

© Гольдштейн С.Л.

## **О МОДИФИКАЦИИ СПОСОБА ВЫВОДА НА СЕМАНТИЧЕСКИХ ГРАФАХ ДЛЯ ИТ-ПОДДЕРЖКИ РЕШЕНИЙ ПО ДОЛГОСРОЧНЫМ ХРОНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЯМ**

**Гольдштейн С.Л.<sup>1</sup>, Кудрявцев А.Г.<sup>1</sup>, Моторин В.С.<sup>1</sup>**

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

**Резюме.** Рассмотрены пакет аналогов для способа вывода на семантических графах, выбранный прототип и предложенное решение по его модификации с целью генерирования естественно-языковых запросов по сложным клиническим ситуациям.

**Ключевые слова:** вывод, семантический граф, естественно-языковый запрос, ситуация.

### **About modification of the method of conclusion on semantic graphs for IT-support of decisions on long-term chronic conditions**

Goldshtein S.L.<sup>1</sup>, Kudryavtsev A.G.<sup>1</sup>, Motorin V.S.<sup>1</sup>

**Summary.** A package of analogues for the conclusion method on semantic graphs, the selected prototype and the proposed solution for its modification in order to generate natural language queries for complex clinical situations are considered.

**Key words:** conclusion, semantic graph, natural language query, situation.

### **Введение**

Актуальность задачи ведения долгосрочных хронических состояний отмечена в докладе Всемирной организации здравоохранения [1]. Для ее решения может быть использована, например, автоматическая система поддержки медицинских решений при сочетанной патологии [2], включая развитый нами вариант [3] с генератором [4] формализованных семантических запросов [5] по проблемным ситуациям [6,7] в своем составе. По замыслу [3] запросы нужны для оперативного дообучения соответствующей системы в рабочем режиме с построением индивидуальных эталонных моделей болезней [2] для пациентов с долгосрочной хроникой, что, в свою очередь, должно привести к сбережению ресурсов при лечении. Однако формализованные семантические запросы рассчитаны прежде всего на

расширенный поиск в WWW [8], а медэксперт, обучающий систему, может оказаться не в состоянии дать достаточно полный ответ. Таким образом, актуальна подзадача развития генератора [4] с добавлением функции формирования естественно-языковых запросов.

В [3] нами выдвинута гипотеза о возможности реализации данной функции путем добавления в [4] машины вывода [9,10] на семантических графах [4,5,7,11-17], локализованных в тексте [7,12] описания ситуации. В настоящей статье предложен способ вывода, позволяющий генерировать естественно-языковые запросы с помощью развитого варианта [4].

### **Прототип и предлагаемое решение для способа вывода на семантических графах**

Аналоги. В ходе проведенного литературно-аналитического обзора были рассмотрены способы вывода на семантических графах, независимо от учета их локализации в исходном тексте:

- для формирования ответов на естественно-языковые запросы [11,12];
- для пополнения семантических сетей [13-15];
- для построения моделей процессов [5,16] и запросов [5];
- для построения моделей ситуационного управления [17].

Прототип. В качестве прототипа выбран способ вывода на семантических графах для построения моделей запросов [5]. Алгоритмическое описание выбранного способа – на рис. 1, а структура исполнителя соответствующего алгоритма – на рис. 2.

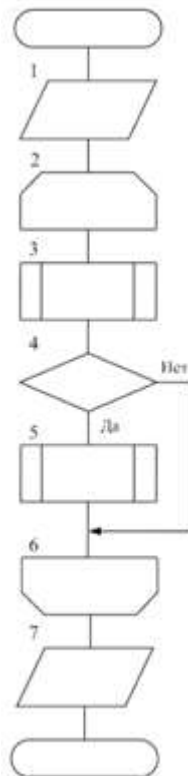


Рис. 1. Алгоритмическое описание прототипного способа

1 – исходные семантические графы; 2 и 6 – соответственно, начало и конец цикла по типовым транзитивным семантическим отношениям [5]; 3 – выбор пар терминов, принадлежащих текущему отношению, и анализ возможности его распространения\*); 4 – «Возможно распространение текущего отношения\*)?»; 5 – вывод [10] на множестве пар терминов путем распространения текущего отношения\*); 7 – выведенные графы формализованных семантических запросов

\*) Распространение транзитивного отношения – добавление в множество рассматриваемых пар элементов пары вида  $(a,c)$  при условии присутствия в нем пар  $(a,b)$  и  $(b,c)$ , принадлежащих рассматриваемому отношению; геометрически может быть проинтерпретировано как сцепление связующих звеньев  $a-b$  и  $b-c$  по вершине  $b$

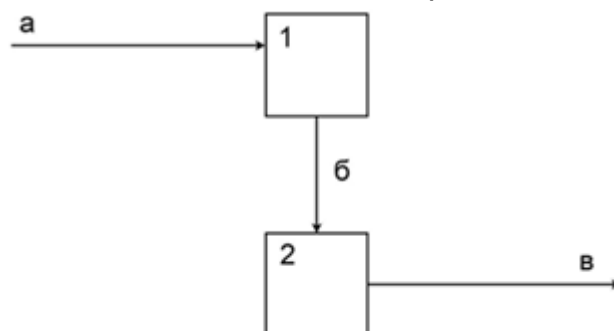


Рис. 2. Структура исполнителя прототипного способа

1 – подсистема выбора фактов [9,12]; 2 – подсистема применения правила [9,12]; а – исходные семантические графы (в качестве фактов); б – семантические графы, отбираемые для вывода (т.е. применения правила); в – выведенные графы формализованных семантических запросов

Недостатки прототипа: ориентация на исполнителя, не содержащегося в [4] и не способного генерировать естественно-языковые запросы, и, как следствие, – игнорирование информации об участках локализации семантических графов.

Предлагаемое решение. Алгоритмическое описание предлагаемого способа – на рис.

3.

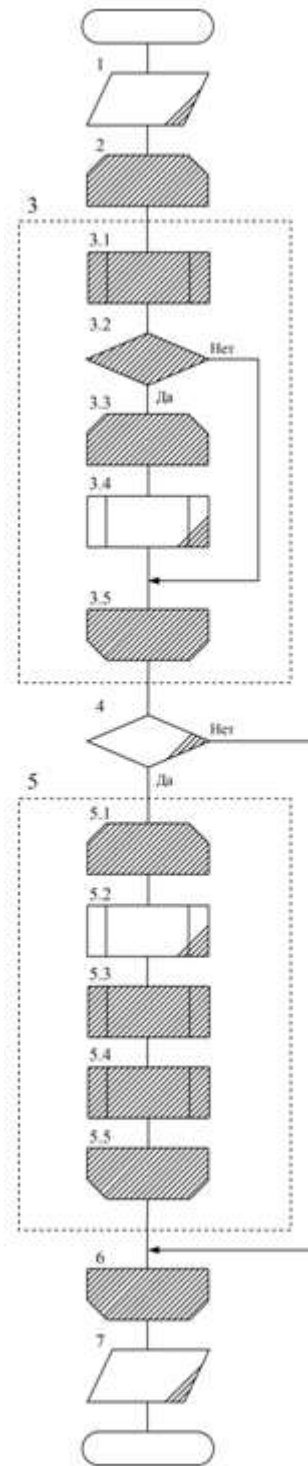


Рис. 3. Алгоритмическое описание предлагаемого способа

1 – исходные данные (локализованные семантические графы, текст описания ситуации, препарированный в виде таблицы предложений с указанием абзацев [3], и требуемое приращение семантической сети [3]<sup>\*)</sup> указанного текста); 2 и 6 – соответственно, начало и конец цикла по связям из требуемого приращения семантической сети; 3 – выбор фактов для применения правила (с декомпозицией: 3.1 – выбор дуального ассоциативного локализованного семантического графа [7,12], совпадающего с текущей требуемой связью<sup>\*)</sup>); 3.2 – «Нашелся требуемый дуальный граф?»; 3.3 и 3.5 – соответственно, начало и конец цикла по участкам локализации найденного графа в тексте описания ситуации; 3.4 – выбор дуальных семантических графов, локализованных на текущем участке или строго внутри него, и древовидных графов предложений [12], входящих в текущий участок); 4 – «Удался выбор фактов для применения правила?»; 5 – применение правила к выбранным фактам (с декомпозицией: 5.1 и 5.5 – соответственно, начало и конец цикла по участкам локализации дуального графа, найденного на этапе 3.1; 5.2 – соединение дуальных и древовидных графов<sup>\*\*)</sup>, локализованных на текущем участке или строго внутри него; 5.3 – выбор окончательного варианта комбинированного графа, включая указание основного древовидного подграфа<sup>\*\*)</sup>); 5.4 – удаление лишних элементов<sup>\*\*\*)</sup> из древовидных подграфов полученного графа, не являющихся основными); 7 – выведенные комбинированные графы естественно-языковых запросов и их участки локализации<sup>\*\*\*)</sup> в тексте описания ситуации; здесь и далее сплошная заливка алгоритмического этапа или структурной составляющей означает отсутствие в прототипе, а заливка в правом нижнем углу – видоизменение прототипного варианта

<sup>\*)</sup> В соответствии с [3,7] связи, входящие в требуемое приращение семантической сети, могут исходно присутствовать в ней в виде нечетких ассоциаций [7,12,18], но при этом требуется четкое присутствие, например, сосуществование связанных терминов в одном предложении

<sup>\*\*)</sup> См. замечание 1 ниже

<sup>\*\*\*)</sup> По построению выведенные комбинированные графы естественно-языковых запросов локализованы на тех же участках, что и дуальные ассоциативные графы, совпадающие со связями из требуемого приращения семантической сети текста описания ситуации

*Замечание 1.* Принцип соединения дуальных и древовидных семантических графов проиллюстрирован на рис. 4.

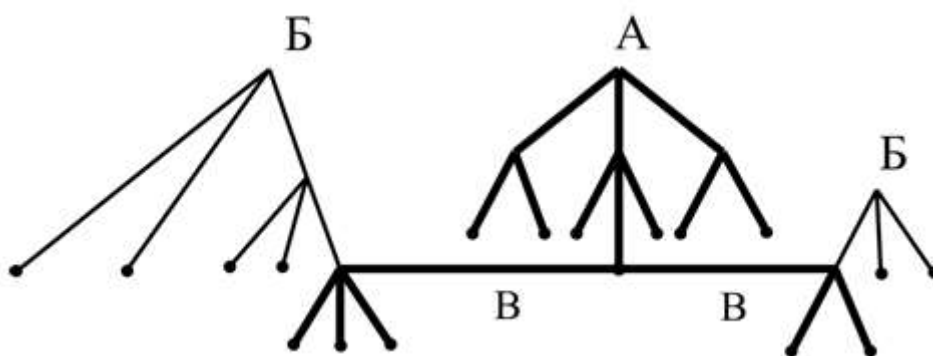


Рис. 4. Принцип соединения дуальных и древовидных семантических графов

А – основной древовидный подграф; Б – прочие древовидные подграфы; В – дуальные подграфы; жирные линии и точки соответствуют элементам, не подвергнутым удалению на этапе 5.4 (показанном на предыдущем рисунке)

*Замечание 2.* Принцип формирования естественно-языковых запросов по семантическим графам и участкам их локализации проиллюстрирован ниже (в таблице 3).

Структура исполнителя предлагаемого способа показана на рис. 5.

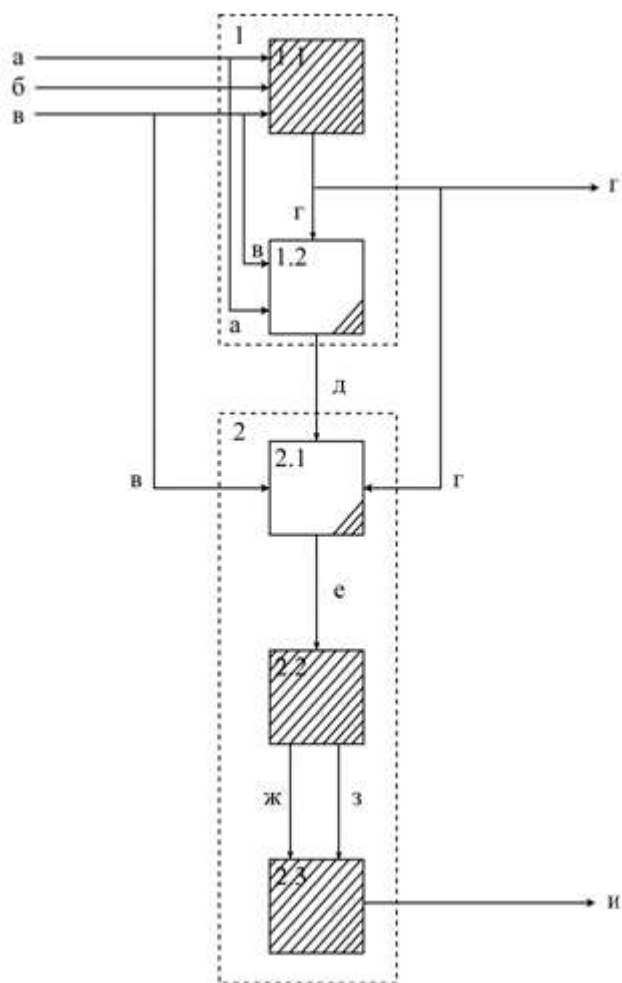


Рис. 5. Структура исполнителя предлагаемого способа

1 – блок выбора фактов (с декомпозицией: 1.1 – узел нахождения локализаций семантических графов запросов; 1.2 – узел выбора семантических графов с заданной локализацией); 2 – блок применения правила (с декомпозицией: 2.1 – узел соединения семантических графов; 2.2 – узел выбора окончательных вариантов; 2.3 – узел удаления лишних элементов); а – исходные локализованные семантические графы; б – требуемое приращение семантической сети текста описания ситуации; в – препарированный (в виде таблицы предложений с указанием абзацев) текст описания ситуации; г – участки локализации будущих семантических графов естественно-языковых запросов; д – семантические графы, выбираемые для вывода; е – выведенные комбинированные семантические графы; ж – семантические графы, выбранные (из множества выведенных) для запросов; з – древовидные подграфы выбранных семантических графов, объявляемые основными; и – семантические графы запросов

### Пример реализации предлагаемого решения

Был выбран следующий текст описания ситуации, сформированный по истории болезни:

*Этап 1. Появились давящие головные боли и ухудшился сон (в значительной мере из-за болей). В одну из ночей (точнее, с утра) боль усилилась настолько, что пришлось вызывать скорую помощь. Был обнаружен гипертонический криз. Дали папазол и увезли в городскую больницу № 7, где был поставлен диагноз «Юношеская гипертония». Поскольку давление значительно снизилось (оказалось чуть выше нормы) после приема папазола, больной был отправлен под наблюдение врачей по месту жительства, где, в свою очередь был назначен курс лечения папазолом.*

*Этап 2. Курс лечения папазолом не принес существенного улучшения, и больной был направлен на консультацию в неврологическое отделение больницы № 40, где было обнаружено ярко выраженное нарушение рефлексов, типичное для инфекции нервной системы. Диагноз был соответствующим образом изменен, а больной госпитализирован. Курс лечения (помимо всестороннего обследования): пенициллин и прозерин. После проведенного лечения больной был выписан домой при заметном улучшении состояния.*

*Этап 3. Улучшение длилось недолго. Появились существенное головокружение и вегето-сосудистые расстройства. Больной вновь обратился за помощью в поликлинику по месту жительства.*

*Этап 4. Был назначен курс лечения беллоидом и успокаивающими средствами. Было проведено дополнительное обследование: осмотр глазного дна и повторная (после больницы № 40) рентгенография черепа. Диагноз: «Остаточные явления инфекции нервной системы». После курса лечения состояние больного немного улучшилось, однако головокружение сохранилось.*

*Этап 5. Курс лечения был продолжен с заменой беллоида на раунатин. Существенного улучшения не последовало.*

*Этап 6. Больной был направлен на консультацию в больницу СМП (тогда № 1), где имеющийся диагноз был подвергнут сомнению и возвращен самый первый («Юношеская гипертония»). Прописанный курс лечения (винкапан и мепробамат) не привел к улучшению. Наоборот, вернулись вегето-сосудистые расстройства и усилилось головокружение.*

*Этап 7. Повторная консультация в неврологическом отделении. По результатам проведенного раннего обследования сделано предположение о повышенном внутричерепном давлении, что подтвердило обследование, проведенное на данном этапе. Сделано также предположение о весьма вероятном остаточном воспалительном процессе. Диагноз –*



*вновь «Остаточные явления инфекции нервной системы». Прописан курс лечения: гипоти- азид, ФИБС и витамин В12. Также предписано при отсутствии существенного улучшения внутривенное вливание плазмы крови.*

*Этап 8. Курс лечения, прописанный на предыдущем этапе, и даже продолженный в измененном виде (фуросемид, алоэ, лидаза, церебролизин) не принес существенного улучшения. Принято решение о лечении плазмой крови. Диагноз прежний.*

*Этап 9. После проведенного лечения плазмой крови состояние больного улучшилось настолько, что он устроился на работу и стал серьезно думать о поступлении в вуз. Диагноз прежний.*

*Этап 10. Внезапное резкое ухудшение состояния здоровья больного с возвращением головных болей и головокружения. Пришлось уволиться с работы и отложить на год вопрос о поступлении в вуз. Врачи посоветовали спазмолитические и болеутоляющие (аспирин) средства. Диагноз прежний.*

*Этап 11. После назначенного лечения – вновь резкое и на этот раз стабильное улучшение. В целом состояние больного – лишь удовлетворительное, но не мешающее возобновить подготовку и поступить в вуз (на фоне продолжения приема медикаментов по мере надобности). Диагноз прежний.*

В тексте 50 предложений. Их распределение по абзацам (соответствующим описаниям этапов) – в таблице 1.

*Таблица 1*  
Распределение предложений текста по абзацам

Номер абзаца	Номера предложений
1	1 - 6
2	7 - 11
3	12 - 15
4	16 - 20
5	21 - 23
6	24 - 27
7	28 - 34
8	35 - 38
9	39 - 41
10	42 - 46
11	47 - 50

Связи, входящие в требуемое приращение семантической сети исходного текста – в таблице 2.



Таблица 2

Связи, входящие в требуемое приращение семантической сети исходного текста

Номер связи	Термин 1	Термин 2
1	Череп (Внутричерепное давление)	Диагноз
2	Остаточные явления	Череп (Внутричерепное давление)
3	Череп (Внутричерепное давление)	Инфекция нервной системы
4	Головокружение	Диагноз
5	Головокружение	Инфекция нервной системы
6	Череп (Внутричерепное давление)	Головокружение

С помощью предлагаемого решения были сгенерированы локализованные семантические графы естественно-языковых запросов, а затем сформулированы сами запросы. При их обработке с помощью WWW нашли документы, содержащие рекомендации по уточнению диагноза (таблица 3).

### Результаты и обсуждение

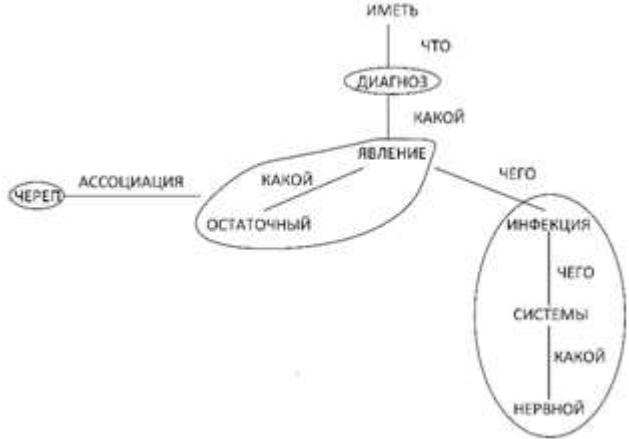

В ходе проведенного исследования:

- проведен литературно-аналитический обзор по способам вывода на семантических графах, в ходе которого сформирован пакет аналогов;
- в качестве прототипа выбран способ вывода, используемый для построения моделей запросов;
- по описанию прототипа восстановлены его алгоритмическое представление и структурная модель исполнителя;
- дана критика прототипа и предложено решение по его модификации;
- рассмотрен пример реализации предлагаемого решения.

В результате подтверждена гипотеза о возможности формирования естественно-языковых запросов по ситуациям, связанным с долгосрочной хроникой, с помощью ранее развитой автоматической системы поддержки медицинских решений при сочетанной патологии. За счет этого рассматриваемая система оказывается способной 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 направлено на сбережение ресурсов при ведении таких пациентов.

Таблица 3

Выведенные семантические графы, сгенерированные по ним запросы и полученные рекомендации

Номера предложений	Выведенный граф запроса	Формулировка запроса	Выявляемые связи	Найденные рекомендации по диагностике
1	2	3	4	5
18-19		<p>Как по состоянию черепа был установлен диагноз «Остаточные явления инфекции нервной системы»?</p>	<p>Череп (внутричерепное давление) – инфекция нервной системы; остаточные явления – череп (внутричерепное давление)</p>	<p>Менингит</p>
19-20		<p>Свидетельствует ли головокружение о диагнозе «Остаточные явления инфекции нервной системы»?</p>	<p>Головокружение – диагноз; головокружение – инфекция нервной системы</p>	<p>Арахноидит, менингит</p>



1	2	3	4	5
30-32		<p>Свидетельствует ли внутричерепное давление на фоне остаточного воспалительного процесса о диагнозе «Остаточные явления инфекции нервной системы»?</p>	<p>Череп (внутричерепное давление) – диагноз; остаточные явления – череп (внутричерепное давление); череп (внутричерепное давление) – инфекция нервной системы</p>	–
30-32		<p>Свидетельствует ли предположение о повышенном внутричерепном давлении об остаточном воспалительном процессе, вызванном инфекцией нервной системы?</p>	<p>Череп (внутричерепное давление) – инфекция нервной системы</p>	Арахноидит

Обведены простые и составные термины из вершин требуемого приращения семантической сети исходного текста

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. *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](https://yandex.ru/patents/doc/RU2698007C1_20190821) (дата обращения: 19.10.2021).
3. *Гольдштейн, С.Л.* О развитии автоматической системы поддержки медицинских решений при сочетанной патологии / С.Л. Гольдштейн, А.Г. Кудрявцев, П.В. Малышев // (статья в этом журнале)
4. *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.
5. *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).
6. *Ткаченко, Т.Я.* Инструментальная среда системотехнического обслуживания сложных объектов / Т.Я. Ткаченко. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «УГТУ-УПИ», 2002. – 203с.
7. *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.
8. InSpert. Конструктор комбинаторных поисковых запросов [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.lib.tsu.ru/inspert/about\\_project.htm](http://www.lib.tsu.ru/inspert/about_project.htm) (дата обращения: 19.10.2021).
9. *Попов, Э.В.* Статические и динамические экспертные системы / Э.В. Попов [и др.]. – Москва: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
10. *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).
11. *Попов, Э.В.* Общение с ЭВМ на естественном языке / Э.В. Попов. – Москва: Наука, 1982. – 360 с.

12. *Романов, А.Н.* Советующие информационные системы в экономике: учеб. пособие для вузов / А.Н. Романов, Б.Е. Одинцов. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 487 с.
13. *Кононенко, А.В.* Метод формирования семантической сети для описания связей между фактами / А.В. Кононенко, А.Т. Миргалеев // Инновации в информационно-аналитических системах: сб. науч. трудов, 2013. Вып. 5. С. 55 – 65. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-formirovaniya-semanticheskoy-seti-dlya-opisaniya-svyazey-mezhdu-faktami/viewer> (дата обращения: 12.02.2020).
14. *Раговский, А.П.* Метод дедуктивного вывода на семантических сетях концептуальных объектов // Программные продукты и системы, 2011. № 2. С. 19 – 25. – URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=2754> (дата обращения: 04.03.2020).
15. Семантические сети [Электронный ресурс]. – URL: <https://studizba.com/lectures/10-informatika-i-programmirovanie/302-iskusstvennyy-intellekt/4023-55-semanticheskie-seti.html> (дата обращения: 04.03.2020).
16. Модель представления знаний с помощью семантических сетей [Электронный ресурс]. – URL: <http://audioakustika.ru/node/1090> (дата обращения: 04.03.2020).
17. *Поспелов, Д.А.* Ситуационное управление. Теория и практика / Д.А. Поспелов. – Москва: URSS, 2021. – 288 с.
18. *Коньшева, Л. К.* Основы теории нечетких множеств: учеб. пособие / Л.К. Коньшева, Д.М. Назаров. – Санкт-Петербург: Питер, 2011. – 192 с.