

© Гольдштейн С.Л.

О РАЗВИТИИ ИТ-ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО ДОЛГОСРОЧНЫМ ХРОНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЯМ

Гольдштейн С.Л.¹, Кудрявцев А.Г.¹, Малышев П.В.¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», физико-технологический институт, кафедра технической физики

Резюме. Рассмотрены пакеты аналогов для компьютерного помощника разрешения сложных клинических ситуаций и генератора запросов в его составе, выбранные прототипы и предложенные решения по их развитию с целью сбережения времени при лечении больных с долгосрочной хроникой.

Ключевые слова: компьютерный помощник, поддержка медицинских решений, генератор запросов, проблемная ситуация.

On the development of IT support for decisions on long-term chronic conditions

Goldshtein S.L.¹, Kudryavtsev A.G.¹, Malyshev P.V.¹

¹Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin", Institute of Physics and Technology, Department of Technical Physics

Summary. Packages of analogues for a computer assistant for resolving complex clinical situations and a query generator in its composition, selected prototypes and proposed solutions for their development in order to save time in the treatment of patients with long-term chronicity are considered.

Key words: computer assistant, medical decision support, query generator, problem situation.

Введение

Актуальность задачи ведения долгосрочных хронических состояний отмечена в докладе Всемирной организации здравоохранения [1].

Для поддержки решения данной задачи в настоящее время может быть использован ряд компьютерных помощников [2-10]. Их общим недостатком можно считать как минимум

неполный учет информации из истории лечения больного (особо существенной при долгосрочной хронике). Именно, варианты [4,5,8] игнорируют текстовую часть истории лечения, варианты [9,10] учитывают текстовую составляющую, но при этом игнорируют количественные оценки, полученные в ходе обследования больного, а варианты [2,3,6,7] осуществляют помощь в основном на основе информации о текущем моменте.

Нами предложен вариант IT-поддержки решений по долгосрочным хроническим состояниям на основе развития компьютерного помощника [8], учитывающий текстовую часть истории лечения больного. За счет этого развитый вариант способен строить эталонные модели болезней для конкретных пациентов с долгосрочной хроникой (наряду с универсальной моделью и моделями по отраслям медицины) и использовать их для уточнения диагноза, что приводит к сбережению временного ресурса при ведении хронических состояний.

В настоящей статье описан первый этап проведенного исследования.

Прототип 0-го ранга и предлагаемое решение для системы IT-поддержки решений по долгосрочным хроническим состояниям

Аналоги 0-го ранга и их сопоставление. В качестве аналогов 0-го ранга рассмотрены упомянутые выше компьютерные помощники [2-10], в той или иной мере поддерживающие ведение долгосрочных хронических состояний. Для сопоставления аналогов 0-го ранга рассмотрены следующие критерии:

- 1) возможность поддержки решений по диагнозу;
- 2) возможность поддержки решений по лечению;
- 3) уровень учета истории лечения (0 – не учитывается, 0,5 – учитывается частично, 1 – учитывается полностью);
- 4) уровень автоматизации (примерная оценка сверху от 0 до 1).

В таблице показаны результаты сопоставления аналогов 0-го ранга.

Результаты сопоставления аналогов 0-го ранга

Типы аналогов	Классы аналогов	При- меры анало- гов	Оценки по критериям				Σ*)
			1	2	3	4	
Системы поддержки клинических решений (CDS)	Системы, распознающие по изображениям или текстам	[2,3]	1	0	0	1	2
	Системы с учетом прецедентов	[4,5]	0	1	0,5	1	2,5
	Системы с учетом сочетанных патологий, в т.ч. развитый вариант	[6,7]	1	0	0	1	2
		[8]	1	1	0,5	1	3,5
Системы улучшения клинической документации (CDI)		[9,10]	1	1	0,5	0,5	3

*) Σ - сумма баллов по всем критериям

Прототип 0-го ранга. В качестве прототипа 0-го ранга выбран аналог, набравший максимальную сумму баллов по рассматриваемым критериям, т.е. автоматическая система поддержки медицинских решений при сочетанной патологии [8]. Его структурная модель, заимствованная из источника – на рис. 1. Алгоритмическая модель, восстановленная по описанию прототипа, – на рис. 2 и 3.

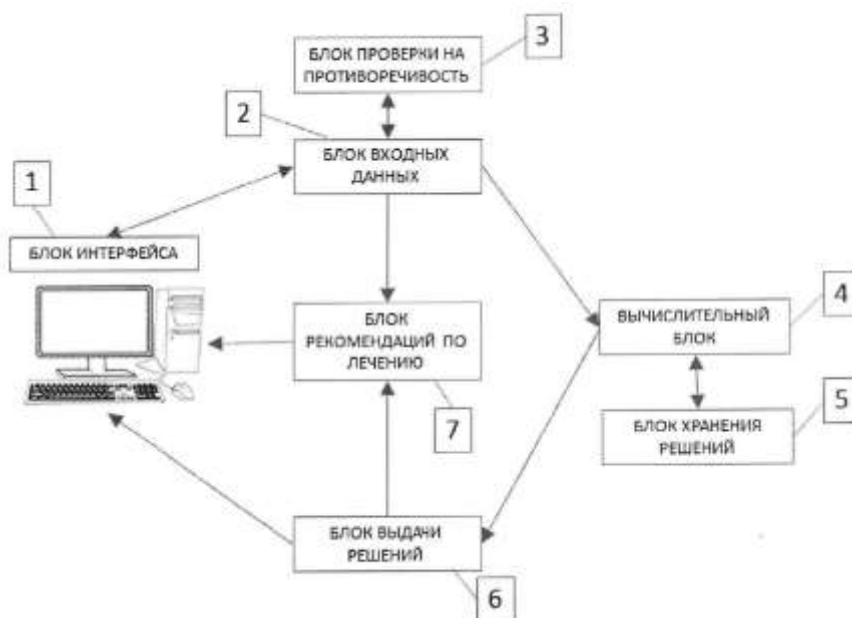


Рис. 1. Структурная модель прототипа 0-го ранга согласно [8]

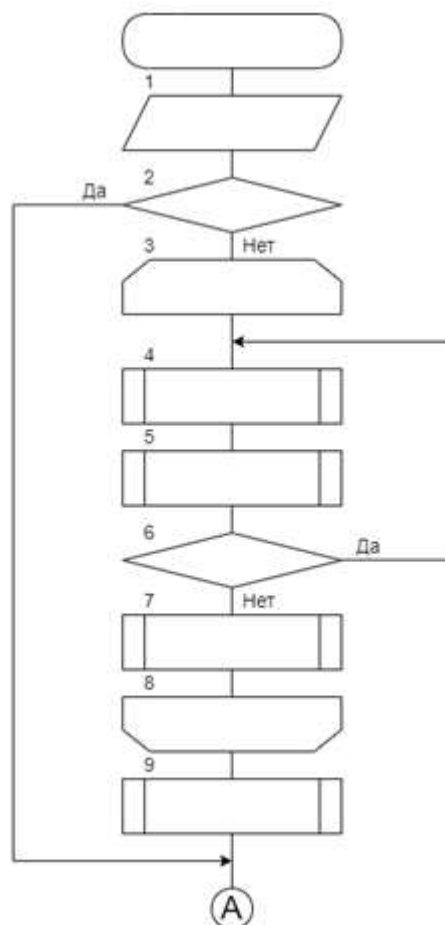


Рис. 2. Алгоритмическая модель прототипа 0-го ранга (начало, соответствующее режиму обучения)

1 – исходные данные (от медэкспертов и пациентов); 2 – «Имеются ли эталонные модели болезней^{*)}?»; 3 и 8 – соответственно, начало и конец цикла по медэкспертам; 4 – прием информации от текущего медэксперта (с блока интерфейса на блок входных данных); 5 – сопоставление информации от текущего медэксперта с принятой ранее (с помощью блока проверки на противоречивость); 6 – «Обнаружены противоречия при сопоставлении?»; 7 – присоединение информации от текущего медэксперта к принятой ранее (для формирования универсальной эталонной модели болезней^{*)} с помощью блока входных данных); 9 – вычленение эталонных моделей болезней^{*)} по отраслям медицины (с помощью блока входных данных)

^{*)} Эталонная модель болезней [8] представима в виде таблицы, строки которой соответствуют болезням, столбцы – симптомам, а в ячейках на пересечении строк и столбцов записаны веса симптомов для конкретной болезни, что позволяет вероятностно оценить возможные диагнозы для конкретного пациента на основании данных о имеющихся у него симптомах

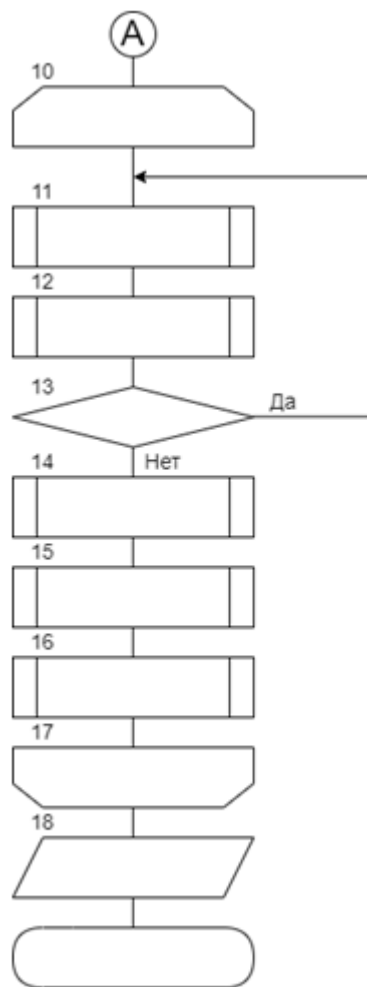


Рис. 3. Алгоритмическая модель прототипа 0-го ранга (окончание, соответствующее рабочему режиму)

10 и 17 – соответственно, начало и конец цикла по пациентам; 11 – прием истории лечения текущего пациента (с блока интерфейса на блок входных данных); 12 – сопоставление истории лечения текущего пациента с соответствующей эталонной моделью болезней (с помощью блока проверки на противоречивость); 13 – «Обнаружены противоречия при сопоставлении?»; 14 – вероятностное оценивание возможных диагнозов для текущего пациента (с помощью вычислительного блока и при обмене информацией с блоком хранения решений); 15 – выдача решения по диагностике для текущего пациента (с помощью блока выдачи решений); 16 – формирование и выдача решения по схеме лечения текущего пациента (с помощью блока рекомендаций по лечению); 18 – итоги работы (решения по диагностике и рекомендации по схемам лечения для имеющихся пациентов)

Прототип 0-го ранга игнорирует текстовые части историй лечения пациентов, что может оказаться особо ощутимым при долгосрочной хронике. В этом его недостаток.

Гипотезы о предлагаемом решении 0-го ранга:

- для преодоления недостатка прототипа в его состав целесообразно включить блок, генерирующий запросы к внешним источникам информации на основании анализа тексто-

вой части истории лечения (которая может быть рассмотрена как описание развивающейся проблемной ситуации [11,12], связанной с болезнью, особенно с длительной хроникой);

- развитый указанным образом прототип 0-го ранга призван оперативно дообучаться в рабочем режиме и за счет этого строить эталонные модели болезней для конкретных пациентов с долгосрочной хроникой.

Предлагаемое решение 0-го ранга. Структурная модель предлагаемого решения 0-го ранга – на рис. 4, а фрагмент его алгоритмической модели, соответствующий рабочему режиму (с дообучением) – на рис. 5. При этом режим обучения изменению не подлежит.

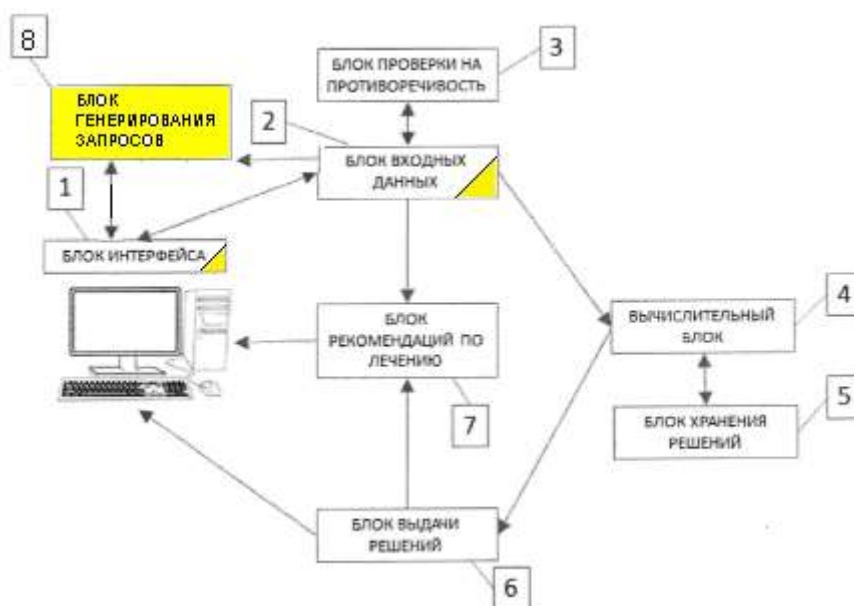


Рис. 4. Структурная модель предлагаемого решения 0-го ранга

Здесь и далее полная заливка изображения структурной составляющей или действия обозначает отсутствие в прототипе, а заливка в правом нижнем углу – видоизменение по сравнению с прототипным вариантом

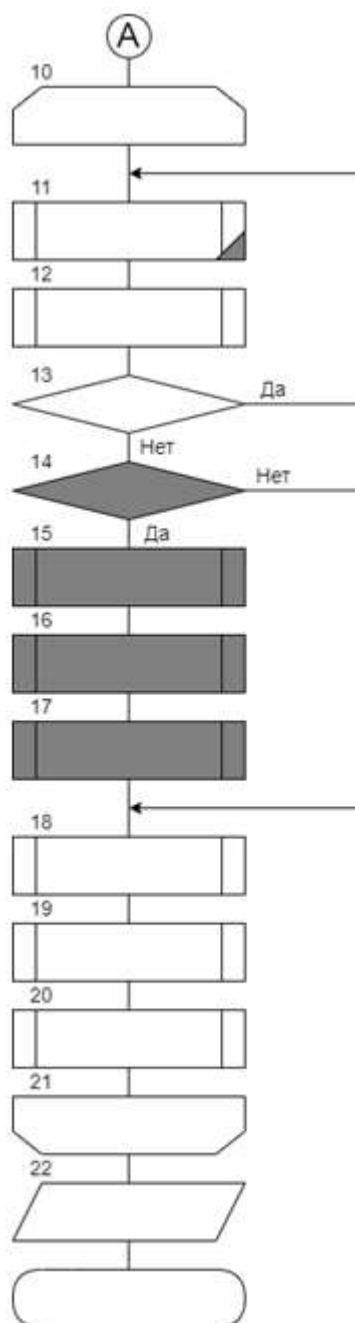


Рис. 5. Фрагмент алгоритмической модели предлагаемого решения
0-го ранга, соответствующий рабочему режиму

10 и 21 – соответственно, начало и конец цикла по пациентам; 11 – прием истории лечения текущего пациента (с блока интерфейса на блок входных данных) и ее анализ на присутствие долгосрочной хроникой (с помощью блока входных данных); 12 – сопоставление истории лечения текущего пациента с соответствующей эталонной моделью болезней (с помощью блока проверки на противоречивость); 13 – «Обнаружены противоречия при сопоставлении?»; 14 – «Требуется ли формирование индивидуальной (для текущего пациента) эталонной модели болезней?»; 15 – генерирование запросов по проблемной ситуации, связанной с длительной хроникой у текущего пациента (с помощью блока генерирования запросов); 16 – прием ответов на запросы (с блока интерфейса на блок входных данных); 17 – вычленение индивидуальной (для текущего пациента) эталонной модели болезней на основании полученных ответов (с помощью блока входных данных); 18 – вероятностное оценивание возможных диагнозов для текущего пациента (с помощью вычислительного блока

и при обмене информацией с блоком хранения решений); 19 – выдача решения по диагностике для текущего пациента (с помощью блока выдачи решений); 20 – формирование и выдача решения по схеме лечения текущего пациента (с помощью блока рекомендаций по лечению); 22 – итоги работы (решения по диагностике и рекомендации по схемам лечения для имеющихся пациентов

Прототип 1-го ранга и предлагаемое решение для блока генерирования запросов

Аналоги 1-го ранга и их сопоставление. В качестве аналогов 1-го ранга были рассмотрены генераторы запросов (в любой форме) по развивающимся проблемным ситуациям: система поддержки разрешения проблемных ситуаций, основанная на управлении факторами [13] и генераторы запросов в составе систем улучшения клинической документации (CDI) [9,10]. Аналоги 1-го ранга были сопоставлены по критериям:

- 1) представительности классов рассматриваемых проблемных ситуаций;
- 2) возможности генерирования естественно-языковых запросов.

Варианты [9,10] работают исключительно с описаниями проблемных ситуаций, связанных с болезнями и процессом лечения, а вариант [13] – с более широким классом. Однако, введение системы [13] в надсистему [8] автоматически приводит к сужению класса рассматриваемых ситуаций до того, с которым работают [9,10]. Таким образом, ни один из аналогов 1-го ранга не имеет приоритета по критерию 1.

Вариант [13] генерирует лишь формализованные семантические запросы [14], согласно которым которые можно обслужить, например, с помощью расширенного поиска в WWW [15], однако человек (медэксперт) может оказаться не в состоянии дать достаточно полный ответ. Что касается [9,10], то они используют модельные описания [14,16] болезней, представимых в виде процессов [17], что в соответствии с [14] приводит к генерированию все тех же формализованных семантических запросов.

Тем не менее вариант [13] имеет незначительный (нечеткий) приоритет по критерию 2. В его основе:

- присутствие в составе [13] структурной составляющей, отрабатывающей управление переводом интересующего объекта или субъекта (в данном случае пациента) в новое качество (на модели) [11];
- выдвинутая в [11] гипотеза о возможности генерирования естественно-языковых запросов по проблемным ситуациям с помощью отработки указанного управления.

Прототип 1-го ранга. В соответствии со сказанным выше в качестве прототипа 1-го ранга выбрана система поддержки разрешения проблемных ситуаций, основанная на

управлении факторами [13]. Структурная и алгоритмическая модели прототипа 1-го ранга, восстановленные по его описанию, – на рис., соответственно, 6 и 7.

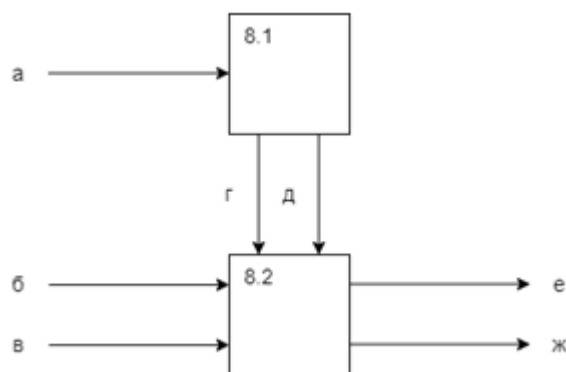


Рис. 6. Структурная модель прототипа 1-го ранга

8.1 - узел автоматического понимания текстов [18]; 8.2 – узел отработки управления переводом в новое качество; а – текст поэтапного описания ситуации (в нашем случае текстовая часть истории лечения по совокупности этапных эпикризов); б – данные для оценивания разрешенности ситуации [11] по этапам; в – данные для целеполагания [11] (в нашем случае – для конкретизации требуемого качества состояния пациента); г – ранжированный словарь терминов исходного (по совокупности этапов) текста; д – семантические сети терминов [12-20] по совокупностям этапов*); е – требуемое приращение полной семантической сети [13] исходного текста; ж – формализованные семантические запросы по имеющейся ситуации

*) Имеются в виду семантические сети сначала для описания этапа 1, затем для совокупного описания этапов 1 и 2, затем для 1 – 3 и т.д. вплоть до полной (по совокупности всех этапов) семантической сети исходного текста

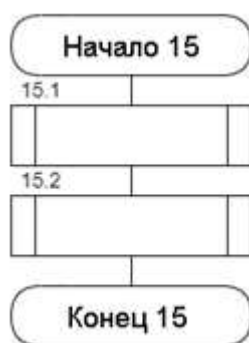


Рис. 7. Алгоритмическая модель прототипа 1-го ранга

15.1 – автоматическое понимание рассматриваемого текста описания ситуации (в нашем случае болезни и процесса лечения) с учетом этапов; 15.2 – отработка управления переводом интересующего объекта или субъекта (в нашем случае пациента) в новое качество с формированием формализованных семантических запросов по ситуации

Как отмечено выше, недостаток прототипа 1-го ранга – отсутствие функции генерирования естественно-языковых запросов. В то же время в [11] выдвинута гипотеза, согласно которой этот недостаток может быть преодолен, но конкретный путь не указан.

Гипотеза о предлагаемом решении 1-го ранга. Семантические структуры [12,18-20] естественно-языковых запросов по имеющейся ситуации и их участки локализации [12,18-20] в тексте ее описания могут быть выведены [21] из семантических структур (включая участки локализации), обнаруженных в ходе автоматического понимания указанного текста, при известном требуемом приращении его семантической сети.

Замечание. При выдвижении указанной гипотезы учтено положение [19] о возможности вывода семантической структуры ответа на естественно-языковый запрос (нам же предстоит сформировать семантические структуры генерируемых запросов по описанию ситуации).

Пример. По семантической структуре (рис. 8) и участку ее локализации с текстом «Было проведено дополнительное обследование: осмотр глазного дна и повторная (после больницы) рентгенография черепа; диагноз: остаточные явления инфекции нервной системы» может быть сформулирован запрос «Как по рентгенограмме черепа был установлен диагноз «Остаточные явления инфекции нервной системы»?».

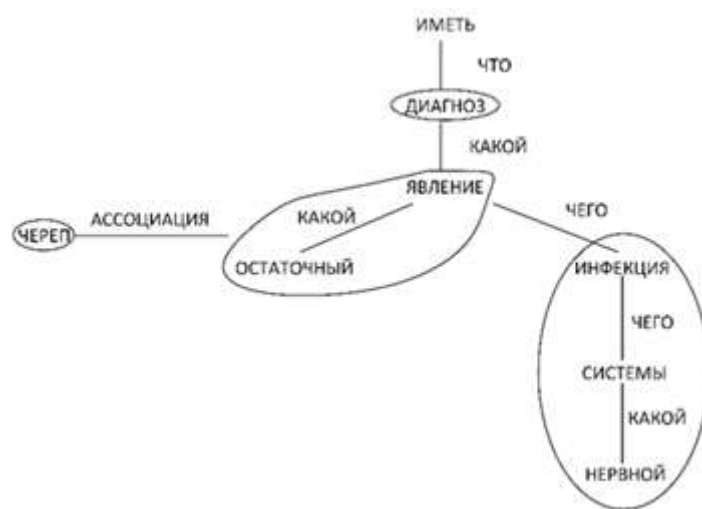


Рис. 8. Пример семантической структуры запроса по ситуации
Обведены простые и составные ключевые термины

Предлагаемое решение 1-го ранга. Структурная и алгоритмическая модели предлагаемого решения 1-го ранга приведены на рис., соответственно, 9 и 10.

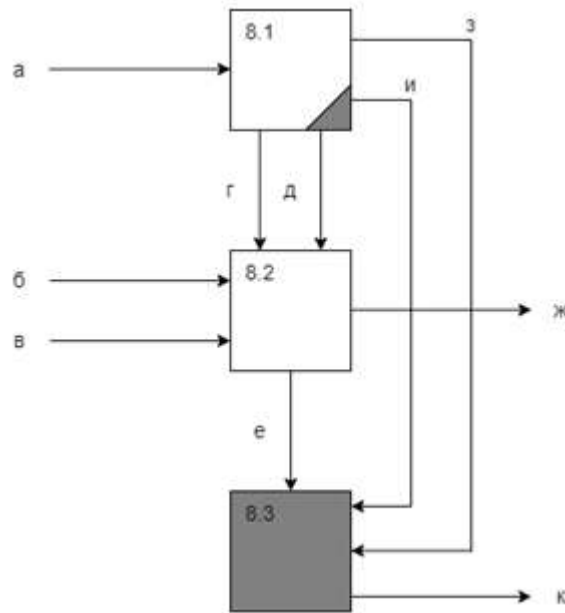


Рис. 9. Структурная модель предлагаемого решения 1-го ранга

8.1 - узел автоматического понимания текстов; 8.2 – узел отработки управления переводом в новое качество; 8.3 – узел вывода на семантических структурах а – текст поэтапного описания ситуации (в нашем случае текстовая часть истории лечения по совокупности этапных эпикризов); б – данные для оценивания разрешенности ситуации по этапам; в – данные для целеполагания (в нашем случае – для конкретизации требуемого качества состояния пациента); г – ранжированный словник терминов исходного (по совокупности этапов) текста; д – семантические сети терминов по совокупностям этапов; е – требуемое приращение полной семантической сети исходного текста; ж – формализованные семантические запросы по имеющейся ситуации); з – препарированный (в виде таблицы предложений с указанием этапов) текст описания ситуации; и – семантические структуры (с участками локализации), обнаруженные в тексте описания ситуации; к – семантические структуры (с участками локализации в исходном тексте) естественно-языковых запросов по ситуации

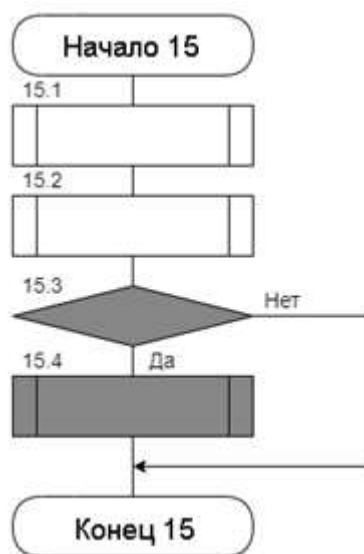


Рис. 10. Алгоритмическая модель предлагаемого решения 1-го ранга

15.1 – автоматическое понимание рассматриваемого текста описания ситуации с учетом этапов; 15.2 – отработка управления переводом интересующего объекта или субъекта в новое качество с формированием формализованных семантических запросов по ситуации;

15.3 – «Требуются естественно-языковые запросы по ситуации?»; 15.4 – вывод семантических структур естественно-языковых запросов по имеющейся ситуации (включая участки локализации в тексте ее описания)

Замечание. Далее следует предложить решение по способу вывода на семантических структурах.

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного исследования:

- проведен литературно-аналитический обзор по компьютерным помощникам решения задачи ведения долгосрочных хронических состояний, в ходе которого сформирован пакет аналогов 0-го ранга;
- аналоги 0-го ранга сопоставлены по выбранным критериям;
- в качестве прототипа 0-го ранга выбрана автоматическая система поддержки медицинских решений при сочетанной патологии;
- по описанию прототипа 0-го ранга (включая его структурную модель) восстановлена алгоритмическая модель;
- дана критика прототипа 0-го ранга и выдвинуты гипотезы о предлагаемом решении того же ранга, требующие, в свою очередь, разработки блока генерирования запросов по развивающимся проблемным ситуациям;
- проведен литературно-аналитический обзор описаний генераторов запросов по развивающимся проблемным ситуациям, в ходе которого сформирован пакет аналогов 1-го ранга;
- аналоги 1-го ранга сопоставлены по выбранным критериям;
- в качестве прототипа 1-го ранга выбрана система поддержки разрешения проблемных ситуаций, основанная на управлении факторами;
- по описанию прототипа 1-го ранга восстановлены его структурная и алгоритмическая модели;
- дана критика прототипа 1-го ранга и выдвинута гипотеза о предлагаемом решении того же ранга, требующая, в свою очередь, разработки способа вывода на семантических структурах.

В результате создана база для развития IT-поддержки медицинских решений при сочетанной патологии, за счет которого она должна оказаться способной строить эталон-

ные модели болезней для конкретных пациентов с долгосрочной хроникой (наряду с универсальной моделью и моделями по отраслям медицины) и использовать их для уточнения диагноза, что приведет к сбережению ресурсов при ведении таких пациентов.

Список литературы

1. Новаторские методы оказания помощи при хронических состояниях: Основные элементы для действий [Электронный ресурс] / Всемирная организация здравоохранения. – URL: <https://www.who.int/chp/knowledge/publications/icccrussian.pdf> (дата обращения: 19.10.2021).
2. Мизгулин, В.В. Автоматизированная система распределенной когнитивной поддержки принятия диагностических решений в медицине: патент на изобретение [Электронный ресурс] / В.В. Мизгулин [и др.]. – URL: <https://findpatent.ru/patent/260/2609737.html> (дата обращения: 19.10.2021).
3. Тарасов, Д.С. Способ прогнозирования диагноза на основе обработки данных, содержащих медицинские знания: патент на изобретение [Электронный ресурс] / Д.С. Тарасов. – URL: <https://findpatent.ru/patent/272/2723674.html> (дата обращения: 19.10.2021).
4. Тулипано, П. Системы поддержки клинических решений с внешним контекстом: патент на изобретение [Электронный ресурс] / П. Тулипано [и др.]. – URL: <https://findpatent.ru/patent/254/2541198.html> (дата обращения: 19.10.2021).
5. Буассел, Ж.-П. Компьютерная система для прогнозирования результатов лечения: патент на изобретение [Электронный ресурс] / Ж.-П. Буассел. – URL: <https://edrid.ru/rid/217.015.7e8a.html> (дата обращения: 19.10.2021).
6. MYCIN [Электронный ресурс] / Википедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MYCIN> (дата обращения: 15.12.2021).
7. МЕДАИ [Электронный ресурс] – URL: <https://medai.ru/> (дата обращения: 15.12.2021).
8. Богданов, М.Б. Автоматическая система поддержки медицинских решений при сочетанной патологии: патент на изобретение [Электронный ресурс] / М.Б. Богданов. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2698007C1_20190821 (дата обращения: 19.10.2021).
9. Вербек, А.А.М. Поддержка принятия решений об устранении ошибок в клинической документации: патент на изобретение [Электронный ресурс] / А.А.М. Вербек – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2606050C2_20170110 (дата обращения: 26.02.2022).
10. D'Souza, G. Medical coding system with CDI clarification request notification: патент США [Электронный ресурс] / G. D'Souza, D. Sarkar. – URL: <https://patents.google.com/pa->

- t/US11101024B2/en?q=Medical+coding+system+with+CDI+clarification+request+notification&oq=Medical+coding+system+with+CDI+clarification+request+notification (дата обращения: 31.01.2022).
11. *Ткаченко, Т.Я.* Инструментальная среда системотехнического обслуживания сложных объектов / Т.Я. Ткаченко. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2002. – 203с.
 12. *Гольдштейн, С.Л.* Разрешение проблемных ситуаций при поддержке систем, основанных на знаниях: учеб. пособие / С.Л. Гольдштейн, А.Г. Кудрявцев – Екатеринбург, ИД «Пироговъ», 2006. – 218 с.
 13. *Булдакова, А.А.* Развитие системы поддержки разрешения проблемных ситуаций, основанной на управлении факторами / А.А. Булдакова, А.Г. Кудрявцев // Физика. Технологии. Инновации: сборник научных трудов. - Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 220 – 223.
 14. *Leopold, H.* Searching textual and model-based process descriptions based on a unified data format / H. Leopold [и др.]. // Software & Systems Modeling. 18, 1179 – 1194 (2019). – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10270-017-0649-y> (дата обращения: 19.10.2021).
 15. Inspert. Конструктор комбинаторных поисковых запросов [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lib.tsu.ru/inspert/about_project.htm (дата обращения: 19.10.2021).
 16. Зачем нужна обработка естественного языка в медицине: современные задачи и вызовы [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/company/docplus/blog/411123/> (дата обращения: 31.01.2022).
 17. Модель представления знаний с помощью семантических сетей [Электронный ресурс]. – URL: <http://audioakustika.ru/node/1090> (дата обращения: 31.01.2022).
 18. *Леонтьева, Н.Н.* Автоматическое понимание текстов: системы, модели, ресурсы: учеб. пособие / Н.Н. Леонтьева. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с. – URL: https://www.academia-moscow.ru/ftp_share/books/fragments/fragment_18421.pdf (дата обращения: 19.10.2021).
 19. *Попов, Э.В.* Общение с ЭВМ на естественном языке / Э.В. Попов. – Москва: Наука, 1982. – 360 с.
 20. *Романов, А.Н.* Советующие информационные системы в экономике: учеб. пособие для вузов / А.Н. Романов, Б.Е. Одинцов. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 487 с.
- Аверкин, А.Н.* Толковый словарь по искусственному интеллекту [Электронный ресурс] / А.Н. Аверкин [и др.]. – URL: <http://www.raai.org/library/tolk/aivoc.html> (дата обращения: 31.01.2022).