

Г.В. Каныгин, О.В. Кононова

Исследование возможностей технологий Industry 4.0 для выражения неявного знания в сети Интернет

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Каныгин Г.В., Кононова О.В. Исследование возможностей технологий Industry 4.0 для выражения неявного знания в сети Интернет // Научный сервис в сети Интернет: труды XXII Всероссийской научной конференции (21-25 сентября 2020 г., онлайн). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2020. — С. 286-306.

<https://doi.org/10.20948/abrau-2020-30>

<https://keldysh.ru/abrau/2020/theses/30.pdf>

Видеозапись выступления

Исследование возможностей технологий Industry 4.0 для выражения неявного знания в сети Интернет

Г.В. Каныгин¹, О.В. Кононова^{2,1}

¹ *СИ РАН-филиал ФНИСЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия*

² *Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация. Industry 4.0 – это постоянно расширяющийся набор дополняющих друг друга технологий и одновременно система социальных взаимодействий людей посредством технологий. Узким местом развития Industry 4.0 является нестыковка, с одной стороны, осмысленной работы со знанием, выполняемой человеком с помощью естественного языка. С другой, - процедур машинного представления информации и оперирования ею. В качестве перспективного способа преодоления этой нестыковки посредством умных технологий в статье проанализировано их возможное развитие на основе концепции дуального знания Полани. Выполнен анализ исследовательских позиций, использующих представления о дуальном знании. Подчеркнута важность учета особенностей применения естественного языка в качестве прагматического способа выражения неявного знания акторами умных технологий. Предложен механизм визуального связывания (МВС) естественно-языковых высказываний при выражении неявного знания акторами умной технологии. МВС позволяет создать компьютерные методы, которые ассистируют человеку в «спиральном» процессе экспликации неявного знания и согласования своих суждений со знанием других людей. В статье объяснено функционирование МВС на примере выражения обыденного знания человека.

Ключевые слова: Industry 4, ИКТ, человеко-машинное взаимодействие, моделирование социальных процессов, неявное знание, визуальное представление информации

Exploring Industry 4.0 Technology for Expressing Implicit Knowledge on the Internet

G.V. Kanygin¹, O.V. Kononova^{2,1}

¹ *The Sociological Institute of the RAS –FCTAS RAS, St. Petersburg, Russia*

² *ITMO University, St. Petersburg, Russia*

Abstract. Industry 4.0 is an ever-expanding set of complementary technologies and at the same time a system of social interactions of people through technologies. The bottleneck in the development of Industry 4.0 is the inconsistency, on the one hand, of meaningful work with knowledge performed by humans using natural language. On the other hand, the formal operations with human utterances executed by computer. As a promising way to overcome this inconsistency, the article analyzes possibility of smart technologies development based on the concept of dual knowledge of Polanyi. There has been done an analysis of researches which touch the concept of dual knowledge and which propose methods to apply the concept in practice. The paper emphasizes the importance of taking into account the features of the use of natural language as a pragmatic way of expressing implicit knowledge by actors of smart technologies. To assist actors expressing their implicit knowledge the paper proposes a visual linking mechanism (VLM) of natural language utterances. VLM allows creating a technology that assists a person in a “spiral” process of expressing implicit knowledge and coordinates his own outcomes with the views of other people. The article explains the functioning of the VLM by the example of the expression of ordinary human knowledge.

Keywords: Industry 4, ICTs, implicit knowledge, human-machine interaction, modeling of social processes, tacit knowledge, visual representation of information

1. Введение

В настоящее время происходит обобщение основных идей «умного» подхода под названием «Индустрия 4.0» [1-3]. С одной стороны, Industry 4.0 – это конгломерат «умных объектов», взаимодействующих как часть «умных сетей». Другими словами, Industry 4.0 – это постоянно расширяющийся набор взаимно пересекающихся технологий, таких как: Интернет вещей, Интернет-сервисы, многоагентные системы, системы дополненной реальности и другие технологии с достаточной доступностью вычислительных ресурсов, инструментов связи и хранения информации [4]. Что касается умных (интеллектуальных) социальных процессов современного города, то такие процессы ассоциируются с умными городами и технологиями [5-9]. «Сейчас определение умного города трактуется экспертами неоднозначно. И все же их формулировки сходятся в одном: умный город управляется данными, а управление данными позволяет муниципальным службам повышать качество жизни населения. Данные охватывают такие сферы жизни горожан, как безопасность, транспорт, медицинские услуги, коммунальное хозяйство, благоустройство и т.д.» [8]. Социальное разнообразие города на основе Industry 4.0 можно представить, разработав архитектуру взаимодействия «умных объектов» в контексте городской среды, в которой объекты существуют и взаимодействуют с другими компонентами этой среды [9-12].

Индустрия 4.0, с другой стороны, представляет собой взаимодействие людей посредством ИКТ [7]. Dragicevic, als. [13] предложили

концептуальную модель Индустрии 4.0, представляющую в виде многоуровневой диаграммы информационное общество, функционирующее под контролем ИКТ. Модель демонстрирует динамику знаний в отрасли 4.0 в результате взаимодействия между человеком и компьютерными агентами. Однако, как отмечают сами авторы [13: с. 10], в их концептуальной модели представлен только H2M случай обмена знаниями между агентами Industry 4.0, т.е. только между человеком и компьютером.

Это означает, что из рассмотрения исключен принципиально важный акт появления в Industry 4.0 собственно информации, т.е. «кодифицированного знания» согласно А. Mahmood, als. [14], которая благодаря своей форме становится доступной для обработки «умными» сетями и объектами. С позиций дуальной концепции, на которой строится работа Dragicevic, als., появление информации может произойти только через выражение человеком своего неявного знания (см., например, Polanyi [15, 16]). H2H взаимодействие как раз означает процесс такого выражения. На практике H2H взаимодействие осуществляется человеком посредством естественного языка всеми доступными для другого человека средствами передачи смыслов – метафорами, аналогиями, словесными повествованиями [17]. Однако в явном виде H2H переход окажется выраженным носителем неявного знания в виде текста, аудиофайла, видео, др., т.е. в виде потоков символов (букв, звуков, пикселей), человеческие смыслы которых компьютерные агенты Industry 4.0 не в состоянии распознать как раз в силу отсутствия у них механизмов неявного знания. Основываясь на сравнительном обзоре литературы, Dragicevic, als [13], резюмируют: «Мы не смогли определить интегрированную структуру, которая включала бы деятельность, основанную на знаниях, как машины, так и человека».

В статье предложен подход, ориентированный на решение проблемы H2H взаимодействий и не зависящий от количества акторов-участников. Подход позволяет человеку формулировать и передавать свои неявные знания самостоятельно и независимо от других участников посредством привычного использования естественного языка, но в форме графов особого вида. Такие графы, с одной стороны, имеют содержательное обоснование в деятельности человека. С другой стороны, работа с графами, когда люди выражают свои неявные знания, создает новые возможности для концептуальной интеграции формата H2M.

Таким образом, исследовательские задачи, решаемые в рамках статьи, это, во-первых, обоснование актуальности изучения динамики взаимодействия знаний в современной ИКТ и анализ существующих научных проблем такой динамики. Во-вторых, выявление технологий и моделей, способных выразить неявное знание, продуцируемое социальными процессами. В-третьих, объяснение визуального

оригинального механизма связывания выражений на естественном языке и доказательство практической работоспособности такого механизма в том случае, когда человеку необходимо выразить свои повседневные знания в явном виде. Наша задача – продемонстрировать как неявное знание может быть фактически выражено визуально самим человеком для последующей компьютерной обработки.

2. Неявные человеческие знания как информационная основа современных ИКТ

Согласно концепциям дуального знания [15, 16, 18], широко признанным в области управления знаниями [19], основой всей информации, функционирующей в контуре современной ИКТ, являются неявные (скрытые, неэксплицитные, *tacit, implicit*) знания человека. Такое знание Dragicevic, als. [13] так: «Знание, которое укоренено (*embodied*) в человеке (т.е. оно не существует вне носителя знания (*knower*)); социально сконструировано (т.е. оно создается совместно индивидом и социально обусловленными смыслами); привязано к практике (т.е. неотделимо от взаимодействий людей); встроено в культуру и традиции общества (т.е. сформировано социально-культурной средой, в которой происходят взаимодействия носителей знания) (например, Brown & Duguid [20]; Hislop D. [21])». «Все знания имеют неявную основу» [22]. Однако и сегодня исследователи продолжают настойчивые попытки сделать идеи неявного знания методологической основой инструментальных методов управления знаниями [24, 25]. Участники современных дискуссий отмечают три взаимосвязанные ключевые особенности неявного знания человека. Во-первых, такие знания неотделимы от своего носителя [25]. Второе, индивидуализированное неявное знание фактически определяется контекстом [26, 27]. В-третьих, неявное знание трудно формализовать [27].

В отечественной литературе по управлению знаниями философской направленности, например, [28-30], анализируется категория «неявного знания» как одного из компонентов функционирования информации в социальных системах. Такой анализ не направлен на разработку методов или предложений по технологическому развитию современных ИКТ.

В работах по инженерии знаний [31-33] нет упоминания о «эзотерической» категории неявных знаний. Однако проблемы передачи человеческого опыта в информационную систему характеризуются как наиболее сложные при извлечении экспертных знаний [32]. Результатом анализа возникающих проблем, де-факто вызванных неявной формой мышления людей, являются предложения по совершенствованию технологии, например, предложения по разработке инструментов для визуализации человеческих знаний [33].

Для углубления понимания мировых и отечественных исследований по тематике неявного знания в контексте технологий были

проанализированы результаты запросов в Российской библиотеке eLibrary и в интернациональной базе научных публикаций Science Direct. Результаты графически представлены на рисунке 1. Расширенные запросы содержали термин-концепты 'implicit knowledge', 'tacit knowledge', 'неявное знание'; дополнительные запросы термин-концепты 'technology', 'технологии'. Обратили на себя несколько фактов. Первое, синонимичное и в ряде случаев одновременное использование в ряде как отечественных, так и иностранных публикаций термин-концептов 'implicit knowledge', 'tacit knowledge' без уточнения существенной разницы в употреблении. Результаты поисковых запросов в Science Direct содержали, как правило, публикации, использующие оба термин-концепта.

Распределение по ключевым словам (количество публикаций) в подборке, сделанной в eLibrary по запросу: 'implicit knowledge' or 'tacit knowledge' or 'неявное знание' за 2010-2020 годы, показало сопоставимые значения употребляемости данных терминов. Так, 'tacit knowledge' встречается в ключевых словах и названиях в 177 публикациях, 'implicit knowledge' – в 114 публикации, 'неявное знание' в 171 публикации.

Второе, результаты запросов и в Science Direct, и в eLibrary давали наиболее релевантную запросу тематическую подборку, если запрос был ограничен «Названием публикации» и «Ключевыми словами» как местом поиска. В противном случае результаты запросов, на основании сделанного авторами выборочного экспертного анализа полного текста статей, давали результат с релевантностью, не превышающей 50%. Это означало, что, начиная со второй половины текстовой подборки встречаемость запрашиваемых термин-контекстов в текстах статей начинала уменьшаться. Тот же результат наблюдался при попытке расширить место поиска опцией «Аннотация». В задачи авторов не входило исследование и объяснение сего феномена, но не упомянуть его представляется невозможным, т.к. повторение проведенного эксперимента сторонними исследователями не привело бы к представленному результату.

Распределение по тематическим рубрикам по запросам в eLibrary выдвинуло на первый план следующие сферы применения неявных знаний: Экономика (с большим отрывом), Философия, Образование. В соответствии с полученным распределением помимо базовых термин-концептов в перечне ключевых слов превалировали высокочастотные коллокации с включением слова знание как ее основной смысловой части, например, 'управление знаниями', 'экономика знаний', 'личностное знание'.

Общее число публикаций, полученное в результате полнотекстового поиска по запросу: «implicit knowledge» or «tacit knowledge» or «неявное знание» – 2875. Поиск в подборке (запрос: технология or технологии or technology or technologies) дал 1824 публикации. Технологии, рассматриваемые в публикациях, обычно связаны с социальной задачей или сферой деятельности, которые лежат в основе соответствующего умного

решения [6, 34]. Результаты анализа и тренды демонстрируют постоянство интереса к тематике за последние 10 лет. Взрывного характера роста числа публикаций, как демонстрируют другие направления междисциплинарных исследований, связанных с цифровой экономикой [35], цифровыми трансформациями общества, социальными процессами [36, 38-40] и умными городами [9, 34, 37] не наблюдается.

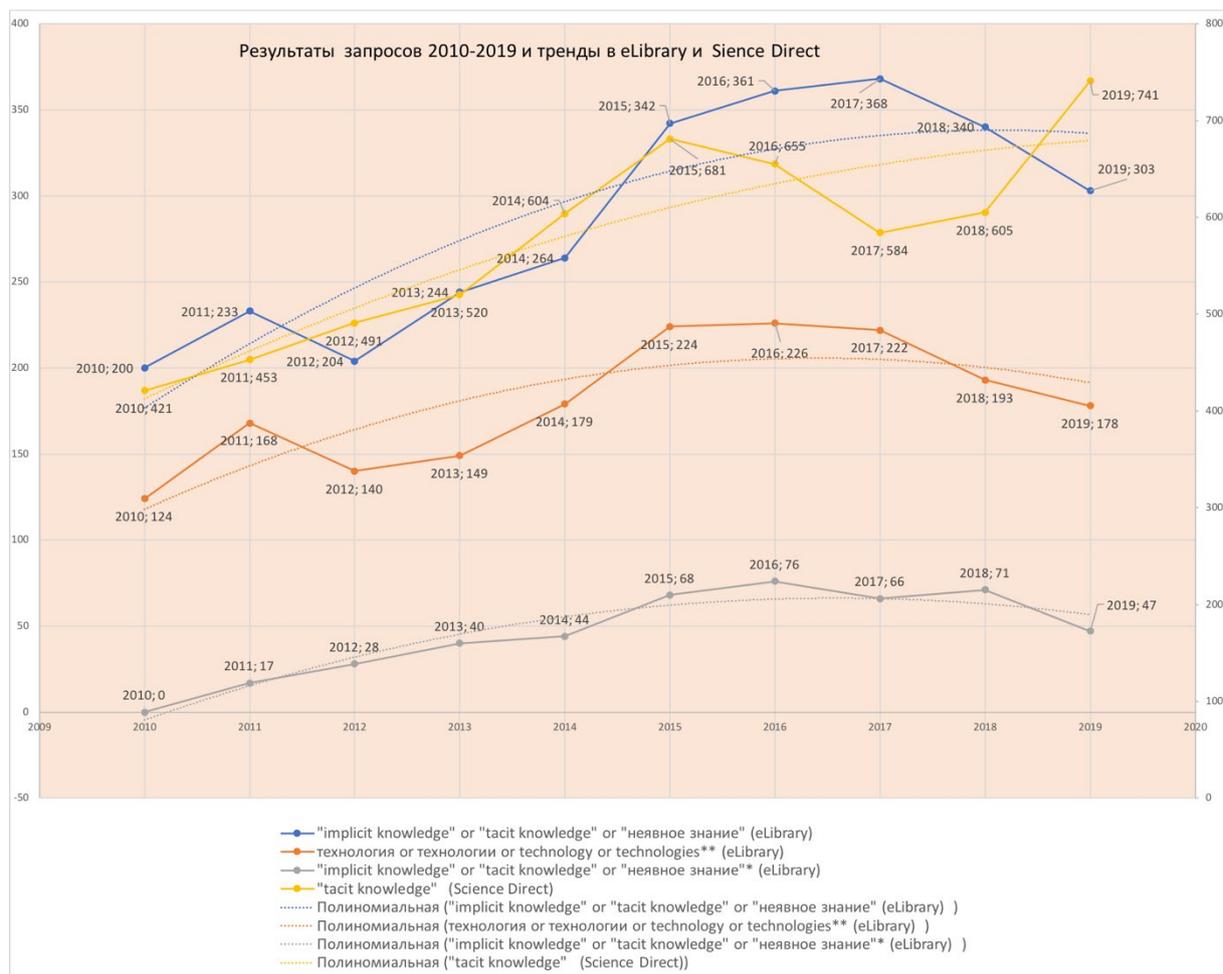


Рис. 1. Первичные и вторичный запросы по термин-концептам 'implicit knowledge', 'tacit knowledge', 'неявное знание' (*поиск только в ключевых словах и названии; ** поиск в результатах полнотекстового запроса: "implicit knowledge" or "tacit knowledge" or "неявное знание")

Разнообразие экономических, культурных, демографических, политических и других процессов, поддерживаемых ИКТ, вынуждает исследователей активно включать участников процессов. Таким образом, возникает идея получения социальной информации непосредственно от тех, кто применяет эту информацию на практике. Город под контролем ИКТ «живет» взаимодействием местного самоуправления и горожан [9, 37]. Так, одним из важнейших компонентов «умного города» являются «умные граждане», которые способны описывать жизненные ситуации с

необходимой полнотой и актуальностью. Только они могут сделать возможным существование лучших версий умных городов, быстро и подробно описав социальные процессы.

3. Прагматическое использование естественного языка в описании общественного процесса

Обычная роль компьютерных агентов в любой ИКТ состоит в том, чтобы автоматизировать процессы извлечения и обработки информации, посредством которой взаимодействуют субъекты. В случае неявного знания операция извлечения информации является действием по созданию информации. Это действие служит для проявления самим человеком его скрытых представлений, которые существуют в «его отдельной голове» и, таким образом, скрыты от других [25]. Как правило, такой явной формой является текст (буквенно-цифровой поток).

Поскольку социальная практика шире, чем любая идея о ней, этот переход от внутренних образов человека к их формулировке в текстовой форме является прерогативой человека. Следовательно, выражение скрытого знания человеком как части ИКТ не может контролироваться этой ИКТ на основе заранее определенных критериев [13, с. 5].

Однако, что именно не может контролироваться в концептуальных действиях человека, когда он выражает неявное знание? Мы считаем, что недостижимым для контроля является соответствие между неявным знанием и его текстовой формулировкой, которое носитель знаний устанавливает с помощью речи. В то же время наличие самой текстовой формулировки, то есть явного выражения скрытых человеческих образов, оставляет возможность аналитических действий, которые могут быть выполнены не только человеком, но и компьютерной программой.

В согласии с разработчиками проблематики дуального знания, мы не знаем, как устроен механизм функционирования неявного знания [41, 42]. Поэтому, чтобы решить проблемы выражения образов самим человеком, мы опираемся на прагматику использования естественного языка, которая известна всем из нашей общей практики социального взаимодействия. Прагматическое использование естественного языка – это повседневный обычай любого человека описывать что-либо с помощью словесных высказываний, конструировать и понимать значения действий других людей посредством речи. Такое использование речи основано на личном опыте, знаниях и навыках каждого актера, является первой и основной общей чертой неограниченного числа социальных процессов, которые должны управляться с помощью ИКТ.

Принимая прагматическое использование естественного языка в качестве основы для общения людей, мы не запрещаем ни одному субъекту доступ к каким-либо существующим специальным ресурсам, которые могут дополнить его знания и опыт. Среди них текстовый корпус, данные опросов,

Википедия, публикации, архивные материалы и т.д. Однако мы утверждаем, что люди будут осуществлять окончательную интеграцию всех интеллектуальных ресурсов, которые они применяют, посредством речи.

Каждый носитель языка, в частности, исследователь, знает, как происходит это приложение. При подведении итогов того или иного проекта его автор пишет отчет в виде текста, представляющего собой совокупность выражений на естественном языке. Еще один пример - план социального развития города. Построенный в форме документов, инструкций, предписаний, план представляет собой набор утверждений на естественном языке, предназначенных для координации действий членов общества. Хотя возможно, что отчет или план включают в себя графики, диаграммы, таблицы и другие типы информации, но семантическая интеграция осуществляется с использованием речи и ее общеизвестного продукта, то есть текста. Акторы ИКТ выражают эту семантическую словесную интеграцию в форме графов, тем самым проявляя визуальную семантическую связь, скрытую в неявном знании.

4. Механизм связывания формулировок неявных знаний

Словесные формулировки, возникающие, как обычно, по усмотрению человека, должны оставаться начальным этапом выражения неявных знаний в виде текста. Однако носитель знаний должен устанавливать отношения между ними не посредством новых устных утверждений, а в форме графиков, способных наглядно продемонстрировать семантические отношения, скрытые в голове человека. Механизм визуального связывания (МВС) отдельных текстовых формулировок будет интуитивно понятен носителю знаний благодаря визуальному представлению структуры и ясному изложению порядка действий.

Теперь, стремясь консолидировать свои скрытые знания, сформулированные, как показано в предыдущем параграфе, носитель знаний может объединять отдельные фразы о квартире и ее помещениях в форме нового выражения на естественном языке. Пусть будет «У меня есть комната и кухня в моей квартире». Таким образом, с помощью нового высказывания он объединит свои скрытые знания за первоначальными высказываниями о квартире и ее помещениях в единое целое.

Идея механизма визуального связывания состоит в том, чтобы предложить человеку сформулировать его неявные, скрытые знания посредством естественного языка, соединяя словесные формулировки с помощью визуальных объектов или пиктограмм, где связи отражаются в виде ребер графа. Пиктограмма – это семантическая цепочка, созданная человеком на основе его неявных знаний в виде отдельных индивидуальных аспектов таких знаний. Такая цепочка, как показывает пример, создается «локально», исходя из некоторой ситуации, которую человек воображает «в голове». Таким образом, семантика, то есть выражение соответствия между

явной текстовой формулировкой и неявным знанием человека, лежащего в ее основе, представлена в узлах. Пиктограмма может, в отличие от текстового потока, явно выражать отношения между значимыми утверждениями для наиболее точной передачи смыслов, содержащихся в словесных формулировках. Например, знание носителя об объекте «квартира», которое имеет смысл для любого носителя знаний, может быть представлено следующим образом:

Квартира -> Включает в себя -> Комната, Кухня (1)

«Комната», «Кухня» – это уточняющие аспекты неявного знания квартиры в форме соответствующих утверждений на естественном языке.

Однако, если ассоциирование отдельных формулировок осуществляется в указанной структурной форме, тогда человек очень быстро столкнется с проблемой оперирования огромной массой словесных утверждений, имеющих смысловые пересечения. Его работа выродится в «ручное» создание графов: действовать с такими графами не проще, чем формулировать скрытые представления в форме объединяющих словесных утверждений. Поэтому предлагаемый МВС расширяет идею пиктограммы на основе принципа распараллеливания. Смысловая цепочка (1) распараллелена на два перехода (2) и (3):

Квартира -> Включает (2)

Включает -> Комната, Кухня (3)

Кроме того, МВС требует, чтобы носитель знаний делал отдельные обозначения в форме пар утверждений. Первое утверждение – это традиционная формулировка, описывающая что-то. Второе фиксирует контекст, относительно которого носитель знаний рассматривает свое первое утверждение. Такое требование заставляет обладателя знания явно декларировать зависимость неявного знания от контекста его выражения [27]. Также требование указать контекст дисциплинирует человека, когда он выражает свои неявные знания.

Интерпретация возникающих словесных конструкций не требует специальных знаний и основывается на естественном языковом опыте человека. Предлагаемые конструкции представляют собой простейшие семантические переходы от одного аспекта знания, выраженного человеком, к другому такому аспекту. Именно такие семантические переходы создает пользователь компьютера, систематизируя свои компьютеризированные материалы с помощью графа папок.

В чем смысл человеческих действий с использованием предложенного МВС? Для человека создание множества отдельных утверждений является обычной практикой описания чего-либо с помощью речи. Такое описание создано с «человеческими» целями: выразить свои мысли, понимать друг друга, объяснять кому-то, что вы думаете о его действиях, выразить свои чувства и т. д. Результат этой практики выражается в виде множества простых семантических связей между отдельными высказываниями. Такое

структурное представление неявного знания человека позволяет алгоритмически построить единый граф, который выражает связную часть всего набора утверждений, сделанных носителем знаний. Ранее в работе [43] показано применение МВС для решения отдельных задач концептуализации в социологии. Пример ниже визуализирует работу по построению и интерпретации таких графиков.

5. Пример механизма выражения неявного знания

Любое знание имеет как явную, так и неявную формы, последняя подлежит экспликации в явном виде самим носителем знания с помощью естественного языка. Будем называть такую форму знания информацией или данными. Создание информации актором делает возможным ее обработку посредством ИКТ. С точки зрения Индустрии 4.0, появление информации решает проблему базового этапа функционирования знаний в ИКТ. В примере мы пытаемся продемонстрировать, как преобразовать скрытые в обычном представлении о квартире неявные знания в данные, то есть базу любой компьютерной обработки. Таким образом, мы имитируем существенную особенность субъекта, действующего как часть ИКТ, то есть изначальную функцию человека для описания чего-либо посредством речи.

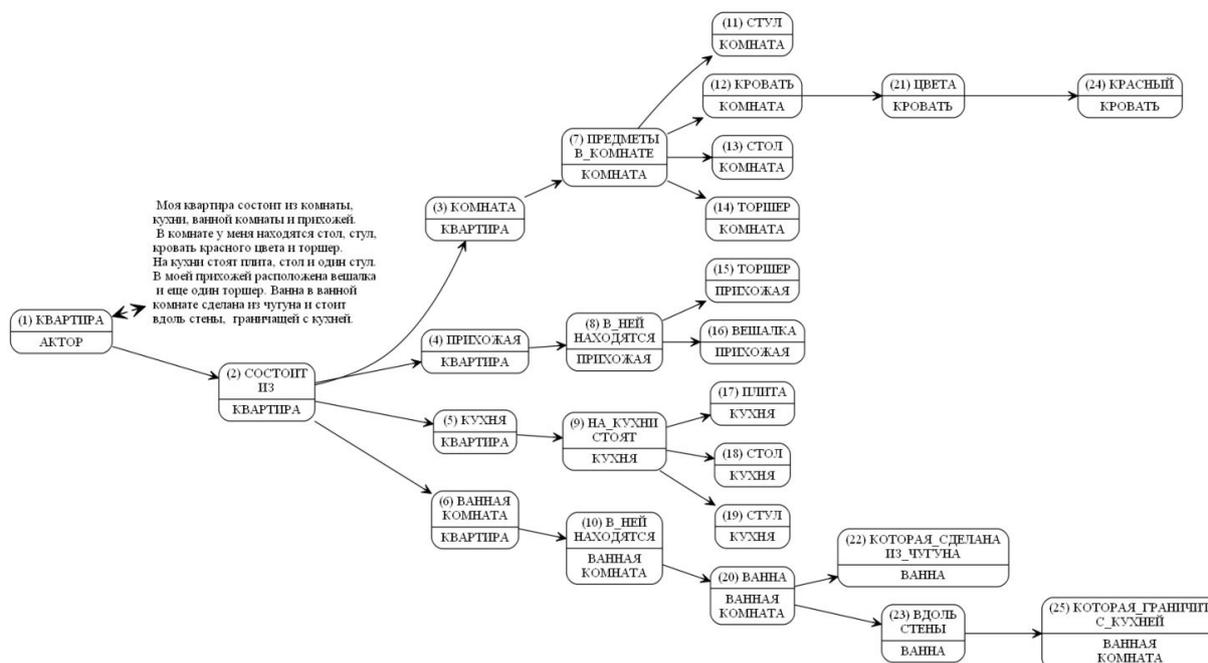


Рис. 2. Визуализация связей неявного знания посредством прагматического использования естественного языка (узлы пронумерованы для удобства их описания в тексте)

На рис. 2 показаны два типа информации, получаемой из явного выражения повседневных знаний человека о квартире. В первом случае данные представлены в виде текстового потока, который продолжает наш

неформальный ответ на вопрос, что такое квартира? Таким текстовым способом обычный человек выражает свое знание чего-либо. Во втором случае то же самое неявное знание квартиры выражается через речь в форме графа, который, в отличие от текста, ясно демонстрирует интуитивные связи между отдельными аспектами представления человека о квартире.

Даже при отсутствии опыта работы с МВС, для человека, говорящего на естественном языке, визуальный анализ приведенного рисунка покажет практическую тождественность смыслов, выражаемых текстом и графом. Тем самым, граф убедительно демонстрирует саму неочевидную возможность для обычного актора в составе ИКТ выражать свое неявное знание посредством речи непосредственно в виде графа, а не привычного текстового потока. В свою очередь, преимущество визуального представления информации по сравнению с алфавитно-цифровой последовательностью не нуждается в дополнительном обосновании.

Опыт работы по решению ряда задач прикладной концептуализации [44] говорит о дальнейших инструментальных преимуществах применения носителем знания МВС, которые добавляют привлекательность нашим предложениям несмотря на необходимость дополнительных усилий. Во-первых, предложенный МВС представляет собой также механизм гибкого масштабирования графов любого объема. Если у пользователя появляется потребность уточнить какое-либо свое высказывание, уже представленное в графе, то ему не нужно оперировать графом в целом, перебирая возможные многочисленные вхождения этого высказывания. Ему достаточно «точечно» добавить ограниченное число дополнительных ветвлений, требуемых по смыслу уточнения. Например, ветка КРОВАТЬ//КОМНАТА - >ЦВЕТА//КРОВАТЬ- >КРАСНЫЙ//КОМНАТА создана путем масштабирования узла КРОВАТЬ//КОМНАТА, являвшегося листом в одной из предыдущих версии графа. Масштабирование до вида рис. 2 (с добавленными узлами ЦВЕТА//КРОВАТЬ, КРАСНЫЙ//КОМНАТА) проведено посредством введения двух новых ветвлений.

Во-вторых, открывающиеся возможности гибкого масштабирования в сочетании с использованием обыденной речи для описания чего-либо позволяют уйти от жестких правил «естественно-научных» определений. Выражение неявного знания представляет собой процесс не столько его «окончательного» определения через связывание одних высказываний с другими, сколько возможность неограниченного уточнения любого высказывания их автором в ответ на соответствующий уточняющий вопрос. Аналогично тому, как устроена практика словесных определений в жизненных ситуациях. Известно, что излишне прокладывать маршрут до Киева, т.к. до него «язык доведет».

В-третьих, наличие двойного выражения неявного знания - в виде текста и в виде графа – создает возможность для человека смыслового

самоконтроля создаваемой им информации. Возможна, например, следующая процедура, которую мы использовали при создании примера. Сначала неявное знание о комнате было предъявлено, с устроившей нас полнотой, в виде текста. Затем этот текст был представлен в виде графа (рис. 2) на основе простого, но неформального правила: смысловые связи текста должны быть выражены в графе. Следуя этому правилу, мы последовательно наращивали множество ветвлений так, чтобы высказывания, представленные в графе, без труда узнавались по исходному тексту, а связи между ними явно представляли смыслы, скрытые в потоке слов.

При каждом шаге такого наращивания, т.е. пополнения множества ветвлений, мы автоматически строили граф, по которому *визуально проверяли*, в какой степени нам удалось передать те смыслы, которые мы захотели выразить при текстовом способе выражения образа квартиры. Таким образом, построение графа посредством использования ВМС представляет собой динамичный процесс, в котором алгоритм визуализации создает возможность визуального контроля полноты изложения человеком своего неявного знания. И как подсказывает сама процедура, чем большими объемами знаний будет оперировать человек, тем больше умственных усилий он сэкономит за счет визуального контроля своих действий.

Предлагаемый подход рассчитан на создание возможностей командной работы носителей неявного знания, выражающего его посредством речи. Неформальный способ такого выражения обусловлен, в частности, тем, что узлы в нашем случае не являются элементарными конструкциями графа. Формально элементарной конструкцией служит высказывание, т.е. алфавитно-числовая последовательность. Однако при интерпретации любого высказывания человек волен использовать весь свой неформальный опыт. При такой интерпретации неизбежен выход за пределы цепочек разъяснений, которые сам же носитель знания представил, как пути в соответствующем графе. Например, если в графе рис. 2 вместо высказывания КОТОРАЯ_СДЕЛАНА ИЗ_ЧУГУНА в узле (22) появится уточняющее утверждение КОТОРАЯ, КАК ВЕШАЛКА, СДЕЛАНА ИЗ_ЧУГУНА, то встанет вопрос, о какой вешалке идет речь. Понимая естественно-языковой смысл нового утверждения и взглянув на уже построенный граф, можно заметить, что в узле (16) упомянута вешалка как часть интерьера прихожей. Свидетельствуя, что речь идет об одном и том же предмете интерьера, можно визуализировать смысловую тождественность «объекта» вешалка в двух вершинах, проведя ребро из обновленного узла (22) в узел (16).

Однако прежде, чем реализовывать такое решение обратим внимание, что выражение сходства, в частности, тождественности «объектов» в нашем подходе осуществляется за счет полиморфизма высказываний, которые относятся к разным цепочкам словесных разъяснений. Например, узлы (8) и

(10) содержат в себе одно и то же словесное высказывание В_НЕЙ НАХОДЯТСЯ. В одном случае ребро (4) -> (8) подсказывает, что высказывание связано по смыслу с прихожей (см. рис. 2), т.е. человек, неформально воспринимающий это высказывание, относит конструкцию В НЕЙ к прихожей. В другой цепочке рассуждений аналогичным образом ребро (6) -> (10) указывает на ванную комнату. В этой ситуации дополнительные ребра, связывающие узлы (8) и (10), представляются избыточными, т.к. в них представлено одно и то же словесное утверждение (В_НЕЙ НАХОДЯТСЯ). Другими словами, тождественность обеспечена уникальностью самого высказывания. Насколько такого сорта выражение тождественности нуждается в дополнительном графовом выражении, например, за счет «горизонтальных» связей между ветками сгенерированного графа, смогут показать дальнейшие исследования.

Заключение

В статье описан оригинальный визуальный механизм связывания словесных выражений, который позволяет человеку визуально отобразить смысловые коннотации его скрытых знаний в виде графиков особого вида. Принципиально важно, что с помощью МВС обычный человек приобретает посредством речи преобразовать свои неформальные знания в структурную форму графа, открывая возможности для последующей обработки человеческих знаний компьютерным агентам ИКТ.

Учитывая фундаментальную важность получения от человека разумной информации, мы предполагаем многочисленные возможные применения МВС или его модификаций в ИКТ, а также последующее практическое использование в социальном и государственном управлении. Во-первых, для разработки на его основе ИКТ, которая по-новому решает известные проблемы информационного обеспечения социальной практики акторов, в которой в качестве инструмента выражения неявного знания и смысловой коммуникации индивидов использовался бы привычный им естественный язык. Во-вторых, аналитический контроль связности текстовых формулировок, артикулирующих неявное знание как отдельных индивидов, так и их сообщества в рамках решения совместных социальных задач. В-третьих, снабжение неспециалистов в области ИТ, взаимодействующих посредством речи, средствами командной работы современных ИТ, позволяющих самим акторам согласовывать свои концептуальные действия (введение и определение понятий, проверка их связности, согласование определений и т.п.). В-четвертых, выражение сообществом акторов их внутренних знаний о чем-либо в едином виде семантической сети. В-пятых, организацию социального контроля со стороны сообщества заинтересованных акторов за концептуальными построениями отдельных членов сообщества в рамках решения общей для них задачи.

Литература

1. Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. industriellen revolution. VDI Nachrichten, 13, 2011.
2. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. Design principles for industry 4.0 scenarios. // 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review.
3. Schwab, К. The fourth industrial revolution. // New York, NY: Crown Business. 2017.
4. Leitao, P., Karnouskos, S., Ribeiro, L., Lee J., Strasser, T., Colombo, A.W. Smart agents in industrial cyber–physical systems. // Proceedings of the IEEE. 104(5). 2016. pp. 1086–1101.
5. Meinel, Christoph & Leifer, Larry (2019) Design Thinking Research. Looking Further: Design Thinking Beyond Solution-Fixation <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97082-0>
6. Ma, Y. et al., 2018. City profile: using smart data to create digital urban spaces. // ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., Vol. IV-4/W7, pp. 75-82. DOI:10.5194/isprs-annals-IV-4-W7-75-2018.
7. Шнепс-Шнеппе, М.А. Как строить умный город. Часть 1. Проект «Smart Cities and Communities» в Программе ЕС Horizon 2020 [Электронный ресурс] // International Journal of Open Information Technologies. 2016. No1. С.12-20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-stroit-umnyy-gorod-chast-1-proekt-smart-cities-and-communities-v-programme-es-horizon-2020>.
8. Мир информационных технологий в государстве и в бизнесе. <https://clck.ru/EgoGh>.
9. Кононова, О.В., Павловская, М.А. Технологии цифровой экономики в проектах умный город: участники и перспективы // Современные информационные технологии и ИТ-образование – 2018. – Т. 14. – № 3. - С. 680-692 doi: 10.25559/sitito.14.201803.692-706.
10. Sharma, S. and Mehta, V., 2016. Socio-Cultural Context of Human Computer Interaction (HCI) in Online Shopping Environment. // In Apeejay-Journal of Management Sciences and Technology, Vol. 4, No.1, pp. 26-36. <https://apeejay.edu/aitsm/journal/docs/issue-oct-2016/ajmst040103.pdf>.
11. Palmieri, F., Ficco, M., Pardi, S., Castiglione, A. A cloud-based architecture for emergency management and first responder’s localization in smart city environments // Computers & Electrical Engineering, Volume 56, 2016, Pp. 810-830, <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.02.012>.
12. Chilipirea, C., Petre, A-C., Groza, L-M., Dobre, C., Pop., F. An integrated architecture for future studies in data processing for smart cities //

- Microprocessors and Microsystems, Volume 52, 2017, Pages 335-342, ISSN 0141-9331, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2017.03.004>.
13. Dragicevic, N., Ullrich, A., Tsui, E. and Gronau, N. (2019). A conceptual model of knowledge dynamics in the industry 4.0 smart grid scenario // Knowledge Management Research & Practice, DOI: 10.1080/14778238.2019.1633893
 14. Mahmood, A., Qureshi, M.A., Shahbaz, Q. (2011), An Examination of the Quality of Tacit Knowledge Sharing Through the Theory of Reasoned Action // Journal of Quality and Technology Management, VII(I): 39–55.
 15. Polanyi, M. (1958). Personal knowledge. Towards apostcritical philosophy. London: University of Chicago Press.
 16. Polanyi M. The tacit dimension. // New York: Doubleday and Company. 1966.
 17. Virtanen, I (2009): The Problem of Tacit Knowledge – Is It Possible to Externalize Tacit Knowledge? // In: Information Modelling and Knowledge Bases XX, pp 321-330. Eds: Kiyoki Y, Tokuda T, Jaakkola H, Chen X, Yoshida N, IOS Press, Amsterdam.
 18. Nonaka, I. and Takeuchi, H. (1995), The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation // Oxford University Press, New York, NY.
 19. Grant, K. A. (2007) “Tacit Knowledge Revisited – We Can Still Learn from Polanyi” // The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 5 Issue 2, pp 173 – 180.
 20. Brown, J., Duguid, P. (1991). Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. // Organization Science, 2(1), 40–57.
 21. Hislop, D. (2002). “Mission impossible? Communicating and sharing knowledge via information technology. Journal of Information Technology, 17(3), 165–177.
 22. Nonaka, I., & Konno, N. (1998). The concept of “ba”: Building a foundation for knowledge creation // California Management Review, 40(3), 40–54. 14
 23. Kakihara, M., & Sørensen, C. (2002). Exploring knowledge emergence: From chaos to organizational knowledge. Journal of Global Information Technology Management, 5 (3), 48–66.
 24. Cherguia, W., Zidatab, S., Marirc, F. An approach to the acquisition of tacit knowledge based on an ontological model // Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences. (2019) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.09.012>.
 25. El-Den, J., Sriratanaviriyakul, N. The Role of Opinions and Ideas as Types of Tacit Knowledge // Procedia Computer Science 161: 23–31 (2019) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.095>.
 26. Wagner, Ch. Breaking the knowledge acquisition bottleneck through conversational knowledge management. // Information Resources Management Journal. 2006. vol. 19. Iss. 1. pp. 70-83.

27. Masaru, O. Reflection of Tacit Knowledge. // The 34th Annual Convention of CAJ, June 19, 2004, Japan.
28. Mohajan, H. K. Sharing of Tacit Knowledge in Organizations: A Review // American Journal of Computer Science and Engineering. 2016. vol. 3. no. 2. pp. 6-19.
29. Болбаков, Р.Г. Отношение между явным и неявным знанием // Перспективы науки и образования. – 2015. -№ 1 (13). С. 10-16. (<https://cyberleninka.ru/article/n/otnoshenie-mezhdu-yavnym-i-neyavnym-znaniem>)
30. Емельянова, Е.А. Передача неявных знаний как фактор формирования кластеров и повышения инновационной активности бизнеса // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1. (Электронный научный журнал <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5439>)
31. Цветков, В. Я. Неявное знание и его разновидности / В. Я. Цветков // Вестник Мордовского университета. – 2014. – № 3. – С. 199–205.
32. Рубашкин, В. Ш. Онтологическая семантика. Знания. Онтологии. Онтологически ориентированные методы информационного анализа текстов. – М.: Физматлит, 2012. 25
33. Гаврилова, Т. А., Кудрявцев Д. В., Муромцев Д. И. // Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. — СПб.: Издательство «Лань», 2016.
34. Сера, L. C., Kocur, Z. Z., Muller, Z. (2012). Migration of the IT Technologies to the Smart Grids. Electronics & Electrical Engineering, p.p. 123-128.
35. Кононова, О.В., Ляпин, С.Х., Прокудин, Д.Е. Исследование терминологической базы междисциплинарного научного направления «Цифровая экономика» с использованием инструментов контекстного анализа // International Journal of Open Information Technologies – 2018. – Т. 6. – № 12. – С. 57-66.
36. Toyoshima, Y., Kohno, M. (2014). Smart Urban Infrastructure Resident-Oriented Services. // In: Concept-Oriented Research and Development in Information Technology, K. Mori (Ed.). doi: 10.1002 / 9781118753972.ch14
37. Ghosh, G., Banerjee, S., Yen, N. State transition in communication under social network: an analysis using fuzzy logic and density based clustering towards big data paradigm. // Future Generation Computer Systems. (2016). <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.02.017>.
38. Allessie, D. Only Smart Citizens can enable true Smart Cities // KPMG Innovative Startups. URL: <https://www.citizenlab.co/blog/smart-cities/smart-citizens-can-enable-true-smart-cities/>.
39. Basu, A. People make a city smart. // Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, Universul Academic Publishing House, vol. 2(1), pages 39-46, March. (2018). URL: <https://ssrn.com/abstract=3413073>.
40. Nazari, M. Smart cities built by smart people: How to build Smart cities using a contextual participatory approach? // Smart Cities and Regional

Development (SCRD) Journal, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 47-55, March. (2018). URL: <https://clck.ru/NMnhz>.

41. Nonaka, I., Peltokorpi, V. Tacit Knowledge: a Source of Innovation. // In: 15 years of Knowledge Management, Advances in Knowledge Management (Vol. III), pp. 68-82. (2007). Eds. Schreinemakers J and van Engers T, Ergon Verlag, Würzburg.
42. Maasdorp, C. Concept and Context: Tacit Knowledge in Knowledge Management theory. // In Schreinemakers, J., van Engers, T., (Eds.), 15 Years of Knowledge Management, Volume 3 of Advances in Knowledge Management, Ergon, Würzburg, 59-68. (2007).
43. Kanygin, G., Poltinnikova, M. The Graph Context-Oriented Ontological Methods // Cloud of Science. №2, 2019. P. 246-264.
44. Каньгин, Г.В., Полтинникова, С.М., Корецкая, В.С. Опыт построения социального знания на основе компьютерных онтологических методов // Социологический журнал. 2017. Том 23. № 3. С. 25–41.

References

1. Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem internet der dinge auf dem weg zur 4. industriellen revolution. VDI Nachrichten, 13, 2011.
2. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B. Design principles for industry 4.0 scenarios. // 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review.
3. Schwab, K. The fourth industrial revolution. // New York, NY: Crown Business. 2017.
4. Leitao, P., Karnouskos, S., Ribeiro, L., Lee J., Strasser, T., Colombo, A.W. Smart agents in industrial cyber–physical systems. // Proceedings of the IEEE. 104(5). 2016. pp. 1086–1101.
5. Meinel, Christoph & Leifer, Larry (2019) Design Thinking Research. Looking Further: Design Thinking Beyond Solution-Fixation <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97082-0>
6. Ma, Y. et al., 2018. City profile: using smart data to create digital urban spaces. // ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., Vol. IV-4/W7, pp. 75-82. DOI:10.5194/isprs-annals-IV-4-W7-75-2018.
7. Shneps-Shneppe M.A. Kak stroit' umnyi gorod? Chast' 1. Proekt «Smart Cities and Communities» в Программе ЕС Horizon 2020 // International Journal of Open Information Technologies. 2016. No1. С.12-20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-stroit-umnyy-gorod-chast-1-proekt-smart-cities-and-communities-v-programme-es-horizon-2020>.
8. Mir informatsionnyh tehnologii v gosudarstve i v biznese. Intellektual'nyi goroda, umnye goroda, smart cities // <https://clck.ru/EgoGh>.

9. Kononova O.V., Pavlovskaya M.A. Tekhnologii tzifrovoi ekonomiki v proektakh umnyi gorod: uchastniki i perspektivy// Sovremennye informatzyonnye tekhnologii i IT-obrazovanie – 2018. – T. 14. – S. 680-692 doi: 10.25559/sitito.14.201803.692-706.
10. Sharma, S. and Mehta, V., 2016. Socio-Cultural Context of Human Computer Interaction (HCI) in Online Shopping Environment. // In Apeejay-Journal of Management Sciences and Technology, Vol. 4, No.1, pp. 26-36. <https://apeejay.edu/aitsm/journal/docs/issue-oct-2016/ajmst040103.pdf>.
11. Palmieri, F., Ficco, M., Pardi, S., Castiglione, A. A cloud-based architecture for emergency management and first responder's localization in smart city environments // Computers & Electrical Engineering, Volume 56, 2016, Pp. 810-830, <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2016.02.012>.
12. Chilipirea, C., Petre, A-C., Groza, L-M., Dobre, C., Pop., F. An integrated architecture for future studies in data processing for smart cities // Microprocessors and Microsystems, Volume 52, 2017, Pages 335-342, ISSN 0141-9331, <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2017.03.004>.
13. Dragicevic, N., Ullrich, A., Tsui, E. and Gronau, N. (2019). A conceptual model of knowledge dynamics in the industry 4.0 smart grid scenario // Knowledge Management Research & Practice, DOI: 10.1080/14778238.2019.1633893.
14. Mahmood, A., Qureshi, M.A., Shahbaz, Q. (2011), An Examination of the Quality of Tacit Knowledge Sharing Through the Theory of Reasoned Action // Journal of Quality and Technology Management, VII(I): 39–55.
15. Polanyi, M. (1958). Personal knowledge. Towards apocritical philosophy. London: University of Chicago Press.
16. Polanyi M. The tacit dimension. // New York: Doubleday and Company. 1966.
17. Virtanen, I (2009): The Problem of Tacit Knowledge – Is It Possible to Externalize Tacit Knowledge? // In: Information Modelling and Knowledge Bases XX, pp 321-330. Eds: Kiyoki Y, Tokuda T, Jaakkola H, Chen X, Yoshida N, IOS Press, Amsterdam.
18. Nonaka, I. and Takeuchi, H. (1995), The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation // Oxford University Press, New York, NY.
19. Grant, K. A. (2007) “Tacit Knowledge Revisited – We Can Still Learn from Polanyi” // The Electronic Journal of Knowledge Management Volume 5 Issue 2, pp 173 – 180.
20. Brown, J., Duguid, P. (1991). Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. // Organization Science, 2(1), 40–57.
21. Hislop, D. (2002). “Mission impossible? Communicating and sharing knowledge via information technology. Journal of Information Technology, 17(3), 165–177.

22. Nonaka, I., & Konno, N. (1998). The concept of “ba”: Building a foundation for knowledge creation // *California Management Review*, 40(3), 40–54. 14
23. Kakihara, M., & Sørensen, C. (2002). Exploring knowledge emergence: From chaos to organizational knowledge. *Journal of Global Information Technology Management*, 5 (3), 48–66.
24. Cherguia, W., Zidatab, S., Marirc, F. An approach to the acquisition of tacit knowledge based on an ontological model // *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*. (2019) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.09.012>.
25. El-Den, J., Sriratanaviriyakul, N. The Role of Opinions and Ideas as Types of Tacit Knowledge // *Procedia Computer Science* 161: 23–31 (2019) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.095>.
26. Wagner, Ch. Breaking the knowledge acquisition bottleneck through conversational knowledge management. // *Information Resources Management Journal*. 2006. vol. 19. Iss. 1. pp. 70-83.
27. Masaru, O. Reflection of Tacit Knowledge. // *The 34th Annual Convention of CAJ*, June 19, 2004, Japan.
28. Mohajan, H. K. Sharing of Tacit Knowledge in Organizations: A Review // *American Journal of Computer Science and Engineering*. 2016. vol. 3. no. 2. pp. 6-19.
29. Bolbakov, R.G. Otnosheniye mezhdru yavnym i neyavnym znaniyem // *Perspektivy nauki i obrazovaniya*. – 2015. -№ 1 (13). С. 10-16. (<https://cyberleninka.ru/article/n/otnoshenie-mezhdu-yavnym-i-neyavnym-znaniem>).
30. Yemel'yanova, Ye.A. Peredacha neyavnykh znaniy kak faktor formirovaniya klasterov i povysheniya innovatsionnoy aktivnosti biznesa // *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. – 2012. – № 1. (Elektronnyy nauchnyy zhurnal <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5439>).
31. Tsvetkov, V. YA. Neyavnoye znaniye i yego raznovidnosti / V. YA. Tsvetkov // *Vestnik Mordovskogo universiteta*. – 2014. – № 3. – С. 199–205.
32. Rubashkin, V. SH. Ontologicheskaya semantika. Znaniya. Ontologii. Ontologicheski oriyentirovannyye metody informatsionnogo analiza tekstov. – M. : Fizmatlit, 2012.
33. Gavrilova, T. A., Kudryavtsev, D. V., Muromtsev, D. I. Inzheneriya znaniy. Modeli i metody: Uchebnik. — SPb.: Izdatel'stvo «Lan'», 2016.
34. Cepa, L. C., Kocur, Z. Z., Muller, Z. (2012). Migration of the IT Technologies to the Smart Grids. *Electronics & Electrical Engineering*, p.p. 123-128.
35. Kononova, O. V., Lyapin, S. Kh., Prokudin, D. E. Issledovanie terminologicheskoi bazy mezhdistyplinarnogo nauchnogo napravleniya “Tzifrovaya ekonomika” s ispol'zovaniem instrumentov kontekstnouo analiza // *International Journal of Open Information Technologies* – 2018. – T. 6. – № 12. – S. 57-66.

36. Toyoshima, Y., Kohno, M. (2014). Smart Urban Infrastructure Resident-Oriented Services. // In: Concept-Oriented Research and Development in Information Technology, K. Mori (Ed.). doi: 10.1002 / 9781118753972.ch14.
37. Ghosh, G., Banerjee, S., Yen, N. State transition in communication under social network: an analysis using fuzzy logic and density based clustering towards big data paradigm. // Future Generation Computer Systems. (2016). <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.02.017>.
38. Allessie, D. Only Smart Citizens can enable true Smart Cities // KPMG Innovative Startups. URL: <https://www.citizenlab.co/blog/smart-cities/smart-citizens-can-enable-true-smart-cities/>.
39. Basu, A. People make a city smart. // Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, Universul Academic Publishing House, vol. 2(1), pages 39-46, March. (2018). URL: <https://ssrn.com/abstract=3413073>.
40. Nazari, M. Smart cities built by smart people: How to build Smart cities using a contextual participatory approach? // Smart Cities and Regional Development (SCRD) Journal, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 47-55, March. (2018). URL: <https://clck.ru/NMnhz>.
41. Nonaka, I., Peltokorpi, V. Tacit Knowledge: a Source of Innovation. // In: 15 years of Knowledge Management, Advances in Knowledge Management (Vol. III), pp. 68-82. (2007). Eds. Schreinemakers J and van Engers T, Ergon Verlag, Würzburg.
42. Maasdorp, C. Concept and Context: Tacit Knowledge in Knowledge Management theory. // In Schreinemakers, J., van Engers, T., (Eds.), 15 Years of Knowledge Management, Volume 3 of Advances in Knowledge Management, Ergon, Würzburg, 59-68. (2007).
43. Kanygin, G., Poltinnikova, M. The Graph Context-Oriented Ontological Methods // Cloud of Science. №2, 2019. P. 246-264.
44. Kanygin, G.V., Poltinnikova, S.M., Koretskaya, V.S. Opyt postroyeniya sotsial'nogo znaniya na osnove komp'yuternykh ontologicheskikh metodov // Sotsiologicheskij zhurnal. 2017. Tom 23. № 3. S. 25–41.