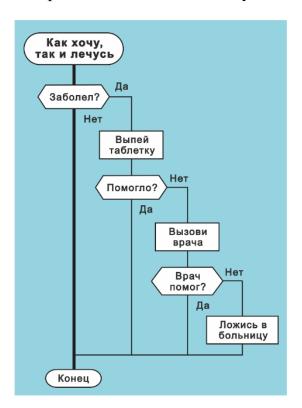


Рисунок 4. Маршруты упорядочены слева направо

Макроикона «**Переключатель».** На рис. 5 показан фрагмент первой помощи при химическом ожоге глаза с использованием переключателя. В общем случае переключатель может содержать до шестнадцати вариантов.

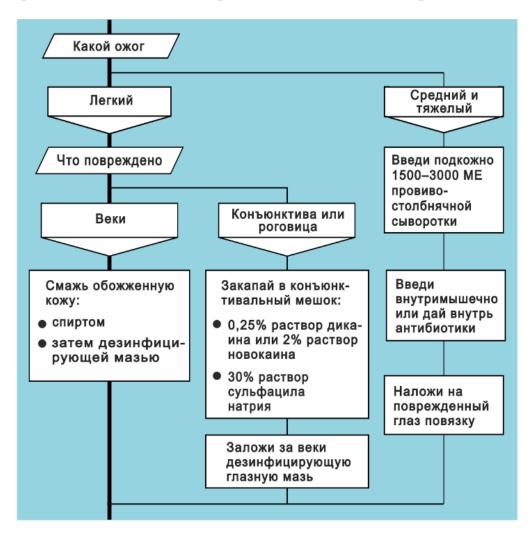


Рисунок 5. Алгоритм с двумя переключателями

Можно ли отменить алгебру логики, так как для некоторых врачей она слишком трудна? Отменить нельзя, а помочь врачам можно и нужно. ДРАКОН позволяет избавиться от трудных логических формул с помощью приятной графики.

Логическая функция ИЛИ. Пациент находится в угрожающем для жизни состоянии (рис. 6). Прежде всего, врач должен ответить на три вопроса:

- Есть ли реакция пациента на прикосновение?
- Есть ли реакция на обращение?

— Есть ли нормальное (не агональное) дыхание?

Если хотя бы на один вопрос получен ответ «Да», следует выполнить первичный осмотр по схеме ABCDE (в противном случае нужна реанимация). Другими словами, если пациент реагирует на обращение ИЛИ на прикосновение ИЛИ у него нормальное дыхание, нужен первичный осмотр.

Обе схемы (рис. 6*a* и 6*б*) логически правильны и равны друг другу. Какую из них следует предпочесть? Ту, которая удовлетворяет эргономичному правилу «Чем правее, тем хуже». В данном случае это левая, т.е. стандартная схема ИЛИ.



Рисунок 6. Логическая функция ИЛИ означает: если хотя бы на один вопрос получен ответ «Да», выполни указанное в алгоритме действие (первичный осмотр). Оба дракон-алгоритма (a и δ) эквивалентны и отличаются только способом начертания [31, с. 190]

Логическая функция И. На рис. 7 показана функция И для трех логических переменных. Если на все три вопроса получен ответ «Да», следует пройти вниз по жирной линии. Какую из двух схем следует выбрать? Ответ: левую, так как в

ней выполняется правило «Чем правее, тем хуже» (угрожающее состояние плода — это худший вариант).



Рисунок 7. Логическая функция И говорит: если на все вопросы получен ответ «Да», перейди по жирной линии к следующему действию алгоритма. Оба алгоритма делают одно и то же и отличаются только графически [31, с. 79].

Медицинская алгоритмическая конструкция «Силуэт». Язык ДРАКОН имеет две алгоритмические конструкции: примитив (для описания простых медицинских алгоритмов) и силуэт (для сложных и сверхсложных). До сих пор мы рассматривали простейшие случаи применительно к конструкции примитив. чрезвычайно обладающая мощная конструкция, большими позволяющая описывать иерархические возможностями И медицинские алгоритмы любой сложности, причем делать это в привлекательной для врача форме.

Алгоритм силуэт «Снятие шлема с мотоциклиста». На рис. 8 представлен алгоритм, описывающий одновременную, точно скоординированную совместную работу двух работников скорой помощи. Алгоритм определяет порядок выполнения неотложных действий по спасению

пострадавшего мотоциклиста, находящегося без сознания после дорожной аварии с подозрением на перелом позвоночника.

Как читать алгоритм-силуэт? Сначала читаем надписи сверху вниз вдоль левого шампура (жирная линия). Шампур кончается в иконе адрес «Снятие шлема». Переведите взгляд наверх, найдите верхнюю икону «Снятие шлема» и спуститесь вниз по правому шампуру до конца.

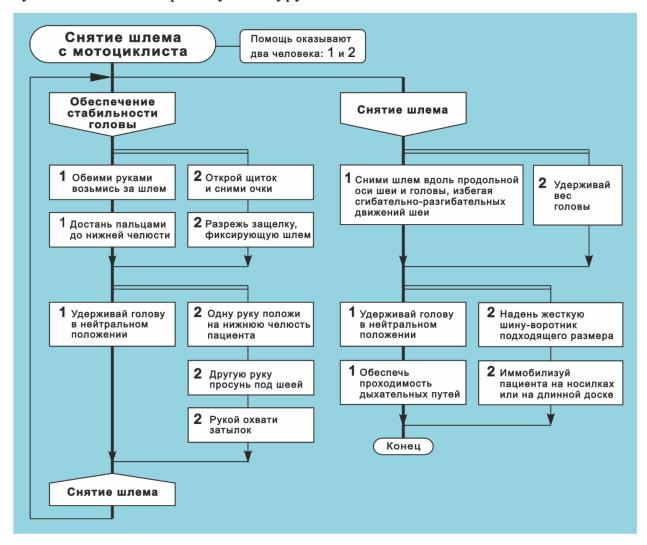


Рисунок 8. Алгоритм силуэт, описывающий работу двух врачей [33, с. 85–87].

Алгоритм силуэт «**Начальная реанимация и дефибрилляция**». Силуэт делится на смысловые части — *ветки*. Силуэт на рис. 9 состоит из шести веток, названия которых выделены жирным шрифтом (вверху). Ветка имеет один вход и один или более выходов. Каждую ветку читают сверху вниз. Разные ветки изучают слева направо, учитывая указания в иконах адрес.

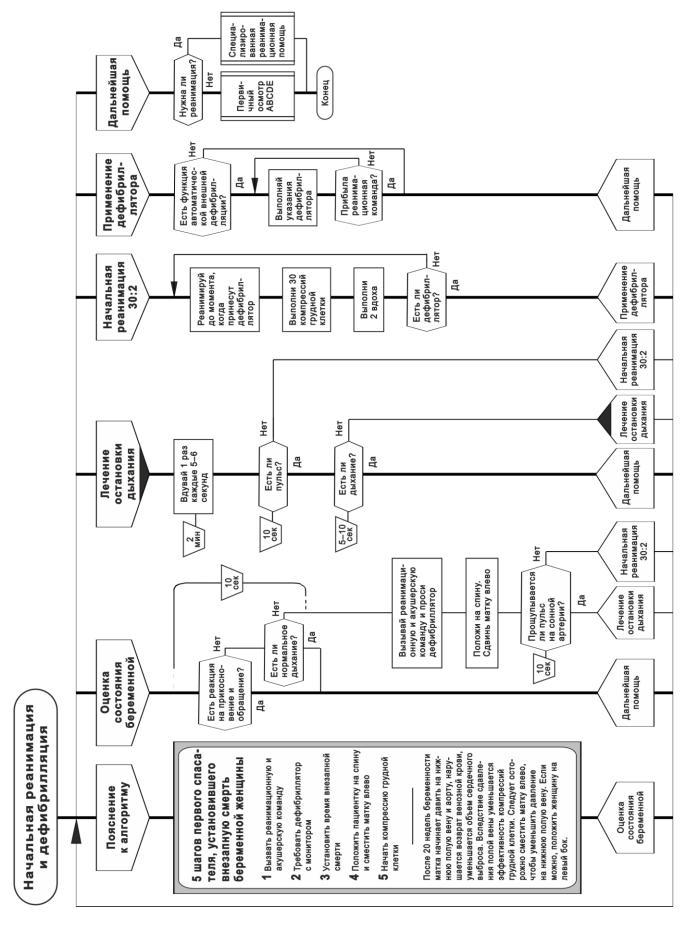


Рисунок 9. Алгоритм силуэт, описывающий реанимацию беременной женщины [31, с. 178–191].

Начинать чтение нужно с первой (крайней левой) ветки. На рис. 9 первая ветка «пустая»; она не выполняет никаких действий. Зато она содержит комментарий, т. е. медицинские сведения, разъясняющие суть алгоритма.

В конце первой ветки в иконе адрес читаем «Оценка состояния беременной» — это имя следующей ветки, куда следует перейти.

Порядок выполнения веток однозначно задают надписи в иконах адрес. Они играют роль доброжелательного путеводителя.

Если икона «адрес» указывает на свою собственную (или на более левую) ветку, образуется цикл, то есть повторение действий. Такие ситуации отмечаются черными треугольниками и называются веточный цикл.

На рис. 9 присутствуют пять икон «время», например, «10 сек». Они указывают длительность соответствующих действий.

Каждая ветка имеет свой главный маршрут. Он идет по шампуру (жирная линия). В силуэте число шампуров равно числу веток. На рис. 9 главный маршрут силуэта проходит по шампурам через три ветки (первую, вторую и шестую).

Икона вставка. Сборка алгоритма из частей. В последней ветке на рис. 9 используются две иконы вставка: «Первичный осмотр ABCDE» и «Специализированная реанимационная помощь». Каждая из этих процедур представляет собой сложный алгоритм. Икона вставка сообщает название алгоритма и указывает, что он описан в другом месте. Это очень выгодный прием, позволяющий разделять алгоритмы на части путем декомпозиции и снова собирать их из частей (вставок).

Медицинская алгоритмическая система — это не один алгоритм, а совокупность логически связанных алгоритмов. Она содержит головной алгоритм и алгоритмы более низких уровней, описывающие все вставки (части), входящие в систему. Это позволяет описывать медицинские алгоритмы практически любой сложности. Например, алгоритмическая система «Неотложная медицинская помощь», описанная в книге [33], содержит 16 алгоритмов.

10. ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ЯЗЫКА ДРАКОН В МЕДИЦИНЕ

Приведенные выше примеры показывают насколько наглядно, просто и точно язык ДРАКОН позволяет описывать достаточно сложные медицинские алгоритмы.

Алгоритмизация — составная часть математизации медицины. Однако на рис. 1—9 нет ни одной формулы. Где же здесь математика? Ответ прост. Чтобы не нагружать врачей математикой, не создавать для них дополнительную нагрузку, математическая составляющая замаскирована и спрятана в графике. Графический синтаксис языка ДРАКОН представляет собой визуальное логическое исчисление (исчисление икон). Это логическое исчисление строится на основе графических аксиом (аксиома-примитив и аксиома-силуэт), из которых по правилам визуального логического вывода выводятся правильно построенные дракон-схемы.

Алгоритмы должны быть правильными, без ошибок. Математика ДРАКОНа гарантирует правильность графического каркаса дракон-алгоритма: она ведет автора алгоритма по правильному пути, не позволяет нарушать «правила уличного движения» и делать глупые ошибки [15, с. 393–472; 16, с. 325–390; 17 с. 226–276; 26]. Это означает, что правильный графический каркас драконалгоритма формируется автоматически (с помощью математики) при соблюдении простых правил.

Сегодня международный стандарт изображения отсутствует ДЛЯ медицинских алгоритмов. Между тем, такой стандарт очень нужен, с учетом Имеющиеся развития доказательной медицины. средства медицинской алгоритмизации: блок-схемы по международному стандарту ISO 5807:85 (ГОСТ 19.701–90), диаграммы деятельности (activity diagrams) языка UML (Unified Modeling Language), деревья принятия решений (decision trees) и пр. неудобны и значительно уступают медицинскому ДРАКОНу.

11. ДРАКОН-КОНСТРУКТОР

Медицинские алгоритмы можно создавать вручную с помощью карандаша и бумаги. Однако гораздо удобнее использовать компьютерную программу, которая называется «ДРАКОН-конструктор». Она позволяет быстро строить медицинские алгоритмы примерно так же, как в детской игре в кубики.

Конструктор алгоритмов — надежный помощник врача. Он умело подсказывает, как нужно составлять алгоритмы. Он контролирует каждый ваш шаг, не дает оступиться и сбиться с пути.

Желающие могут сразу опробовать услугу и пройти онлайн-тренинг: https://drakon-editor.com/ Однако лучше не торопиться и познакомиться с материалами на интернет-форуме языка ДРАКОН http://forum.oberoncore.ru/viewforum.php?f=77, где можно задать интересующие вас вопросы и бесплатно скачать нужные программы.

К вашим услугам четыре конкурирующих графических редактора для рисования медицинских алгоритмов (четыре ДРАКОН-конструктора), созданные разными авторами, которые значительно отличаются друг от друга по своим функциональным и иным возможностям. У вас есть возможность выбрать программу, которая вам больше нравится.

Программы непрерывно совершенствуются и могут быть доработаны по вашим требованиям и критическим замечаниям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Философ Людвиг Витгенштейн говорил о языке: «Язык для всех готовит сходные ловушки, огромную сеть проторенных ложных дорог. И мы видим одного за другим, идущих по этому лабиринту, наперед зная, что вот здесь человек свернет, здесь проследует прямо, не заметив развилки, и т. д. и т. п.

Стало быть, во всех местах, где дороги ответвляются в тупик, я должен выставлять таблички, помогающие преодолевать опасные перекрестки» [37].

Эти слова как нельзя более точно отражают проблемы медицинского языка и медицины в целом. Медицинские действия, решения и процедуры, используемые при профилактике, диагностике, лечении, экстренной помощи, реанимации, реабилитации, прогнозе содержат огромное количество коварных развилок и опасных перекрестков. Все эти ответвления и тупики необходимо отчетливо видеть и тщательно учитывать.

Приходится признать, что медицинский язык не позволяет видеть и анализировать все эти опасности, чтобы в полной мере защитить пациентов от врачебных ошибок. Приходится также признать, что медицинский язык не справляется со своими обязанностями и как главная транспортная артерия для передачи информации и знаний врачам в процессе преддипломного и последипломного обучения.

Есть все основания считать, что применение графического языка ДРАКОН в качестве специализированного медицинского алгоритмического языка позволит справиться с этими трудностями и существенно сократить количество врачебных ошибок, возникающих из-за недостатков современного медицинского языка.

Благодарю академиков РАН И.Н. Денисова, Л.К. Мошетову, членакорреспондента РАН Г.В. Порядина, докторов медицинских наук, профессоров А.Г. Куликова, Е.В. Колпакова и Р.Й. Надишаускене, дискуссии с которыми стимулировали появление данной статьи.

Список литературы:

1. Медицина в афоризмах и крылатых выражениях от истоков до наших дней. / Ачкасов Е.Е., Мискарян И.А. М.: Профиль—2С, 2009. — 448с. — С. 198, 369.

- 2. Medical errors // Wikipedia. [2004—2015]. https://en.wikipedia.org/wiki/Medical_error.
- 3. To Err is Human: Building a Safer Health System / Linda T. Kohn, Janet M. Corrigan, and Molla S. Donaldson, editors. Committee on Quality of Health Care in America, Institute of Medicine. 2000. 312p. P. 1, 26, 31.
- 4. Guide for Developing National Patient Safety Policy and Strategic Plan. Patient Safety Unit /Health Systems and Services Cluster. World Health Organization. Regional Office for Africa. Brazzaville. 2014. ix + 35p. P. V, 1–12.
- 5. Regional Strategy for Patient Safety in the WHO South-East Asia Region. World Health Organization. Regional Office for South-East Asia. Indraprastha Estate, Mahatma Gandhi Marg, New Delhi. India. 2015. vi + 71p. P. 2, 3.
- 6. Восьмой форум по вопросам будущего. Управление безопасностью пациентов. Эрпфендорф, Австрия, 28–29 апреля 2005 г. // Всемирная организация здравоохранения. Европейское региональное бюро. Copenhagen, Denmark, 2006. 38с. С. 3.
- 7. Hayward R.A., Hofer T.P. Estimating Hospital Deaths Due to Medical Errors: Preventability Is in the Eye of the Reviewer // JAMA: the Journal of the American Medical Association. July 25, 2001, Vol. 286, No. 4. pp. 415–420.
- Crossing the Quality Chasm: a New Health System for the 21st Century /
 Committee on Quality Health Care in America, Institute of Medicine. 2001. xxi + 337p.
- 9. Interim Report on the Study of Patient Safety in Maryland. Executive Summary.

 Maryland Health Care Commission. 2002. pp. 71–73. —

 http://mhcc.dhmh.maryland.gov/patientsafety/Documents/patient_safety/patientsir pt.pdf
- 10.Sharpe V.A. Promoting Patient Safety. An Ethical Basis for Policy Deliberation.

 A Special Supplement to the Hastings Center Report. 2003. 20 p.
- 11.Jewell K., McGiffert L. To Err is Human To Delay is Deadly. Ten years later, a million lives lost, billions of dollars wasted. Consumers Union's Safe Patient Project. 2009.

- 12. Гиппократ. Избранные книги. Перевод с греч. проф. В.И. Руднева. М.: Биомедгиз, 1936. 736 с. С. 27.
- 13.Паронджанов В.Д. Почему мудрец похож на обезьяну, или Парадоксальная энциклопедия современной мудрости. М.: РИПОЛ Классик, 2007. 1154с. С. С. 231, 240–242, 439–463, 470, 542–544, 663–666, 756, 777, 794. —, http://drakon.su/knigi_vladimira_parondzhanova._skachat.
- 14. Тавровский В.М. Лечебно-диагностический процесс: Теория. Алгоритмы. Автоматизация. Тюмень. Софт-Дизайн, 1997. 320с. С. 164, 165.
- 15.Паронджанов В.Д. Учись писать, читать и понимать алгоритмы. Алгоритмы для правильного мышления. Основы алгоритмизации. М.: ДМК Пресс, 2014. 520с. http://drakon.su/_media/biblioteka_1/01._2012_uchis_chitat_new_end_podlinnik. pdf.
- 16.Паронджанов В.Д. Дружелюбные алгоритмы, понятные каждому. Как улучшить работу ума без лишних хлопот. М.: ДМК-пресс, 2014. 464 с. http://drakon.su/_media/biblioteka_1/03._2010_druzheljubnye_algoritmy_1.pdf.
- 17.Паронджанов В.Д. Как улучшить работу ума. Алгоритмы без программистов это очень просто! М.: Дело, 2001. 360 с. http://drakon.su/_media/biblioteka_1/parondzhanov_v.d._kak_uluchshit_rabotu_u ma_.pdf.
- 18. Реформатский А.А. Введение в языкознание. М.: Аспект пресс, 2004. 536с. С. 26.
- 19. Казаков В.Н. и др. Управление качеством подготовки специалистов: программно-целевой подход (на примере высшего и послевузовского медицинского образования). Донецк: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов. ДГМУ, 2003. 215с.
- 20.Поликлиническая терапия. Учебник. Под ред. И.Л. Давыдкина, Ю.В. Щукина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. 688с..

- 21.Intravenous fluid therapy in adults in hospital. Clinical Guideline CG174.

 Methods, evidence and recommendations. National Clinical Guideline Centre.

 NICE UK. December 2013. 194p. P. 42–156.
- 22. Family Doctor Home Adviser. Editor Dr. Michael Peters. Fifth edition. Dorling Kindersley Publishers, Ltd. London. 2012.—296p. P. 42–284.
- 23. Texas medication algorithm project. Procedural manual. Bipolar disorder algorithms. / M. Lynn Crismon, Tami R. Argo et al. Texas Department of State Health Services. 2007. 63p. P. 7, 8.
- 24.Decision making in medicine: an algorithmic approach / edited by Stuart B.

 Mushlin, Harry L. Greene II. Third edition. Mosby Elsevier, 2010. xvi + 726p.
- 25. Казанцев А.П., Казанцев В.А. Дифференциальная диагностика инфекционных болезней. Руководство для врачей. М. Изд. Медицинское информационное агентство, 2013. 496с. С. 119–463.
- 26.Паронджанов В.Д. Графический синтаксис языка ДРАКОН. // Программирование. 1995. Т. 3. №3. С. 45–62.
- 27.ДРАКОН // Википедия. [2008—2015]. http://ru.wikipedia.org/?oldid=70108211.
- 28. Морозов В.В., Трунов Ю.В. и др. Система управления межорбитального космического буксира «Фрегат» // Вестник ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина», 2014, № 1. С. 16–25.
- 29. Безель Я. Б. № 4 // Можно ли улучшить работу ума? Новый взгляд на проблему // Вестник РАН. 2003. Т. 73. С. 363–365. (Рецензия на книгу: Паронджанов В.Д. Как улучшить работу ума. Алгоритмы без программистов это очень просто! М.: Дело, 2001).
- 30.Медицинские учебники на сайте «Центр исследования кризисов». http://www.smp.lt/images/naujienos/Ru%20knygos%20KTC%202015.04.30.pdf.
- 31. Начальная неотложная акушерская помощь. Учебник. / Под ред. Р.Й. Надишаускене. Литва: Центр исследования кризисов, Университет наук здоровья Литвы, 2012. 204с.

- 32.Специализированная реанимация новорожденного. Учебник. / Под ред. Р.Й. Надишаускене. Литва: Центр исследования кризисов, Университет наук здоровья Литвы, 2012. 396 с.
- 33. Неотложная медицинская помощь. Учебник. / Под ред. Д. Вайткайтиса. Литва: Центр исследования кризисов, Университет наук здоровья Литвы, 2012. 265 с.
- 34. Травма. Учебник. / Под ред. Д. Вайткайтиса. Литва: Центр исследования кризисов, Университет наук здоровья Литвы, 2012. 440 с.
- 35. Vileikytė A., Nadišauskienė R.J. et al. Algoritminės "Drakon" kalbos pritaikymas medicinoje // Lietuvos akušerija ir ginekologija 2014 rugsėjis, tomas XVII, Nr. 3. 192–196.
- 36. Бондарев П.А., Колганов С.К. Основы искусственного интеллекта. М.: Радио и связь, 1998. 128с. С. 65.
- 37.Витгенштейн Л. Философские работы. Часть І. М.: Гнозис, 1994. 612с. С. 428.
- 38.Patient Safety and Quality Improvement Act // Wikipedia. [2009—2015]. https://en.wikipedia.org/wiki/Patient_Safety_and_Quality_Improvement_Act.