

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 6

Москва 2020

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.89:510.64

В.К. Финн

Точная эпистемология и искусственный интеллект*

Формулируется система понятий и принципов точной эпистемологии (ТЭ), под которой понимаются средства получения новых знаний посредством эвристик, реализующих упорядоченное множество стратегий правдоподобных рассуждений. Результатом их применений к последовательностям расширяемых баз фактов являются эмпирические закономерности, пополняющие базы знаний интеллектуальных систем (ИС), являющиеся конструктивным средством реализации принципов точной эпистемологии, главным понятием которой является определение теоретического интеллекта.

Рассматривается ДСМ-метод автоматизированной поддержки исследований, реализующий взаимодействие индукции, аналогии и абдукции как конструктивный метод точной эпистемологии для получения нового знания посредством интеллектуальных систем. Обсуждаются проблемы образования и развития искусственного интеллекта в России.

Ключевые слова: *точная эпистемология, индукция, аналогия, абдукция, ДСМ-рассуждение, ДСМ-исследование, эмпирические закономерности, эмпирические модальности, номологические высказывания, образовательная программа для искусственного интеллекта*

DOI: 10.36535/0548-0027-2020-06-1

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-29-03063)

§1. Точная эпистемология: её идеи и постулаты

Идеи и цели исследовательской области «искусственного интеллекта» возникли в середине прошлого века в США в инициативной группе его создателей, возглавляемой Джоном Маккарти (при активном участии Марвина Минского). Целью этих исследователей было намерение конструировать компьютерные системы, функционирование которых было бы подобно проявлению **разума** (*mind*) человека. Однако первородство в создании таких систем, действия которых равносильно разумной деятельности человека, принадлежит Алану Тьюрингу, который дал положительный ответ на вопрос «Может ли машина мыслить?» и в [1] сформулировал свой знаменитый тест.

В [2] Дж. Маккарти и Д. Хейес выразили принципиальную интенцию, необходимую для развития направления исследований: «искусственный интеллект: "... работа над искусственным интеллектом, особенно общим интеллектом, пойдет гораздо успешнее, если будет уточнено само понятие интеллекта"». Авторы [2] выделяют два аспекта развития исследований – эпистемологию и эвристику. Под «**эпистемологией**» они понимают формирование системы знаний, необходимых для решения задач посредством компьютерных систем, а под «**эвристикой**» – конструктивные средства для решения задач.

Иное мировоззрение исповедовал М. Минский, категорически заявив: «Что ж такое “в действительности” интеллект? С моей точки зрения, это скорее вопрос эстетики или самолюбия, чем науки и техники! Для меня “интеллект” означает едва ли больше, чем комплекс активностей, который мы уважаем, но не понимаем» [3].

Отметим, что игнорирование уточнения идеи «интеллекта» и её реализации в виде компьютерных систем «искусственного интеллекта» (ИИ) оказалось живучим, а также влияющим на реальные исследования и провозглашаемые программы «развития» ИИ. Одно из следствий подобного заблуждения – убеждение, что «ИИ есть машинное обучение» [4].

Цель настоящей статьи – обоснование разумности и плодотворности идей Дж. Маккарти и Д. Хейеса из [2] относительно разработки принципов эпистемологии и средств конструктивной эвристики для решения проблем ИИ – автоматизации процесса получения нового знания посредством компьютерных систем.

Влиятельное же мировоззрение М. Минского, развиваемое им в [5], является торможением развития искусственного интеллекта: его научных оснований и практических реализаций. Дело в том, что без теоретических (эпистемологических) оснований новые эвристики не возникают, а имеющиеся технологии могут лишь совершенствоваться и распространяться, но не порождать новые средства ИИ.

Отсутствие теоретических оснований – эпистемологических принципов получения нового знания из данных – означает незрелость научных оснований ИИ, ибо зрелая наука содержит совокупность идей, преобразуемых в понятия, методы, теоретические принципы и основанные на них эвристики, содержащие процедуры получения нового знания. Этим эв-

ристикам соответствует экспериментальная база, являющаяся результатом применения соответствующих технологий.

Таким образом, технологии являются применением принципов и процедур теорий для **систематического** их использования в практических целях.

Из всего изложенного следует, что современное состояние ИИ **не представляет собой зрелой науки**.

Далее обсудим идеи, необходимые для формирования **точной эпистемологии** и соответствующей ей **эвристики**¹.

Охарактеризуем теперь точную эпистемологию – идейное основание искусственного интеллекта как научной и прикладной области.

Точная эпистемология (ТЭ) есть исследование взаимодействия **познающего субъекта** и соответствующего ему **объекта** посредством **эвристик** и **логик рассуждений**, порождающих новое знание и его **принятие**.

Содержанием понятия ТЭ и её средствами являются:

- 1) организация и методология исследований,
- 2) преобразование идей в понятия,
- 3) амплиативные выводы²,
- 4) логика рассуждений,
- 5) верификация и фальсификация результатов исследований,
- 6) средства порождения гипотез,
- 7) средства обнаружения эмпирических закономерностей,
- 8) несингулярные средства принятия результатов – две шкалы оценки качества как рассуждений, так и гипотез,
- 9) эвристики получения нового знания из исходных данных,
- 10) изучение и обобщение опыта экспериментального применения эвристик.

Заметим, что согласно Д. Поля [7] эвристика есть организация правил и методов для совершения открытий посредством правдоподобных рассуждений и выдвижения гипотез³.

Теперь сформулируем перечень терминов, необходимых для определения основных идей точной эпистемологии.

1. Рассуждение есть последовательность высказываний такая, что она состоит из посылок, релевантных цели рассуждения, результатов применения правил вывода (в том числе, правил правдоподобного вывода) и условий контроля для принятия результатов.

2. Рассуждение будем называть **продуктивным**, если оно применяет правила **амплиативного** вывода [9]; амплиативными выводами (Ч.С. Пирс) называют выводы, которые являются правдоподобными, а их результаты непосредственно не следуют из посылок.

¹ Очевидно, что это согласуется с интенцией авторов работы [2].

² Амплиативные выводы есть правдоподобные выводы, посредством которых порождаются знания, непосредственно несодержащиеся в посылках, т. е., синтетические суждения согласно И. Канту [6].

³ П. Бернайс в [8] высказал мысль о том, что эвристики должны быть предметом логики и средством рациональности.

Следовательно, амплиативные выводы есть средство извлечения нового знания из имеющихся данных⁴.

Интенция есть высшая психическая функция, состоящая из интеррогативов (вопросов и императивов), целей и установок. Интенция порождает направление сознательной деятельности [11].

Мыслительный процесс (МП) есть интенция, поиск посылок, релевантные цели рассуждения, рассуждение и рефлексия; а рефлексия есть оценка знаний и действий познающим субъектом.

Мысль есть элемент мыслительного процесса.

Познавательный процесс (ПП) есть анализ данных, предсказание нового знания, обнаружение эмпирических закономерностей и принятие полученных знаний.

Интеллектуальный процесс (ИП) есть взаимодействие мыслительного процесса и познавательного процесса (таким образом: $ИП = МП + ПП$). Интеллектуальный процесс характеризуется совокупностью интеллектуальных способностей (1)–(13), формируемых ниже⁵:

- (1) обнаружение существенного в данных,
- (2)* порождение последовательности «цель – план – действие» [13],
- (3) подбор посылок, релевантных цели рассуждения,
- (4) способность к рассуждению: вывод следствий из посылок,
- (5) синтез и взаимодействие познавательных процедур, реализующих амплиативные выводы (например: индукция + аналогия + абдукция → дедукция),
- (6)* рефлексия – оценка знаний и действий,
- (7) способность к объяснению – ответ на вопрос «почему?»,
- (8) аргументация при принятии решений,
- (9) познавательное любопытство и способность к распознаванию (ответ на вопрос «что такое?»),
- (10) способность к обучению и использование памяти,
- (11)* способность к интеграции знаний для образования концепций и теорий,
- (12)* способность к уточнению неясных идей – преобразование их в понятия⁶,
- (13)* способность к изменению системы знаний при получении новых знаний и изменений познавательных ситуаций.

Интеллектуальные способности (1)–(13) характеризуют **интеллектуальный процесс (ИП)**, образованный взаимодействием мыслительного процесса и познавательного процесса [15], который реализует **взаимодействие** познающего субъекта (S) и соответствующего объекта познания (O), что представимо схемой: **S–ИП–O**.

Важность формулирования интеллектуальных способностей (1)–(13) выражают следующие замечания.

Замечание 1. Интеллектуальные способности (1), (3)–(5), (7)–(10) выразимы в языке-объекте, в котором

формализуются правдоподобные рассуждения [16], интеллектуальные же способности (2)*, (6)*, (11)*, (12)* и (13)* выразимы в более богатом метаязыке MJL, в котором формализуется **исследование**, порождающее новое знание (исследование использует правдоподобные рассуждения, применяемые к последовательностям расширяемых данных). Существенно отметить, что (1), (3)–(5), (8)–(10) реализуются в автоматическом режиме компьютерных систем, тогда как интеллектуальные способности (2)*, (6)*, (11)*–(13)* реализуемы в интерактивном режиме, что соответствует фундаментальному различию И. Канта в [6] между **рассудком** и **разумом**. Рассудок – образование суждений посредством рассуждений, а разум – порождение принципов и методология исследований. Поэтому в интеллектуальном процессе рассудок функционирует посредством интеллектуальных способностей (1), (3), (5), (7)–(10), а разум – посредством (2)*, (6)*, (11)*–(13)*, которые в компьютерных системах реализуются посредством **интерактивного режима с участием человека**.

Замечание 2. В [17] авторы характеризуют естественный интеллект, а, следовательно, интеллектуальный процесс посредством следующих способностей:

- способность классифицировать паттерны;
- способность к адаптивному изменению поведения – к научению;
- способность к дедуктивному мышлению;
- способность к индуктивному мышлению;
- способность разрабатывать и использовать концептуальные модели;
- способность понимать.

Можно показать, что указанные способности **выразимы** посредством интеллектуальных способностей (1)–(13), применимых к заданной системе знаний. В частности, способность **понимания** выразима посредством (1), (3), (4), (5), (6)*–(9).

Используя интеллектуальные способности (1)–(13), уточним идею теоретического (идеального) естественного интеллекта (ЕИ) с точки зрения точной эпистемологии посредством определения *Df.1-1*:

Df.1-1. ЕИ есть система знаний, множество интеллектуальных способностей (1)–(13), образующих интеллектуальный процесс, и высшие психические функции (ВПФ), где ВПФ есть интенция, интуиция, инициатива, воображение и рефлексия; ВПФ входят в субъективный мир личности (СМЛ).

Можно предположить, что имеются следующие зависимости:

интенция = F_0 (система знаний, интуиция, воображение),

интуиция = F_1 (система знаний, СМЛ).

Замечание 3. Из *Df.1-1* непосредственно следуют отношения идей рассудка, разума и интеллекта, а, именно, **рассудок** является результатом функционирования интеллектуальных способностей (1), (3)–(5), (7)–(10), которые реализуют распознавание, аргументацию и рассуждение; **разум** же является результатом проявления интеллектуальных способностей (2)*, (6)*, (11)*–(13)*, которые порождают понятия, принципы, теории и их коррекции. Следовательно, разум является **творцом** методологии посредством взаимодействия упомянутых интеллектуальных способностей

⁴ Применение амплиативных выводов – необходимое условие функционирования продуктивного мышления в смысле М. Вертгеймера [10].

⁵ Ранее, они были сформулированы в [12].

⁶ Эту проблему обсуждал Ч.С. Пирс в [14].

стей системы знаний и высших психических функций – интенции, интуиции, инициативы, воображения и рефлексии.

Следует заметить, что Карл Ясперс в [18] охарактеризовал интеллект посредством способности распознавания существенного (т. е. (1) в перечне интеллектуальных способностей), наличием спонтанности и инициативы. Инициатива входит в перечень высших психических функций, содержащихся в *Df.1-1*, а спонтанность является одним из свойств интуиции, принадлежащей множеству ВПФ.

Фундаментальным следствием определения теоретического (идеального) естественного интеллекта является **основное утверждение точной эпистемологии (ОУТЭ-1): начальным понятием ТЭ является интеллект, определенный в *Df.1-1*, в котором содержится характеристика рассудка и разума как аспектов естественного интеллекта.**

Таким образом, идеи рассудка и разума являются **производными** от понятия теоретического (идеального) ЕИ.

Следствиями ОУТЭ-1 является утверждение об ограниченности теста А. Тьюринга [1], который применим только к **некоторым действиям рассудка**, но не применим к соревнованию с проявлениями разума.

Вторым следствием *Df.1-1* является соответствие рассудка и разума декларативному, процедурному (для рассудка) и концептуальному (для разума) знанию.

Df.1-1 является эпистемологическим определением, характеризующим **интеллектуальный процесс** (ИП) получения нового знания (*knowledge discovery*). Для содержательного уточнения схемы ТЭ S–ИП–О следует охарактеризовать познающего субъекта (S) и соответствующий объект познания (O).

Отметим, что схему ТЭ S–ИП–О можно истолковать с четырех точек зрения – как теоретический интеллект, как *common sense* – интеллект согласно Д. Маккарти в [19], патологический интеллект [18] и, наконец, как художественный интеллект (последняя точка зрения требует специальной совокупности идей, относящихся к психологии художественного творчества).

Подход настоящей статьи предполагает истолкование схемы S–ИП–О посредством *Df.1-1* – определения теоретического ЕИ, а *common-sense* интеллект (точнее, совокупность возможных) и совокупность патологических интеллектов должна рассматриваться как отклонения от **идеального ЕИ**.

Уточняя идею **разума**, следует перечислить его специфические свойства, представимые посредством **концептуального знания**, так как **разум – организация и производство концептуального знания**, что означает:

1. порождение **принципов** производства знаний,
2. создание средств оценки знаний для рефлексии (способность (6) *),
3. производство идей и преобразование их в понятия (способность (12) *),
4. управление рассудком (т.е. управление способностями (3) и (4) – поиском посылок и рассуждением, соответственно) [20],
5. интеграция знаний и их коррекция (способности (11) * и (13) *, соответственно),

6. применение средств выхода из герменевтического круга [21], что означает выбор **неопределяемых понятий и соответствующих протокольных высказываний** [22]⁷,

7. концептуальное знание содержится в мире W3 объективного знания К.Р. Поппера [23],

8. концептуальное знание является **металогическим** средством **метатеоретического** рассмотрения процедурного и декларативного знания, представляющих предметную область и рассуждение о ней.

Интеллектуальный процесс, реализующий интеллектуальные способности (1)–(13), применяемые к системе знаний об объекте, образован взаимодействием **рассудка** и **разума**, которые, соответственно, используют декларативное, процедурное и концептуальное знание (специфическое знание разума).

С точки зрения точной эпистемологии носителем взаимодействия рассудка и разума является теоретический (идеальный) **интеллект**, а, следовательно, его функционирование осуществляется посредством высших психических функций (интенции, инициативы, интуиции, воображения и рефлексии).

Так как ТЭ является эпистемологией с **познающим субъектом (S)**⁸, то требуется дать определение S. Для ТЭ существенно охарактеризовать познающего субъекта, во-первых, **конструктивно**, и, во-вторых, **адекватно** объекту познания.

Конструктивность S означает возможность автоматизированной поддержки интеллектуального процесса получения нового знания (*knowledge discovery*) относительно исследуемого объекта (O). С этой целью посредством *Df. 2-1* вводится понятие **интеллектуальной системы**.

Df. 2-1. Интеллектуальная система (ИС) – это компьютерная система, имеющая определенную архитектуру и реализующая в автоматическом и интерактивном режиме интеллектуальный процесс, представленный интеллектуальными способностями (1)–(13): ИС = (БФ, БЗ) – Решатель задач – комфортный интерфейс, где БФ – база фактов, БЗ – база знаний, Решатель задач = Рассуждатель – Вычислитель – Синтезатор.

Рассуждатель реализует рассуждения, содержащие амплиативные выводы; вычислитель – вычислительные процедуры, а синтезатор осуществляет выбор стратегий решения задач.

Интеллектуальные способности (1), (3)–(5), (7)–(10), соответствующие **рассудку**, реализуемы в **автоматическом режиме**, в **интерактивном режиме** реализуемы интеллектуальные способности (2) *, (6) *, (11) * – (13) *, соответствующие **разуму**.

Таким образом, ИС является партнерской человеко-машинной системой⁹.

Уточним также идею «объекта» в точной эпистемологии. Согласно [23] можно выделить три типа онтологий («миров» по терминологии К.Р. Поппера): W1 – физический мир, W2 – мир ментальных состояний, W3 – мир объективного знания.

⁷ См. [22а].

⁸ В [23] Д.Г. Лахути использует термин «субъект знания»

⁹ Термин «партнерская человеко-машинная система» предложил Томаш Гергей.

Концептуальное знание является существенной составляющей мира W1-3, который содержит научное знание о природе, человеке и обществе. Знание о феноменологии мира W1-2 также принадлежит W1-3 и может быть представлено как **процедурное** знание.

Концептуальное знание, управляющие процедурным и декларативным знанием, должно формализованным образом быть реализовано в ИС поддержки **исследований** в партнерстве с человеком.

В ТЭ W1 получает следующую спецификацию – он состоит из трех типов:

W1-1 – мир случайных событий,

W1-2 – мир, содержащий элементарные факты, представляющие отношения «причина–следствие»,

W1-3 – мир, содержащий как факты, представляющие отношения «причина–следствие», так и факты, являющиеся случайными событиями.

Таким образом, объектами ТЭ являются онтологии типов W1-1, W1-2, W1-3.

Теперь схема S-ИП-О в ТЭ получает следующее истолкование

S	–	ИП	—	О
ИС		– исследование		– W1-2, W1-3,

что означает, что ИС применяема к объектам из W1-2, W1-3.

Замечание 4. Отметим, что ИС является компьютерной системой с решателем задач, реализующим **рассуждения с амплиативными** выводами. Автоматизированное применение таких решателей задач порождено слабой формализованностью знаний об объектах из W1-2 и W1-3 и возможностью структурировать представление знаний о фактах из W1-2 и W1-3 так, чтобы было определимо отношение **сходства** фактов. Это необходимо для применения правил как индуктивного вывода, так и вывода по аналогии, являющихся правилами амплиативного вывода. Для исследования объектов из W1-1 применяются методы теории вероятностей и математической статистики, а потому соответствующими компьютерными системами являются системы с решателями задач, содержащими только вычислительные процедуры.

Напомним первое основное утверждение точной эпистемологии (ОУТЭ-1): начальным понятием ТЭ является **интеллект (ЕИ)**, определенный в Df.1-1. Вторым основным утверждением ТЭ (ОУТЭ-2) является **ограничение её онтологии «мирами» W1-2 и W1-3**. Это означает, что ТЭ исследует **исследования**, такие, что соответствующие знания слабо формализованы, а данные (факты) могут быть структурированы, но исходное множество эмпирических данных может быть расширено для обнаружения сохраняющихся эффектов и гипотез об их причинах, характеризующих W1-2 и W1-3. Следовательно, автоматизированная поддержка исследований объектов из W1-2 и W1-3 реализуется в решателях задач посредством автоматизированных рассуждений (это означает осуществление интеллектуальных способностей (4), (5), (7) и (8)).

Заметим, что интеллектуальные способности (4), (5), (7), (8), а также (1), (3), (9) и (10) осуществляются в ИС в **автоматическом** режиме, будучи **феномено-**

логией рассудка, что было сформулировано ранее относительно ИС. Более того, если исследование поддерживается ИС таким, что в **интерактивном** режиме реализуются интеллектуальные способности (2)*, (6)*, (11)* – (13)*, то ИС имитирует и, возможно, усиливает **феноменологию разума**. Наличие же в ИС интерактивного режима означает, во-первых, что она является **партнерской человеко-машинной системой**; и, во-вторых, означает неприменимость бихевиористского теста А. Тьюринга [1].

Так как ИС реализует интеллектуальный процесс, являющийся взаимодействием мыслительного процесса и познавательного процесса, то создание систем моделирования мозга (если это возможно) не может быть средством автоматизации интеллектуального процесса, ибо **познавательный процесс** с необходимостью должен использовать **интерактивный режим** ИС для поддержки разума.

Невозможность осуществлять систематический интеллектуальный процесс посредством автономных мозговых усилий без обращения к системам знаний, экспериментальной обработки расширяющихся данных, а также без обмена информацией с внешней средой и миром W3 будем называть **когнитивной относительностью** интеллекта.

В силу изложенного получаем третье основное утверждение ТЭ (ОУТЭ-3): **интеллектуальный процесс (т. е. взаимодействие субъекта и объекта познания) не сводим только к деятельности мозга**¹⁰.

Поскольку понятие теоретического (идеального) интеллекта (ЕИ), представленное в Df.1-1, является исходным и центральным понятием ТЭ, то, естественно, установить связь ЕИ с идеей «сознания». С этой целью введем следующие термины:

- **осознание** есть реакция на чувства и мысли посредством интерпретации, аргументации и рефлексии;
- **активное сознание** есть осознание чувств, мыслительного процесса и субъективного мира личности (СМЛ);
- введем также еще одну характеристику **понимания**¹¹:

понимание есть осознание и объяснение.

Заметим, что рефлексия и аргументация являются интеллектуальными способностями (6)* и (8), соответственно. **Интерпретацией** же будем называть перевод полученных знаний в язык познающего субъекта в соответствии с имеющейся у него системой знаний, что предполагает Df.1-1¹².

В связи с Df.1-1 понятия ЕИ и характеристикой интеллектуального процесса (ИП) получаем следствие: в отличие от ИП активное сознание не может быть имитируемо посредством интерактивного режима ИС, так как **реакция** на чувства и мысли зависят от высших психических функций – интенции, интуиции, рефлексии, инициативы и воображения, а возможно, что она зависит от всего субъективного мира личности (СМЛ). Очевидно, что СМЛ не может

¹⁰ В связи с ОУТЭ-3 см. книгу К.Р. Поппера [15].

¹¹ Напомним, что **понимание** является одной из характеристик интеллекта в когнитивной психологии [17].

¹² Пассивное сознание, по-видимому, следует охарактеризовать психофизиологически (примером его является сон [24]).

имитироваться. Это утверждение согласуется с пониманием познающего субъекта (согласно *Df.1-1*) как субъекта **рационального поведения**. Под рациональным поведением будем понимать принятие решений (и соответствующие им действия) посредством рассуждений, аргументации и эвристики, являющейся синтезом познавательных процедур, применимых к системе знаний познающего субъекта.

Таким образом, мы приходим к принятию четвертого основного утверждения ТЭ (ОУТЭ-4): **ИС, как познающий субъект, поддерживает рациональное поведение.**

Основное содержание ТЭ формулируется посредством ОУТЭ-1–ОУТЭ-4 и постулатов *P1–P7*, приводимых далее.

P1. Принимается следующая спецификация предметных областей, состоящая из «миров» трех типов: *W1-1*, *W1-2*, *W1-3* (онтологический постулат, характеризующий типы объектов познания).

P2. Познающий субъект *S* осуществляет интеллектуальный процесс посредством интеллектуальных способностей (1)–(13)* в соответствии с *Df.1-1* теоретического (идеального) интеллекта (1-й эпистемологический постулат).

P3. Рассуждение, посредством которого порождается **новое знание** (*knowledge discovery*), является синтезом познавательных процедур, использующих **ампликативные** правила вывода (постулат логики рассуждений).

Экспериментальным осуществлением подобных рассуждений является ДСМ-рассуждения, реализующие взаимодействие индукции, аналогии и абдукции [16].

P4. Имитация и усиление исследования реализуется посредством:

(1) последовательности расширяемых массивов фактов (баз фактов), к которым применяются рассуждения,

(2) обнаружения эмпирических закономерностей (ER),

(3) пополнения открытых теорий (КАТ – квазиаксиоматических теорий) посредством эмпирических номологических высказываний (ENS) (2-й эпистемологический постулат) [16].

P4 является постулатом **предмета** точной эпистемологии.

P5. Познавательный процесс порождения эмпирических номологических высказываний (ENS) осуществляется посредством взаимодействия **корреспондентной** [25, 26] и **когерентной** [27] теорий истины [28] (3-й эпистемологический постулат).

P6. Результаты исследования принимаются посредством **несингулярной** оценки качества рассуждений и качества порождаемых гипотез посредством двух соответствующих шкал [16, 29] (4-й эпистемологический постулат).

На постулате **P6** основана возможность формализованного качественного анализа данных, в частности, востребованного в социологии.

P7. Постулат модального следа, являющийся средством контроля для **продолженного** исследования: исследование должно быть образовано применением рассуждений к последовательностям

$s+1$ баз фактов $B\Phi_j(0), \dots, B\Phi_j(s)$, где $j = 1, \dots, s+1$, $s \geq 3$, так, что оно может быть продолжено r раз, где $r \geq 2$; каждому из r этапов исследования соответствует модальный оператор M_x такой, что он порожден эмпирическими номологическими высказываниями (ENS) [16].

P7 является **решением проблемы индукции («проблемой Д. Юма» [23]) средствами ТЭ.**

Заметим, что **P7** зависит от всех постулатов *P1–P6* и может быть объяснен средствами ДСМ-метода автоматизированной поддержки исследований [16], который будет рассмотрен в §2 и §3.

§2. Искусственный интеллект – реализация эвристик точной эпистемологии и ДСМ-метод автоматизированной поддержки исследований

Наука зрелая и наука развивающаяся имеют понятийные основания и соответствующую им терминологию, методологические установки и аргументированно предложенные гипотезы, постулаты, выражающие обоснованные закономерности; процедуры, применяемые для получения нового знания и, наконец, экспериментальные средства, и текущие экспериментальные исследования, реализующие верификацию и опровержение проводимых исследований.

Эти черты зрелой и развивающейся науки рождают **технологии** в науках таких, что они используют экспериментальные данные.

Таким образом, технологии являются систематическими реализациями процедур, основанных на обоснованных принципах науки и выраженных в языках представления знаний этих наук. Характеристическим свойством технологий является их **практическая польза**.

Из всего этого следует, что рациональное использование технологий и их развитие зависит от «родительской» дисциплины, их породившей.

Относительно области исследований и практических применений искусственного интеллекта утвердилось распространенное мнение, что ИИ – это **совокупность технологий** и, кроме того, многие считают, что ИИ есть **машинное обучение** [4]¹³.

Замечание 5. Основные утверждения точной эпистемологии ОУТЭ-1, ОУТЭ-2, ОУТЭ-3 и постулаты *P1–P7* являются **основанием** для формирования эвристик [7] получения нового знания с использованием **открытого** и **расширяемого** множества эмпирических данных.

Можно утверждать, что предлагаемый аппарат ТЭ для поддержки исследований, использующих эмпирические данные, есть ответ на поставленные Д. Маккарти проблемы создания эпистемологических оснований и эвристических средств решения задач ИИ как научного знания о формализации и автоматизации интеллектуальных процессов [2].

Отметим, что научный аппарат ТЭ существенным образом основан на *Df.1-1* (определение теоретиче-

¹³ Заметим, что машинное обучение формализует и автоматизирует лишь две интеллектуальные способности – распознавание и отнесение к классу.

ского интеллекта) и *Df.2-1* (определение интеллектуальной системы).

Df.1-2. Под **искусственным интеллектом (ИИ)** следует понимать **компьютерные реализации** средств точной эпистемологии, которыми являются языки **представления знаний и логики рассуждений** [31, 32].

Так как предметом ТЭ является интеллектуальный процесс, который порождает и сопровождает исследование, а для областей исследований необходимо применять рассуждения с **амплиативными выводами** (они – главное средство **эвристики**), то сферой применимости средств ИИ являются такие дисциплины, знания в которых слабо формализованы, а данные (факты) могут быть структурированы¹⁴. Такими областями знания являются науки о жизни и социальном поведении и их приложения, включающие медицину и управление.

Таким образом, термины «искусственный интеллект» и «интеллектуальный» получают определенный смысл и соответствующие ограничения, основанные на *Df.1-1* и *Df.1-2*.

Существующим конструктивным аппаратом ТЭ является ДСМ-метод автоматизированной поддержки исследований (ДСМ-метод АПИ) [16, 30].

С точки зрения точной эпистемологии ДСМ-метод АПИ является **методологией конструирования интеллектуальных систем** (согласно *Df.2-1*) и средством формализации и имитации интеллектуальных процессов в соответствии с *Df.1-1* (теоретического интеллекта).

Необходимость уточнения идеи «ИИ» и ограниченность теста А. Тьюринга были важными соображениями Д. Маккарти и Д. Хейеса в [2].

Перечислим основные идеи ДСМ-метода АПИ.

И1. Распознавание типа предметной области: следует при препроцессинге установить принадлежность исходных данных к «мирам» $W1-1$, $W1-2$ или $W1-3$, что определит применимость соответствующих процедур¹⁵.

И2. Искусственный интеллект имеет три продукта, представляющие его технологии: системы ИИ, интеллектуальные системы и ИИ-роботы.

Системами ИИ являются программные системы, реализующие отдельные процедуры, созданные в области исследований ИИ: автоматическое доказательство теорем, деревья решений; рассуждения, использующие прецеденты; применение нечетких множеств и нечетких логик, генетические алгоритмы, нейронные сети.

Интеллектуальными системами (ИС) являются компьютерные системы, характеризуемые посредством *Df.2-1* и, следовательно, обладающие решателями задач, осуществляющими **синтез познавательных процедур** в соответствии с определением теоретического интеллекта *Df.1-1*.

Примерами ИС являются системы индуктивного логического программирования и системы, реализующие ДСМ-метод АПИ [16, 30, 33].

ИИ-робот состоит из трех модулей – ИС, сенсорного блока и мехатроники. Возможным вариантом ИИ-робота являются антропоморфные работы.

ИС, реализующие ДСМ-метод АПИ, применяют синтез познавательных процедур, состоящий из индукции, аналогии и абдукции 1-го рода [16]. Этот синтез (взаимодействие) индукции, аналогии и абдукции представлен на рис. 1.

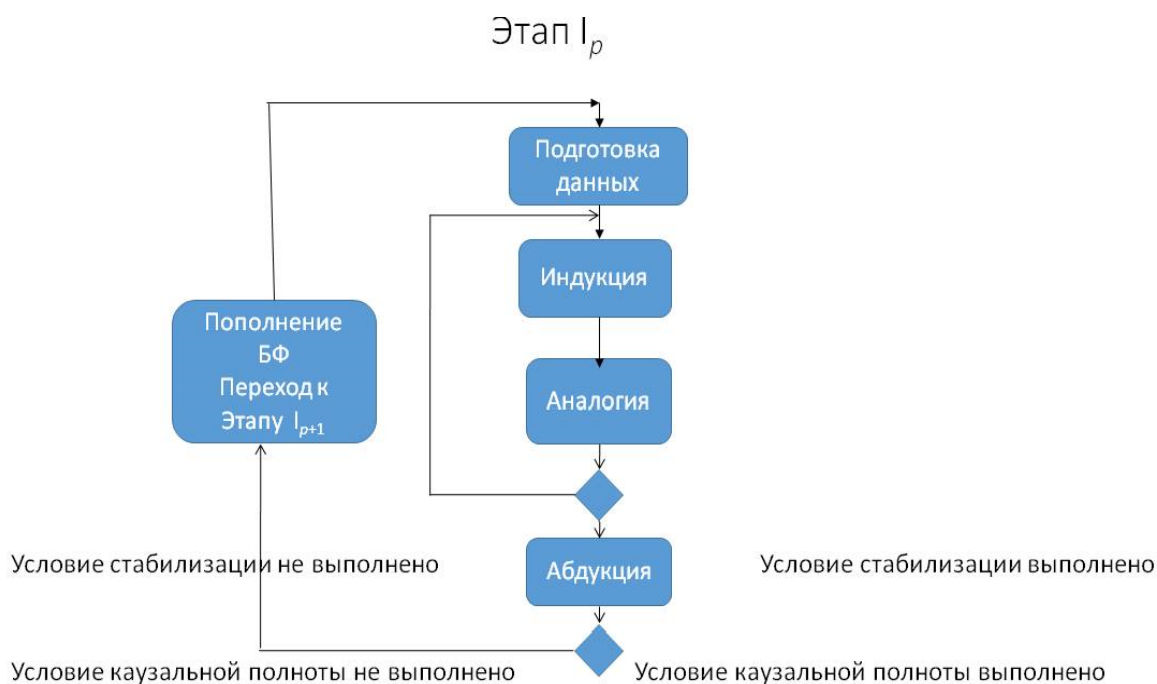


Рис. 1. Взаимодействие индукции, аналогии и абдукции

¹⁴ Это, в частности, означает определимость отношения **сходства** фактов.

¹⁵ Принадлежность массива к представлению знаний о $W1-1$ означает неприменимость методов ИИ.

ИЗ. ДСМ-рассуждения, осуществляющие взаимодействие индукции, аналогии и абдукции, порождают **новое знание**, так как правила вывода для индукции и аналогии являются **ампликативными** [9].

Правила индуктивного вывода (правила правдоподобного вывода 1-го рода – п.п.в.-1) определяются посредством М-предикатов сходства $M_{x,n}^+(V,W)$ и $M_{y,n}^-(V,W)$, где $M_{x,n}^+(V,W)$ – предикат, определенный для позитивных фактов ((+)-примеров), представляющих наличие эффекта W (точнее, значения переменной W) [34a]. Аналогичное имеет место для предиката $M_{y,n}^-(V,W)$, определенного для негативных фактов ((-)-примеров), представляющих отсутствие эффекта W .

М-предикаты выражают следующие условия.

1°. Условия сходства (σ)-примеров, где $\sigma = +, -$, представимо переменной V , которая выражает непустое пересечение (σ)-примеров для M^+ -предиката и M^- -предиката, соответственно [16, 30, 34].

2°. Условие эмпирической зависимости: если объект X содержит подобъект V , то есть $V \subset X$ для некоторого множества (σ)-фактов, где $\sigma = +, -$, то X обладает эффектом W , если $\sigma = +$; соответственно, если $\sigma = -$, то для сходства ($-$)-фактов X не обладает эффектом W .

Для случая $\sigma = +$ V является кандидатом в (+)-причины, а для случая $\sigma = -$ V является кандидатом в (-)-причины.

3°. Условия исчерпываемости сходных (σ)-фактов (примеров): значением переменной V является **максимальное** непустое пересечение всех сходных примеров (максимальное (σ)-сходство).

4°. Условие нижней границы сходных (σ)-фактов: число сходных (σ)-фактов k таких, что $k \geq 2$.

Значение k определяется экспериментально для (+)- и (-)-фактов, соответственно.

5°. Экзистенциальное условие: существует k (σ)-фактов (примеров) таких, что их объекты X_i обладают эффектом W , если (σ) = +; и X_i же не обладает W , если (σ) = -, где $i = 1, \dots, k$.

Индексы x и y у М-предикатов обозначают имена дополнительных условий для М-предикатов [34, 35, 29], их значениями для (+)- и (-)-случаев будут a^σ , $(ab)^\sigma$, $(ad_0)^\sigma$, $(ad_2)^\sigma$, $(ad_0b)^\sigma$, $(ad_2b)^\sigma$, где $\sigma = +, -$, a, b, d_0, d_2 – имена условий минимального сходства, запрета на контрпримеры, условия различия, сходства-различия, соответственно [35].

Например, $M_{ad_0b,n}^+(V,W)$ (+) – предикат сходства с условиями различия и запрета на контрпримеры [35]: $M_{ad_0b,n}^+(V,W) = M_{a,n}^+(V,W) \& d_0^+(V,W) \& b^+(V,W)$, где условия 1^0-4^0 представимы посредством $M_{a,n}^+(V,W)$, а n – параметр числа применений правил правдоподобного вывода, ими являются правила индуктивного вывода (п.п.в.-1) и правила вывода по аналогии (п.п.в.-2).

П.п.в.-1 имеют четыре вида посылок:

$$M_{x,n}^+(V,W) \& \neg M_{y,n}^-(V,W), \neg M_{x,n}^+(V,W) \& M_{y,n}^-(V,W), \\ M_{x,n}^+(V,W) \& M_{y,n}^-(V,W), \neg M_{x,n}^+(V,W) \& \neg M_{y,n}^-(V,W)$$

таких, что они порождают гипотезы с истинностными значениями $\bar{v} = \langle v, n \rangle$, где $v = 1, -1, 0$ и множеством истинностных значений $\bar{v} = \langle \tau, n \rangle = \{ \langle 1, n+1 \rangle, \langle -1, n+1 \rangle, \langle 0, n+1 \rangle \} \cup \langle \tau, n+1 \rangle$, а $1, -1, 0, \tau$ – типы истинностных значений «фактически истинно», «фактически ложно», «фактически противоречиво» и «неопределенно», соответственно.

Правила индуктивного вывода ДСМ-метода АПИ имеют следующий вид:

$$(I)_{x,y}^+ \frac{J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 W), M_{x,n}^+(V,W) \& \neg M_{y,n}^-(V,W)}{J_{\langle 1, n+1 \rangle}(V \Rightarrow_2 W)},$$

где $J_{\langle 1, n+1 \rangle}$ – одноместная логическая связка Б. Россера – А. Тюркетта [36] такая, что

$$J_v \varphi = \begin{cases} t, & \text{если } v[\varphi] = v \\ f, & \text{иначе} \end{cases},$$

а t, f – истинностные значения двузначной логики «истина» и «ложь»¹⁶.

Аналогично определимы правила индуктивного вывода $(I)_{x,y}^\sigma$ для $\sigma = -, 0, \tau$.

Заметим, что экзистенциальное условие 5° представимо множеством формул

$$J_{\langle v, 0 \rangle}(X_1 \Rightarrow_2 W_1), \dots, J_{\langle v, 0 \rangle}(X_k \Rightarrow_2 W_k),$$

где V выражает сходство объектов X_1, \dots, X_k из условия

1° такое, что $V = \bigcap_{i=1}^k X_i$ и $\neg(V = \emptyset)$, а $v = 1, -1$. Истинностные значения $\langle v, 0 \rangle$ являются оценкой фактов, где $n=0$, что означает отсутствие применения правил правдоподобного вывода, а $\langle v, n \rangle$ является оценкой гипотез, если $n > 0$.

Таким образом, условия 1°–5°, содержащиеся в М-предикатах, делают **индуктивные** правила вывода $(I)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = +, -, 0, \tau$, **ампликативными**, т. е. такими, что следствия этих правил не содержатся непосредственно в посылках. Следовательно, $(I)_{x,y}^\sigma$ порождают **новое знание**.

Имеет место важное утверждение об обратимости правил индуктивного вывода $(I)_{x,y}^\sigma$ ([30], Гл. 5):

$$\forall V \forall W ((J_{(\tau,n)}(V \Rightarrow_2 W) \& M_{x,n}^+(V,W) \& \neg M_{y,n}^-(V,W)) \leftrightarrow J_{\langle 1, n+1 \rangle}(V \Rightarrow_2 W)),$$

где « \leftrightarrow » – логическая связка эквивалентности. Аналогичные утверждения имеют место для $(I)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = -, 0, \tau$.

Замечание 6. Из утверждений об обратимости правил индуктивного вывода следует не только **конструктивность** порождения истинностных значений

¹⁶ Впервые в [37] логические связки J_v предложил Д.А. Бочвар для трехзначной логики.

гипотез о причинах, но и их принадлежность к **когерентной** концепции истины [27, 28].

Условия 1°–5°, формализующие правила $(I)_{x,y}^\sigma$ и делающие их амплиативными, являются средствами когнитивной концепции истины.

Познавательной процедурой, использующей гипотезы о причинах, которые получены посредством $(I)_{x,y}^\sigma$, являются выводы по аналогии [29, 34].

Правила вывода по аналогии (п.п.в.-2) являются средством осуществления **предсказаний** для фактов онтологии W1-2¹⁷.

Если даны факты, выразимые посредством формул $J_{(v,n)}(X \Rightarrow_1 Y)$, где предикат $X \Rightarrow_1 Y$ означает, что объект X обладает эффектом Y , где X, Y – переменные соответствующих сортов, а (τ, n) – оценка неопределенности, то п.п.в.-2 $(II)_{x,y}^\sigma$ порождают гипотезы, представимые посредством $J_{(v,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$, где $v=1, -1, 0$, или $J_{(\tau,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$, если сохраняется неопределенность.

Правила вывода по аналогии $(II)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = +, -, 0, \tau$, определяются посредством П-предикатов $\Pi_n^\sigma(X, Y)$ таких, что посредством ранее порожденных гипотез о (σ) -причинах, где $\sigma = +, -, 0$, П-предикаты являются генераторами гипотез о предсказании наличия (отсутствия) эффекта Y у объекта X , что выразимо посредством $J_{(v,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$, где $v=1, -1, 0$, или $J_{(\tau,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$ для случая сохранения неопределенности.

Предикаты $\Pi_n^\sigma(X, Y)$ и условие неопределенности $J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y)$ образуют посылки правил вывода п.п.в.-2 $(II)_{x,y}^\sigma: J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y), \Pi_n^\sigma(X, Y)$; сами $(II)_{x,y}^\sigma$ представимы следующим образом:

$$(II)_{x,y}^\sigma \frac{J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y), \Pi_n^\sigma(X, Y)}{J_{(v,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)},$$

$$\text{где } v = \begin{cases} 1, \text{ если } \sigma = +, \\ -1, \text{ если } \sigma = -, \\ 0, \text{ если } \sigma = 0; \end{cases}$$

если $\sigma = \tau$, то следствием $(II)_{x,y}^\sigma$ является $J_{(\tau,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$.

$\Pi_n^+(X, Y)$ выражает следующие условия:

(1) включение V такой, что V есть (+)-причина эффекта Y в X , т. е. $J_{(1,n)}(V \Rightarrow_2 Y)$ и $V \subset X$;

(2) (+)-гипотеза о причине $J_{(1,n)}(V \Rightarrow_2 Y)$ не конфликтует с другими гипотезами о причине эффекта Y .

Это означает, что

$$\neg \exists V_0((J_{(-1,n)}(V_0 \Rightarrow_2 Y) \vee J_{(0,n)}(V_0 \Rightarrow_2 Y)) \& (V_0 \subset X)).$$

Следовательно, не существует гипотез (–)-причин или (0)-причин для эффекта Y таких, что $V_0 \subset X$. Аналогично для (–)-фактов определяется предикат $\Pi_n^-(X, Y)$.

Предикат $\Pi_n^0(X, Y)$ для предсказания фактических противоречий, т. е. $J_{(0,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$, определяется посредством существования или конфликта (+)-гипотез о причине и (–)-гипотез о причине таких, что они содержатся в $J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y)$, или существования V_0 и Y_0 таких, что $V_0 \subset X$, $Y_0 \subseteq Y$ и имеет место $J_{(0,n)}(V_0 \Rightarrow_2 Y_0)$ ([38], Часть 1, Гл. 2).

$\Pi_n^\tau(X, Y)$ определяется следующим образом:

$$\Pi_n^\tau(X, Y) \equiv (\neg \Pi_n^+(X, Y) \vee \Pi_n^-(X, Y) \vee \Pi_n^0(X, Y)).$$

Правила вывода по аналогии (п.п.в.-2 $(II)_{x,y}^\sigma$) формулируются посредством посылок $J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y)$,

$$\Pi_n^\sigma(X, Y): \frac{J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y), \Pi_n^\sigma(X, Y)}{J_{(v,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)},$$

$$\text{где } v = \begin{cases} 1, \text{ если } \sigma = +, \\ -1, \text{ если } \sigma = -, \text{ если } \sigma = \tau, \text{ то следствие} \\ 0, \text{ если } \sigma = 0; \end{cases}$$

п.п.в.-2 есть $J_{(\tau,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$.

$(II)_{x,y}^\sigma$ являются правилами вывода по **анalogии**, так как они используют гипотезы о (σ) -причинах, порожденные (σ) -фактами и п.п.в.-1 $(I)_{x,y}^\sigma$ такими, что (σ) -факты **сходны** со следствием $J_{(v,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$ (при $J_{(\tau,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)$ для случая $\sigma = \tau$).

Для п.п.в.-2 $(II)_{x,y}^\sigma$ (как и для п.п.в.-1 $(I)_{x,y}^\sigma$) имеет место утверждение об обратимости:

$$\forall X \forall Y ((J_{(\tau,n)}(X \Rightarrow_1 Y) \& \Pi_n^\sigma(X, Y)) \leftrightarrow J_{(v,n+1)}(X \Rightarrow_1 Y)),$$

$$\text{где } v = \begin{cases} 1, \text{ если } \sigma = +, \\ -1, \text{ если } \sigma = -, \\ 0, \text{ если } \sigma = 0. \end{cases}$$

Аналогично утверждение и для $\sigma = \tau$.

Утверждение об обратимости п.п.в.-2 означает, что истинностные значения следствий (гипотез о наличии или отсутствия эффекта Y у объекта X) являются **конструктивно** порожденными оценками согласно **когерентной** концепции истины [27, 28].

Замечание 7. Правила вывода по аналогии $(II)_{x,y}^\sigma$ являются **амплиативными** правилами вывода, так как они используют гипотезы о (σ) -причинах, порожденные амплиативными правилами индуктивного вывода $(I)_{x,y}^\sigma$.

¹⁷ Правила вывода по аналогии могут быть сформулированы и для онтологии W1-3 ([30], Гл. 10 и 11).

Заметим также, что $(II)_{x,y}^\sigma$ основаны на принципе индуктивного обобщения (ПИО)¹⁸:

$$(ПИО)^+ \forall V \forall X \forall Y \forall n ((J_{\langle 1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) \rightarrow$$

$$J_{\langle 1,n+1 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y)),$$

$$(ПИО)^- \forall V \forall X \forall Y \forall n ((J_{\langle -1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) \rightarrow$$

$$J_{\langle -1,n+1 \rangle}(V \Rightarrow_1 Y)),$$

где $\sigma = +, -$.

Очевидно, что из определения правил вывода по аналогии (в соответствии с ПИО) следует реализация синтеза познавательных процедур – индукции и аналогии (способность (5) из перечня интеллектуальных способностей).

Познавательный процесс, являющийся составной частью интеллектуального процесса, осуществляется посредством анализа фактов, предсказания и принятия результатов исследования. Анализ фактов и предсказания реализуются, соответственно, посредством правил индуктивного вывода (п.п.в.-1 $(I)_{x,y}^\sigma$) и правил вывода по аналогии (п.п.в.-2 $(II)_{x,y}^\sigma$).

Правила $(II)_{x,y}^\sigma$ используют результаты применения $(I)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = +, -, 0, \tau$. Правила $(I)_{x,y}^\sigma$ и $(II)_{x,y}^\sigma$ применяются последовательно к базе фактов (БФ) до стабилизации множества порождаемых гипотез, что означает, что новые гипотезы не порождаются. БФ определим следующим образом в метаязыке МЛЯ языка-объекта JL:

$$БФ \equiv \{ \langle X, Y \rangle \mid J_{\langle 1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \vee J_{\langle -1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \vee J_{\langle \tau,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \}$$

где J -формулы с числом применений правил вывода n таким, что $n=0$, соответствует **фактам**, а $n>0$ – гипотезам. Очевидно, что БФ есть бинарное отношение.

Базе фактов взаимно-однозначно соответствует её представление Ω посредством множества элементарных формул $J_{\langle v,0 \rangle}(C \Rightarrow_1 Q)$ и $J_{\langle \tau,0 \rangle}(C \Rightarrow_1 Q)$, где $v=1, -1, 0$, а C, Q – константы, представляющие объекты и эффекты, соответственно.

Взаимодействие правил индуктивного вывода и правил вывода по аналогии до стабилизации предсказаний посредством п.п.в.-2 $(II)_{x,y}^\sigma$ образует оператор $O_{x,y}(\Omega)$ и ДСМ-оператор $\bar{O}_{x,y}(\Omega) \equiv O_{x,y}(\Omega) \cup \Omega$, где $O_{x,y}(\Omega) = \Omega^*$ – множество гипотез о предсказаниях, представимые посредством $J_{\langle v,n \rangle}(X \Rightarrow_1 Y)$ или $J_{\langle \tau,n \rangle}(X \Rightarrow_1 Y)$, где $v=1, -1, 0$, а $n>0$. Тогда $\bar{O}_{x,y}(\Omega) = \tilde{\Omega}$, где $\tilde{\Omega} = \Omega^* \cup \Omega$ – расширение БФ посредством ДСМ-рассуждения, порождающего гипотезы о предсказаниях.

В ДСМ-методе АПИ исследования применимы к объектам миров W1-2 и W1-3. Однако процедурные средства ДСМ-рассуждений достаточным образом развиты для случая предметных областей типа W1-2, в которых имеется отношение «причина–следствие», представимое посредством предиката $V \Rightarrow_2 W$ такого, что его реализации порождаются п.п.в.-1 $(I)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = +, -, 0, \tau$.

W1-2 характеризуется двумя аксиомами **каузальной полноты** АКП⁽⁺⁾ и АКП⁽⁻⁾ и их ослаблениями $(\exists)^{(+)}$ и $(\exists)^{(-)}$, приводимыми ниже:

$$(АКП)^{(+)}: \forall X \forall Y \exists V \exists n (J_{\langle 1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \rightarrow \rightarrow (J_{\langle 1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X))) ,$$

$$(АКП)^{(-)}: \forall X \forall Y \exists V \exists n (J_{\langle -1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \rightarrow \rightarrow (J_{\langle -1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X))) ,$$

$$(\exists)^{(+)}: \exists X \exists Y \exists V \exists n (J_{\langle 1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \& \& J_{\langle 1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) ,$$

$$(\exists)^{(-)}: \exists X \exists Y \exists V \exists n (J_{\langle -1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \& \& J_{\langle -1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) ,$$

АКП^(\sigma) и $(\exists)^{(\sigma)}$ согласуются с постулатами точной эпистемологии P1 и P2, которые характеризуют объект познания (O) и познающего субъекта (S), соответственно. А, именно, АКП^(\sigma) и $(\exists)^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$, являются характеристикой W1-2 – предметной области с **детерминацией** её объектов, а, следовательно, имеется возможность ответа на вопрос «почему», что означает реализацию **объяснения** фактов из W1-2, что реализует интеллектуальную способность (7) – способность к объяснению. Объяснение же является необходимым средством **принятия** результатов исследований, которые являются предметом ТЭ.

Принципы индуктивного обобщения (ПИО)^(\sigma), $\sigma = +, -$) и аксиомы каузальной полноты (АКП^(\sigma)) могут быть усилены посредством соответствующих **экзистенциальных условий**, что породит $\overline{ПИО}^{(\sigma)}$ и $\overline{АКП}^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$.

$$\overline{ПИО}^{(+)}: \forall V \forall X \forall Y \forall n (J_{\langle 1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) \rightarrow \rightarrow J_{\langle 1,n+1 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y) \&$$

$$\& \exists X \exists Y \exists V \exists n (J_{\langle 1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X));$$

$$\overline{АКП}^{(+)}: \forall X \forall Y \exists V \exists n (J_{\langle 1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y)) \rightarrow$$

$$\rightarrow (J_{\langle 1,n \rangle}(V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) \& \exists X \exists Y J_{\langle 1,0 \rangle}(X \Rightarrow_1 Y).$$

Аналогично формулируются $\overline{ПИО}^{(-)}$ и АКП⁽⁻⁾.

¹⁸ Идея о связи индукции и аналогии принадлежит Д. Гершелю [39].

Замечание 8. Экзистенциальные добавления к ПИО^(σ) и АКП^(σ), где $\sigma = +, -$, необходимы для выражения **семантической связи** между антецедентом и консеквентом соответствующих импликаций, что осуществлено в $\overline{\text{ПИО}}^{(\sigma)}$ и $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$.

Следует отметить, что упомянутая семантическая связь невыразима средствами логики высказываний, что вызвано, так называемым, «парадоксом импликации» из-за того, что «из лжи следует всё, что угодно»: $0 \supset p$ есть тавтология для всех p . Для устранения этого свойства импликации были созданы **релевантные логики** [40], что порождает значительное изменение логики высказываний.

Следующие утверждения в языке-объекта JL доказываются методом аналитических таблиц [41].

1. Из ПИО^(σ) выводимо п.п.в.-2^(σ) (\rightarrow), где $\sigma = +, -$, а п.п.в.-2^(σ) (\rightarrow) есть

$$\begin{aligned} & \forall X \forall Y \exists V \exists n \left((J_{\langle 1, n \rangle} (V \Rightarrow_2 Y) \& \right. \\ & \& (V \subset X)) \& \neg \exists V_0 \left(J_{\langle -1, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \vee J_{\langle 0, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \right) \& \\ & \& (V_0 \subset X) \rightarrow J_{\langle 1, n+1 \rangle} (X \Rightarrow_1 Y) \Big), \\ & \forall X \forall Y \exists V \exists n \left((J_{\langle -1, n \rangle} (V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X)) \& \right. \\ & \& \neg \exists V_0 \left(J_{\langle 1, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \vee J_{\langle 0, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \right) \& (V_0 \subset X) \Big) \rightarrow \\ & \rightarrow J_{\langle 1, n+1 \rangle} (X \Rightarrow_1 Y). \end{aligned}$$

2. Из $\overline{\text{ПИО}}^{(+)}$ выводимо $\overline{\text{п.п.в.-2}}^{(+)}$ (\rightarrow), где $\overline{\text{п.п.в.-2}}^{(+)}$ (\rightarrow)

$$\begin{aligned} & \forall X \forall Y \exists V \exists n \left((J_{\langle 1, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X) \& \right. \\ & \& \neg \exists V_0 \left(J_{\langle -1, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \vee J_{\langle 0, n \rangle} (V_0 \Rightarrow_2 Y) \right) \& (V_0 \subset X) \Big) \rightarrow \\ & \rightarrow J_{\langle 1, n+1 \rangle} (X \Rightarrow_1 Y) \& \\ & \exists V \exists X \exists Y \exists n \left(J_{\langle 1, n \rangle} (V \Rightarrow_2 Y) \& (V \subset X) \right). \end{aligned}$$

Аналогично формулируется утверждение для $\overline{\text{ПИО}}^{(-)}$.

$\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$ и $\overline{\text{ПИО}}^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$, выражают условия применимости ДСМ-метода АПИ, что означает возможность порождения гипотез о причинах и соответствующих им гипотез о предсказаниях.

Важная идея абдукции была предложена Ч.С. Пирсом в ряде его текстов, но одним из наиболее обсуждаемых его текстов был следующий [42]: (1) The surprising fact C is observed; (2) If H were true, then C would be matter of course, hence, (3) There is reason to suspect that H is true.

В [43] этот текст был переформулирован так:

- (1) D – множество фактов,
(2) H – множество гипотез, (3) H объясняют D .

Всякая h такая, что $h \in H$, является правдоподобной.

Этот текст Ч.С. Пирса повлиял на различные формализации идеи абдукции [9, 16, 34, 44]. Некото-

рые авторы связывают его со схемой вывода $\frac{H \supset C, C}{H}$, что, очевидно, является тривиальной логической ошибкой. Дело в том, что зависимость между H и C невыразима импликацией « \supset » двузначной логики высказываний (и вообще средствами логики высказываний).

В [45] отмечалось, что у Ч.С. Пирса имелись две спецификации идеи абдукции, а, именно, абдукция есть средство принятия гипотез и абдукция есть логический вывод.

В ДСМ-методе АПИ каждая из уточненных идей Ч.С. Пирса об абдукции имеет соответствующую формализацию в MJL – метаязыке языка-объекта JL.

Абдукция как средство принятия гипотез средствами MJL представима следующим образом [16]:

$$\begin{aligned} (1) & \Omega(p) \\ (2) & \tilde{\Delta}(p) \cup \Omega^*(p) \\ (3) & \overline{\text{АКП}}^{(+)}, \overline{\text{АКП}}^{(-)} \\ (4) & \forall \varphi \left((\varphi \in \Omega^*(p) \cup \tilde{\Delta}(p)) \rightarrow \text{Аср}_1(\varphi) \right), \end{aligned}$$

где $\Omega(p)$ – представление базы фактов БФ(p), $p = 0, 1, \dots, s$, а значение p есть номер состояния расширяемых баз фактов;

$$\begin{aligned} \tilde{\Delta}(p) &= (I)_{x,y}^+ (\Omega(p)) \cup (I)_{x,y}^- (\Omega(p)) \cup \\ & \cup (I)_{x,y}^0 (\Omega(p)) \cup (I)_{x,y}^r (\Omega(p)), \end{aligned}$$

$O_{x,y}(\Omega(p)) = \Omega^*(p), \forall \varphi, \Omega^*(p), \tilde{\Delta}(p), \Omega(p)$ – средства MJL. Метапредикат $\text{Аср}_1(\varphi)$ также принадлежит MJL и выражает акт **принятия** высказывания φ .

Очевидно, что $\text{Аср}_1(\varphi)$ является средством **когерентной** концепции истины ([27, 28]).

Таким образом, $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$ являются условиями принятия порожденных гипотез, а приведенную выше схему абдукции будем называть **сильной абдукцией 1^{ого} рода**.

Далее сформулируем **слабую абдукцию 1^{ого} рода**, использующую в качестве условия принятия гипотез ослабления $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$, которыми являются $(\exists)^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$.

Метапредикатом принятия гипотез у слабой абдукции 1^{ого} рода является $\text{Аср}_2(\varphi)$, применяемый в заключении абдуктивной схемы. Схема слабой абдукции 1-го рода определяется посредством аксиом $(\exists)^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$, и функций степени абдуктивного принятия гипотез $\rho^\sigma(p)$ где $p = 0, 1, \dots, s$ ([38], Глава 2).

$\rho^\sigma(p)$, где $\sigma = +, -$ определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \widetilde{\text{БФ}}^\sigma(p) &= \{ \langle X, Y \rangle \mid \exists V \exists n (J_{\langle v, 0 \rangle} (X \Rightarrow_1^{(p)} Y) \& \\ & \& J_{\langle v, n \rangle} (V \Rightarrow_1^{(p)} Y)) \}, \end{aligned}$$

где $v = \begin{cases} 1, & \text{если } \sigma = +1 \\ -1, & \text{если } \sigma = -1 \end{cases}$, а $\rho^\sigma(p) = \frac{|\widetilde{B\Phi}^\sigma(p)|}{|B\Phi^\sigma(p)|}$, где

$|\widetilde{B\Phi}^\sigma(p)|$ и $|B\Phi^\sigma(p)|$ – числа элементов соответствующих множеств.

Теперь сформулируем схему слабой абдукции 1-го рода:

$$(1)' \Omega(0), \dots, \Omega(s); \Omega(0) \subset \dots \subset \Omega(s)$$

$$(2)' \tilde{\Delta}(0), \dots, \tilde{\Delta}(s); \Omega^*(0), \dots, \Omega^*(s); \rho^+(s) \geq \bar{\rho}^+,$$

$$\rho^-(s) \geq \bar{\rho}^-,$$

где $\bar{\rho}^\sigma$ – заданные пороги;

$$(3)' (\exists)^{(+)}, (\exists)^{(-)}$$

$$\forall \varphi ((\varphi \in \tilde{\Delta}(s) \cup \Omega^*(s)) \rightarrow \text{Asp}_2(\varphi))$$

Сформулируем теперь определение ДСМ-рассуждения, являющегося уточнением идеи рассуждения из §1.

Df.2-2.

1°. Базисным ДСМ-рассуждением для $Str_{x,y}$ будем называть последовательность

$$\bar{O}_{x,y}(\Omega(0)), \rho^+(0), \rho^-(0); \dots, \bar{O}_{x,y}(\Omega(s)), \rho^+(s), \rho^-(s).$$

2°. ДСМ-рассуждение будем называть **допустимым**, если для базисного рассуждения существует s такое, что $\rho^\sigma(s) \geq \bar{\rho}^\sigma$, где $\sigma = +, -$.

3°. Допустимое ДСМ-рассуждение будем называть **равномерно допустимыми**, если для допустимого ДСМ-рассуждения имеет место $\rho^\sigma(0) \leq \dots \leq \rho^\sigma(s)$, где $\sigma = +, -$.

4°. Допустимое ДСМ-рассуждение будем называть **сильным**, если $\bar{\rho}^\sigma = 1$; допустимое ДСМ-рассуждение будем называть **слабым**, если $\bar{\rho}^\sigma < 1$, где $\sigma = +, -$.

Очевидно, что сильному ДСМ-рассуждению соответствует истинность $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$, а слабому – истинность $(\exists)^{(\sigma)}$. Это означает реализацию метапредикатов принятия гипотез $\text{Asp}_1(\varphi)$ и $\text{Asp}_2(\varphi)$, соответственно.

Замечание 9. В соответствии с постулатами ТЭ P3 (о рассуждении) и P4 (об имитации и усилении исследования) Df.2-2 выражает необходимость **динамического** использования баз фактов – последовательности их расширений, представимой посредством $\Omega(0) \subset \dots \subset \Omega(s)$ ¹⁹.

Необходимость расширения баз фактов обусловлена реальной каузальной невыполнимостью (это связано с постулатом PI ТЭ) и потребностью достижения порогов $\bar{\rho}^\sigma$.

Заметим также, что условие $\rho^\sigma(0) \leq \dots \leq \rho^\sigma(s)$ для равномерно допустимых ДСМ-рассуждений существенно для характеристики эмпирических зако-

номерностей и соответствующих им эмпирических номологических высказываний [16], которые будут рассмотрены далее.

Замечание 10. Следует отметить, что сильные и слабые допустимые ДСМ-рассуждения, характеризуемые метапредикатами принятия гипотез $\text{Asp}_1(\varphi)$ и $\text{Asp}_2(\varphi)$, соответственно, оцениваются посредством когерентной теории истины [16, 27, 28].

ДСМ-рассуждения, определенные в Df.2-2, осуществляются посредством фиксированных стратегий $Str_{x,y}$, где $Str_{x,y} \in \overline{Str} = \{Str_{x,y} \mid (x \in I^+) \& (y \in I^-)\}$.

Каждая $Str_{x,y}$ образована последовательным применением правил $(I)_{x,y}^\sigma$ и $(II)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = +, -, 0, \tau$, и завершается применением $\rho^\sigma(p)$, где $\sigma = +, -$ таким, что $\rho^\sigma(s) = 1$, если истинны $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$, и $\rho^\sigma(s) \geq \bar{\rho}^\sigma$, если истинны $(\exists)^{(\sigma)}$ и существует s такое, что достигим порог $\bar{\rho}^\sigma$ для слабого допустимого ДСМ-рассуждения.

Познавательный процесс, имитируемый в ИС-ДСМ, состоит из анализа данных в БФ(p) посредством $(I)_{x,y}$, предсказаний посредством $(II)_{x,y}$, которые применяются к $\Omega(p)$, и **принятия** результатов, реализуемого на двух этапах.

Этап 1 – применение правил правдоподобного вывода $(I)_{x,y}$, осуществляющих **локальное вынуждение** (*forcing*) гипотез о причинах $J_{\langle v,n \rangle}(C' \Rightarrow_2^{(P)} Q)$, обозначаемое посредством LF, и применение правил $(II)_{x,y}$, осуществляющих **каузальное вынуждение** гипотез (точнее, полугипотез) о предсказаниях $J_{\langle v,n \rangle}(C' \Rightarrow_1^{(P)} Q)$, обозначаемое посредством CF.

На **этапе 2** применяется абдукция 1^{ого} рода – сильная, реализуемая метапредикатом $\text{Asp}_1(\varphi)$, или слабая, реализуемая метапредикатом $\text{Asp}_2(\varphi)$. Таким образом, этап 2 принятия результатов **допустимых** ДСМ-рассуждений использует метапредикаты **принятия** кандидатов в гипотезы (точнее, полугипотезы) $\text{Asp}_1(\varphi)$ и $\text{Asp}_2(\varphi)$, где φ имеют вид $J_{\langle v,n \rangle}(C' \Rightarrow_2^{(P)} Q)$ и $J_{\langle v,n \rangle}(C' \Rightarrow_1^{(P)} Q)$, $v = 1, -1$. Это принятие полугипотез φ является результатом допустимых ДСМ-рассуждений, завершаемых процедурой сильной или слабой абдукции 1-го рода.

Используя процедуры абдукции 1-го рода определим теперь в MJL метапредикаты $\text{Asp}_1(\varphi)$ и $\text{Asp}_2(\varphi)$.

Df.3-2. Существует s такое, что $\Omega(0) \subset \dots \subset \Omega(s)$, а область определения (*domain*) $\text{Asp}_1(\varphi)$ и $\text{Asp}_2(\varphi)$ являются $\tilde{\Delta}(s) \cup \Omega^*(s)$, где $(I)_{x,y}(\Omega(s)) = \tilde{\Delta}(s)$ и $O_{x,y}(\Omega(s)) = \Omega^*(s)$: $\text{Asp}_1(\varphi)$, если и только если

¹⁹ Важная идея динамического рассмотрения знаний в логике рассмотрена в [46].

$(I)_{x,y}(\Omega(P)) = \tilde{\Omega}(P)$, $O_{x,y}(\Omega(P)) = \Omega^*(P)$, где $0 \leq p \leq s$,

и в $\Omega(s)$ истинны $\overline{\text{АКП}}^{(+)}$ и $\overline{\text{АКП}}^{(-)}$,

а $\varphi \in \tilde{\Delta}(s) \cup \Omega^*(s)$; $\text{Асп}_2(\varphi)$, если существует s такое, что

$\Omega(0) \subset \dots \subset \Omega(s)$, $O_{x,y}(\Omega(P)) = \Omega^*(P)$,

$(I)_{x,y}(\Omega(P)) = \tilde{\Delta}(P)$,

где $0 \leq p \leq s$, $\rho^+(s) \geq \bar{\rho}^+$, $\rho^-(s) \geq \bar{\rho}^-$ и истинны $(\exists)^{(+)}$ и $(\exists)^{(-)}$, а $\varphi \in \tilde{\Delta}(s) \cup \Omega^*(s)$.

Из Df.3-2 следует, что $\text{Асп}_1(\varphi)$ и $\text{Асп}_2(\varphi)$ имеют истинностные значения t («истинно») и f («ложно») согласно когерентной концепции истины [27, 28].

Выше была отмечена необходимость расширений баз фактов для осуществления допустимых ДСМ-рассуждений согласно Df.2-2 и сформулированы средства принятия их результатов согласно Df.3-2. Следует различать два случая допустимых ДСМ-рассуждений – **стационарные** и **пролонгированные**. Стационарными ДСМ-рассуждениями являются допустимые ДСМ-рассуждения такие, что в начальной БФ(0) истинны $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$, а, следовательно, $\rho^\sigma(s) = 1$ и $s = 1$. Этот случай является удачным, но редким. **Пролонгированными** ДСМ-рассуждениями являются допустимые ДСМ-рассуждения такие, что существует s такое, что $\Omega(0) \subset \dots \subset \Omega(s)$, $\text{АКП}^{(\sigma)}$ истинны относительно $\Omega(s)$, а, следовательно, $\rho^\sigma(s) = 1$, что означает, что допустимое пролонгированное ДСМ-рассуждение является сильным согласно Df.2-2.

Аналогично определяется пролонгированное слабое ДСМ-рассуждение, характеризуемое посредством $(\exists)^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$ и $\rho^\sigma(s) < 1$.

Очевидно, что на этапе 2 ДСМ-рассуждений согласно Df.3-2 реализуется применение концепции когерентной истины [27, 28], отличной от концепции корреспондентной истины ([25, 26]). Заметим, что конструктивное применение концепции когерентной истины является необходимым аспектом ТЭ, характеризуемым её постулатом P5, утверждающим необходимую связь в познавательном процессе концепций когерентной и корреспондентной истины. Возможен случай, когда полученная гипотеза φ на этапе 1 когерентно истинна, но на этапе 2 когерентно неистинна, то есть, $\neg \text{Асп}_1(\varphi) \& \neg \text{Асп}_2(\varphi)$. Очевидно, что тогда когерентно истинная на этапе 1 гипотеза φ не принимается.

Естественно предположить, что принятие гипотез посредством $\text{Асп}_1(\varphi)$, порожденных сильным допустимым ДСМ-рассуждением, является редким случаем. Частым и практически реализуемым случаем является принятие гипотез посредством $\text{Асп}_2(\varphi)$, порожденных слабым допустимым ДСМ-рассуждением, которое обусловлено каузальной неполнотой (т. е. истинностью $(\exists)^{(\sigma)}$, а не $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$). Следовательно, расширение БФ(p)

и наблюдение за сохранением полугипотез о причинах и соответствующих им полугипотез о предсказаниях становится практически целесообразной процедурой. Говоря неформально, именно сохранение полугипотез о причинах и полугипотез о предсказаниях, порожденных полугипотезами о причинах, является регулярностью, представляющей эмпирические законы и эмпирические тенденции, определяемые посредством ДСМ-рассуждений [16].

Следует заметить, что сохранение истинности $(\exists)^{(\sigma)}$ при дальнейшем расширении БФ(s), где $\rho^\sigma(s) \geq \bar{\rho}^\sigma$, $\text{БФ}(s) \subset \text{БФ}(s+1) \subset \dots \subset \text{БФ}(s_1)$, где $\rho^\sigma(s_1) \geq \bar{\rho}^\sigma$, порождает эмпирические тенденции, если соответствующие факты с типом оценки τ («неопределенно») стали впоследствии предсказываться с истинностным значением $\bar{v} = \langle v, n \rangle$, где v есть 1 или -1 после расширения баз фактов.

Если же имеется истинность $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$ и она сохраняется при расширении БФ(0), где $\rho^\sigma(0) = 1$, а $\text{БФ}(0) \subset \dots \subset \text{БФ}(s)$ и $\rho^\sigma(p) = 1$ для $p = 0, 1, \dots, s$, то имеет место эмпирический закон, обнаруженный посредством сильного допустимого ДСМ-рассуждения (согласно Df.2-2), применение которого к последовательности БФ(0), ..., БФ(s), где $\text{БФ}(0) \subset \dots \subset \text{БФ}(s)$, образует ДСМ-исследование [16]. Разумеется, что обнаружение эмпирических тенденций также является ДСМ-исследованием.

Такое пролонгированное сильное допустимое ДСМ-рассуждение является предпочтительным. Однако практически возможным пролонгированным сильным ДСМ-рассуждением является такое ДСМ-рассуждение, что $\overline{\text{АКП}}^{(\sigma)}$ истинно лишь относительно заключительной БФ(s) и, соответственно, $\Omega(s)$, где $\rho^\sigma(s) \geq \bar{\rho}^\sigma$, $\sigma = +, -$. Аналогичное имеет место и для пролонгированного слабого ДСМ-рассуждения.

Очевидно, что практическое проведение исследования, анализирующего и обобщающего эмпирические данные, требует их пролонгированного расширения, что представлено P4 – постулатом ТЭ об имитации и усилении исследования.

В [16] был формализован процесс ДСМ-исследования как результат применения ДСМ-рассуждений к множеству историй конечных «возможных миров» (согласно терминологии модальных логик), где под возможным миром понимается база фактов БФ(p) и её представление $\Omega(p)$ посредством элементарных высказываний вида $J_{\langle v, 0 \rangle}(C \Rightarrow_1^{(P)} Q)$ и $J_{\langle \tau, 0 \rangle}(C \Rightarrow_1^{(P)} Q)$, где $p = 0, 1, \dots, s$.

Рассмотрим множество историй возможных миров для $s = 2$, где s – число расширений БФ₁(0), [16]. Имеем БФ₁(0), БФ₂(1), БФ₃(2), такие, что БФ₁(0) \subset БФ₂(1) \subset БФ₃(2) и, $\Omega(0,1) \subset \Omega(1,1) \subset \Omega(2,1)$, соответственно, где $\Omega(p,1)$, $p = 0, 1, 2$.

БФ₁(0) – начальный возможный мир, а $\Omega(0,1)$ – его представление (или описание), БФ₂(1) и БФ₃(2) – соответствующие его расширения, такие, что $\Omega(0,1) \subset$

$\Omega(1,1) \subset \Omega(2,1)$. БФ₁(0), БФ₂(1), БФ₃(2) будем называть **историей действительного возможного мира** (или начальной историей возможных миров).

Очевидно, что ДСМ-рассуждение применимо к последовательности $\Omega(0,1), \Omega(1,1), \Omega(2,1)$ так, что

$$\bar{O}_{x,y}(\Omega(0,1)), \rho^+(0,1), \rho^-(0,1);$$

$$\bar{O}_{x,y}(\Omega(1,1)), \rho^+(1,1), \rho^-(1,1);$$

$$\bar{O}_{x,y}(\Omega(2,1)), \rho^+(2,1), \rho^-(2,1)$$

для фиксированной стратегии $Str_{x,y}$ и заданных порогов $\bar{\rho}^+$ и $\bar{\rho}^-$.

История действительного возможного мира $\Omega(0,1), \Omega(1,1), \Omega(2,1)$, обозначаемая посредством HPW_1 , представляет **реально** полученные эмпирические данные (позитивные, негативные и неопределенные факты), а, следовательно, $\Omega(p,1) = \Omega^+(p,1) \cup \Omega^-(p,1) \cup \Omega^\tau(p,1)$, где $p = 0,1,2$, а $\Omega^\tau(0,1) = \Omega^\tau(1,1) = \Omega^\tau(2,1)$. Это означает, что к $\Omega(0,1)$ добавляются (+)-факты, (-)-факты, а исходные (τ)-факты **заданы и не изменяются**.

Позитивным исходом ДСМ-рассуждения будет достижимость порогов $\bar{\rho}^\sigma$, где $\sigma = +, -$, посредством допустимых ДСМ-рассуждений (сильных или слабых). Однако результат ДСМ-рассуждения **зависит** от начальной истории возможных миров и, следовательно, от **случайности** данного расширения БФ₁(p), $p = 0, 1, 2$.

БФ(p) являются бинарными отношениями, а $\Omega(p)$ – их взаимно-однозначными пропозициональными представлениями. HPW_1 выразим посредством следующих обозначений: БФ₁(0)= $R^1(0)$, БФ₁(1)= $R^1(1)$, БФ₁(2)= $R^1(2)$;

$R^1(0), R^1(1)=R^1(0) \cup B_1, R^1(2)=R^1(1) \cup B_2$, где $B_1 \cap R^1(0) = \Lambda, R_1(1) \cap B_2 = \Lambda$, где Λ – пустое бинарное отношение.

Таким образом, представим историю действительного возможного мира следующим образом: $HPW_1 R^1(0), R^1(0) \cup B_1, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$, где

$$R^1(p) = R_1^+(p) \cup R_{-1}^-(p) \cup R_\tau^1(p),$$

$p = 0,1,2$; а $R_v^1(p)$ соответствуют $\Omega^\sigma(p,1)$,

$$\text{где } v = 1, -1, \tau, \text{ а } \sigma = \begin{cases} +, \text{ если } v = 1, \\ -, \text{ если } v = -1, \\ \tau, \text{ если } v = \tau. \end{cases}$$

Для минимизации случайности расширений БФ₁(0) в HPW_1 в целях обнаружения эмпирических закономерностей будем рассматривать применение ДСМ-рассуждений ко всем перестановкам элементов истории действительного возможного мира HPW_1 .

Для HPW_1 и $p = 0, 1, 2$ получим множество \overline{HPW} всех историй возможных миров таких, что они порождены $(s+1)!$ перестановками HPW_1 , где $s=2$:

$$HPW_1: R^1(0), R^1(0) \cup B_1, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$$

$$HPW_2: R^1(0), R^1(0) \cup B_2, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$$

$$HPW_3: B_1, R^1(0) \cup B_1, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$$

$$HPW_4: B_1, B_1 \cup B_2, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$$

$$HPW_5: B_2, R^1(0) \cup B_2, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$$

$$HPW_6: B_2, B_1 \cup B_2, R^1(0) \cup B_1 \cup B_2.$$

Очевидно, что

$$R^h(p+1) = R^h(p) \cup B_{p+1},$$

где $R^h(p) \cap B_{p+1} = \Lambda$, а $1 \leq h \leq 3!$, $p = 0,1,2$, $s=2$, где s – число расширений $R^1(0), R^h(2) = R^1(0) \cup B_1 \cup B_2$ для всех h , а $\overline{HPW} = \{HPW_h | 1 \leq h \leq 3!\}$ и $R^h(s+1) = R^j(s+1)$ для всех h, j .

В общем случае для s -расширений $R^1(0)$ имеем $\overline{HPW} = \{HPW_h | 1 \leq h \leq (s+1)!\}$, где \overline{HPW} – множество всех историй возможных миров для s расширений начального действительного возможного мира $PW R^1(0)$, а $|\overline{HPW}|$ – число элементов \overline{HPW} .

Множеству историй возможных миров соответствует семейство предикатов $H_2(V, Y, p, h)$ и $H_1(Z, Y, p, h)$ вместо предикатов $V \Rightarrow_1^{(p)} Y$ и $Z \Rightarrow_1^{(p)} Y$, соответственно, имеющих только параметр p такой, что областью определения (*domain*) $Z \Rightarrow_1^{(p)} Y$ является БФ(p).

Для БФ(p, h) и \overline{HPW} значениями p являются номера баз фактов \bar{p} , а значениями h являются номера \bar{h} историй возможных миров $HPW_{\bar{h}}$, где $HPW_{\bar{h}} \in \overline{HPW}$. Областями определения V, Z и Y являются $2^{U^{(1)}}$ и $2^{U^{(2)}}$, соответственно, где $U^{(1)}$ и $U^{(2)}$ – исходные множества для образования объектов (подобъектов) и эффектов, соответственно.

Посредством предикатов $H_2(V, Y, p, h)$ формулируются п.п.в.-1 – правила индуктивного вывода для $Str_{x,y}$, заданные на историях возможных миров HPW_h , где $HPW_h \in \overline{HPW}, 1 \leq h \leq (s+1)!$, а s – число расширений начальной БФ(0,1):

$$(I)_{x,y}^+ \frac{J_{(\tau,n)} H_2(V, Y, p, h), M_{x,n}^+(V, Y, p, h) \& \neg M_{y,n}^-(V, Y, p, h)}{J_{(1,n+1)} H_2(V, Y, p, h)}.$$

Аналогично определяются $(I)_{x,y}^\sigma$, где $\sigma = -, 0$, а также

$$(I)_{x,y}^\tau \frac{J_{(\tau,n)} H_2(V, Y, p, h), \neg M_{x,n}^+(V, Y, p, h) \& \neg M_{y,n}^-(V, Y, p, h)}{J_{(\tau,n+1)} H_2(V, Y, p, h)}.$$

В M^σ -предикатах вхождения $Z \Rightarrow_1^{(p)} Y$ заменяются на $H_1(Z, Y, p, h)$, где $\sigma = +, -$ [16].

Для задания правил вывода по аналогии (п.п.в.-2) аналогично п.п.в.-1 определяются предикаты $\Pi_n^\sigma(X, Y, p, h)$, где $\sigma = +, -, 0, \tau$,

$$(II)_{x,y}^\sigma \frac{J_{(\tau,n)} H_1(X, Y, p, h), \Pi_n^\sigma(X, Y, p, h)}{J_{(v,n+1)} H_1(X, Y, p, h)},$$

где $v = \begin{cases} 1, \text{ если } \sigma = +, \\ -1, \text{ если } \sigma = -, \\ 0, \text{ если } \sigma = 0. \end{cases}$

$$(II)_{x,y}^\tau \frac{J_{(\tau,n)} H_1(X, Y, p, h), \Pi_n^\tau(X, Y, p, h)}{J_{(\tau,n+1)} H_1(X, Y, p, h)}.$$

Замечание 11. В силу использования семантики историй возможных миров HPW_h и соответствующих ей определений исходных предикатов $H_2(V, Y, p, h)$ и $H_1(Z, Y, p, h)$ изменяется и определение ДСМ-рассуждения, образованное правилами индуктивного вывода (п.п.в.-1) и правилами вывода по аналогии (п.п.в.-2) и

абдуктивным принятием порождаемых полугипотез о причинах и предсказаниях, которое использует аксиомы АКП^(σ) и их ослабления (∃)^(σ), где σ = +, −.

Очевидно, что в АКП^(σ) и (∃)^(σ) предикаты $V \Rightarrow_2^{(p)} Y$ и $X \Rightarrow_1^{(p)} Y$ заменяются на $H_2(V, Y, p, h)$ и $H_1(X, Y, p, h)$, соответственно, что вызывает изменения в определениях функций $\rho^\sigma(p)$, где σ = +, −.

Таким образом, в соответствии с Замечанием 11 изменяется Df.2-2 базисного и допустимого ДСМ-рассуждения.

Применение ДСМ-рассуждения к множеству историй возможных миров \overline{HPW} для обнаружения сохранения полугипотез о причинах и полугипотез о предсказаниях образует **ДСМ-исследование**, результатом которого могут быть **эмпирические закономерности** – эмпирические законы и эмпирические тенденции [16].

Из определения Df.2-2 базисного ДСМ-рассуждения следует применимость правил индуктивного вывода п.п.в.-1 (I)_{x,y}^σ и правил вывода по аналогии п.п.в.-2 (II)_{x,y}^σ для $Str_{x,y}$, где σ = +, −, 0, τ, к последовательности $\Omega(0, h), \dots, \Omega(s, h)$, где $h=1, \dots, (s+1)!$. Следовательно, результаты применения п.п.в.-1 и п.п.в.-2 можно расположить следующим образом:

$$\Omega(0, h), \Omega(1, h), \dots, \Omega(s, h) \bullet \Omega(0, h), \Omega(1, h), \dots, \Omega(s, h),$$

$$v_0 \quad v_1 \quad v_s \quad \theta_0 \quad \theta_1 \quad \theta_s$$

где v_i, θ_i – типы истинностных значений $\bar{v} = \langle v, n \rangle$, где $v = 1, -1, 0$, или $v = (\tau, n)$, являющиеся результатом применения (I)_{x,y}^σ и (II)_{x,y}^σ, соответственно, к $\Omega(0, h), \dots, \Omega(s, h)$, где σ = +, −, 0, τ, а $h=1, \dots, (s+1)!$ для стратегии ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}$.

Последовательность $Cd = Cd_1 \bullet Cd_2$,

где $Cd_1 = v_1 v_2 \dots v_{s+1}$, $Cd_2 = \theta_1 \theta_2 \dots \theta_{s+1}$, будем называть **кодом** ДСМ-исследования. Если $Cd_1 = v_1 v_2 \dots v_{s+1}$, а v_i для $i=1, \dots, s+1$ или $v_i = -1$ для $i=1, \dots, s+1$; а $v_i = \theta_i$ для $i=1, \dots, s+1$, то Cd будем называть **регулярным кодом** типа L. Если $Cd_1 = v_1 v_q \dots v_{q+1} \dots v_{s+1}$ и $v_i = \tau$ для $1 \leq i \leq q$, $v_j = v$ для всех j $q+1 \leq j \leq s+1$, $v=1$ или $v=-1$ для всех j и $q < s+1-q$, $2q < s+1$ и $Cd_2 = \theta_1 \dots \theta_{s+1}$, где $v_i = \theta_i$ для всех $i=1, \dots, s+1$, то код ДСМ-исследования $Cd = Cd_1 \bullet Cd_2$, где \bullet – знак конкатенации, будем называть **регулярным кодом** типа T. Если же число τ в Cd_1 такое, что $2q \geq s+1$, то Cd будем называть **кодом** ДСМ-исследования типа WT.

Код ДСМ-исследования Cd будем называть **регулярным**, если и только если Cd есть регулярный код типов L, T или WT.

В [16] были определены шесть пар предикатов сохранения полугипотез о причинах и соответствующих им предикатов сохранения полугипотез о предсказаниях $L_2^\sigma(V, Y, p, s, h)$, $L_1^\sigma(Z, Y, p, s, h)$; $\hat{L}_2^\sigma(V, Y, p, s, h)$,

$$\hat{L}_1^\sigma(Z, Y, p, s, h); L_{2,\tau}^\sigma(V, Y, p, s, h), L_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h);$$

$$\hat{L}_{2,\tau}^\sigma(V, Y, p, s, h), \hat{L}_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h); \bar{L}_{2,\tau}^\sigma(V, Y, p, s, h),$$

$$\bar{L}_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h); \bar{\hat{L}}_{2,\tau}^\sigma(V, Y, p, s, h), \bar{\hat{L}}_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h).$$

Перечисленные предикаты являются **генераторами** полугипотез о причинах и предсказаниях.

Паре $L_{2,\tau}^\sigma, L_{1,\tau}^\sigma$ соответствует порождаемый ими код

$$Cd = v_1 \dots v_{s+1} \bullet v_1 \dots v_{s+1},$$

где $v_i = 1$ для всех i или $v_i = -1$ для всех i , но не имеет место условие

$$M: \rho^\sigma(0) \leq \dots \leq \rho^\sigma(s) \quad [16],$$

где σ = +, −. Паре $\hat{L}_{2,\tau}^\sigma, \hat{L}_{1,\tau}^\sigma$ соответствует аналогичный Cd, но выполняется условие M. Паре генераторов $L_{2,\tau}^\sigma, L_{1,\tau}^\sigma$ соответствует

$$Cd = \underbrace{\tau \dots \tau}_q \underbrace{v \dots v}_{s+1-q} \bullet \underbrace{\tau \dots \tau}_q \underbrace{v \dots v}_{s+1-q}$$

такой, что $2q < s+1$ и не выполняется M (условие невыполнимости M обозначается посредством $\neg M$ [16]).

Паре генераторов $\hat{L}_{2,\tau}^\sigma, \hat{L}_{1,\tau}^\sigma$ соответствует $Cd = \tau \dots \tau v \dots v \bullet \tau \dots \tau v \dots v$ такой, что он аналогичен коду для $L_{2,\tau}^\sigma, L_{1,\tau}^\sigma$, но имеет место

$$M: \rho^\sigma(0) \leq \dots \leq \rho^\sigma(s).$$

Паре генераторов $\bar{L}_{2,\tau}^\sigma, \bar{L}_{1,\tau}^\sigma$ соответствует $Cd = \underbrace{\tau \dots \tau}_q \underbrace{v \dots v}_{s+1-q} \bullet \underbrace{\tau \dots \tau}_q \underbrace{v \dots v}_{s+1-q}$ та-

кой, что $2q \geq s+1$ и имеет место $\neg M$. Паре генераторов $\hat{L}_{2,\tau}^\sigma, \hat{L}_{1,\tau}^\sigma$ соответствует Cd аналогичный для пары $\bar{L}_{2,\tau}^\sigma, \bar{L}_{1,\tau}^\sigma$, такой, что имеет место условие M.

Каждая пара генераторов полугипотез порождает их **пролонгированное каузальное вынуждение (PCF)**, характеризуемое следующими утверждениями (propositions) [16]:

$$A_1^+ \quad \exists h \exists s \forall V \forall Y \forall Z \forall p ((L_{2,\tau}^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& \& P(Z, Y, p, h)) \rightarrow L_{1,\tau}^+(Z, Y, p, s, h))$$

где

$$P(Z, Y, p, h) \equiv \neg \exists V_0 \exists n ((J_{\langle -1, n \rangle} H_2(V_0, Y, p, h) \vee \vee J_{\langle 0, n \rangle} H_2(V_0, Y, p, h)) \& (V_0 \subset Z))$$

(аналогично формулируется A_1^-), A_2^+ и A_2^- получаем

$$\text{заменой } L_2^\sigma \text{ и } L_1^\sigma \text{ на } \hat{L}_2^\sigma \text{ и } \hat{L}_1^\sigma \text{ соответственно, где } \sigma = +, -.$$

$$A_3^+ \quad \exists h \exists s \forall V \forall Y \forall Z \forall p ((\hat{L}_{2,\tau}^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& \& P(Z, Y, p, h)) \rightarrow \hat{L}_{1,\tau}^+(Z, Y, p, s, h))$$

(аналогично формулируется A_3^-), A_4^+ и A_4^- получаем

$$\text{заменой } L_{2,\tau}^\sigma \text{ и } L_{1,\tau}^\sigma \text{ на } \hat{L}_{2,\tau}^\sigma \text{ и } \hat{L}_{1,\tau}^\sigma \text{ соответственно.}$$

$$A_5^+ \quad \exists h \exists s \forall V \forall Y \forall Z \forall p ((\bar{L}_{2,\tau}^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& \& P(Z, Y, p, h)) \rightarrow \bar{L}_{1,\tau}^+(Z, Y, p, s, h))$$

(аналогично формулируется A_5^-), A_6^+ и A_6^- получаем

$$\text{заменой } \bar{L}_{2,\tau}^\sigma \text{ и } \bar{L}_{1,\tau}^\sigma \text{ на } \bar{\hat{L}}_{2,\tau}^\sigma \text{ и } \bar{\hat{L}}_{1,\tau}^\sigma \text{ соответственно.}$$

$$\text{Заметим, что утверждения } A_j^+, \text{ где } \sigma = +, -, \text{ а } 1 \leq j \leq 6, \text{ истинны в MJL.}$$

Замечание 12. A_j^+ могут быть усилены экзистенциальными условиями истинности их антецедентов, а именно: \tilde{A}_j^+ есть

$$\exists h \exists s \forall p (\forall V \forall Y \forall Z ((L_2^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& P(Z, Y, p, h)) \rightarrow L_1^+(Z, Y, p, s, h)) \& \exists h \exists s \exists Z (L_2^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& P(Z, Y, p, h)))$$

Аналогично формулируются \tilde{A}_j^σ , где $1 \leq j \leq 6$, а $\sigma = +, -$.

Можно показать, что в MJL из \tilde{A}_j^σ следует экзистенциальное условие для консеквента. Например, из \tilde{A}_1^+ выводимо методом аналитических таблиц $\exists Z \exists Y \exists p \exists s \exists h L_1^+(Z, Y, p, s, h)$ [41]. Аналогично выводятся экзистенциальные условия для консеквентов \tilde{A}_j^σ $2 \leq j \leq 6$.²⁰

\tilde{A}_j^σ , где $\sigma = +, -$, а $1 \leq j \leq 6$ выражают **сохранение** гипотез о причинах V эффекта Y для всех объектов Z таких, что $V \subset Z$ и представляет вынуждение (*forcing*) гипотез о предсказаниях гипотезами о причинах в истории возможных миров HPW_h для всех её составляющих БФ(p, h).

Добавленные к A_j^σ экзистенциальные условия, образующие \tilde{A}_j^σ , необходимы для дальнейшего определения эмпирических номологических высказываний [47], для которых существенно, чтобы их истинность не зависела бы от ложности антецедента [16].

Охарактеризуем теперь **принятие** порожденных полугипотез о причинах эффектов и полугипотез об их предсказаниях посредством ДСМ-рассуждений и **ДСМ-исследований**, определяемых ниже. Заметим при этом, что принятие полугипотез и заключительных гипотез в процессе ДСМ-исследования имеет пять **уровней**, соответствующих эвристике ДСМ-исследований [16].

Рассмотрим условие пролонгированного каузального вынуждения (PCF_1)

$$A_1^+ \quad \exists h \exists s \forall V \forall Y \forall Z \forall p ((L_2^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& P(Z, Y, p, h)) \rightarrow L_1^+(Z, Y, p, s, h))$$

Обозначим антецедент A_1^+

посредством $D_{2,1}^+(V, Y, Z, p, s, h)$, где

$$D_{2,1}^+(V, Y, Z, p, s, h) \equiv L_2^+(V, Y, p, s, h) \& (V \subset Z) \& P(Z, Y, p, h)$$

Тогда представим \tilde{A}_1^+ следующим образом:

$$\exists h \exists s \forall Z \forall p ((\forall V \forall Y D_{2,1}^+(V, Y, p, s, h) \rightarrow L_1^+(Z, Y, p, s, h)) \& \exists V_1 \exists Y_1 D_{2,1}^+(V_1, Y_1, Z, p, s, h)).$$

Аналогично представим \tilde{A}_j^σ посредством $D_{2,j}^\sigma(V_1, Y_1, Z_1, p, s, h)$ для $1 \leq j \leq 6$ и $\sigma = +, -$.

Первым уровнем принятия полугипотез о причинах и полугипотез о предсказаниях для БФ(p) являются LF и CF, соответственно.

Вторым уровнем принятия этих полугипотез является пролонгированное каузальное вынуждение (PCF) для допустимых ДСМ-рассуждений согласно Df.2-2, использующее метапредикат принятия полугипотез $Asp_2(\varphi)$, посредством которого формулируется абдукция 1-го рода. Заметим, что имеются шесть видов PCF посредством \tilde{A}_j^σ , где $1 \leq j \leq 6$ и $\rho = +, -$ [16].

Третьим уровнем принятия полугипотез является использование множества всех историй возможных миров \overline{HPW} и множества PCF_j , т. е. \tilde{A}_j^σ , где $1 \leq j \leq 6$ и $\rho = +, -$. На этом уровне принятия определяется множество **интегральных** каузальных вынуждений \overline{ICF} и соответствующие модальности, характеризующие **эмпирические закономерности** [16].

Пусть для фиксированной $Str_{x,y}$ определено условие PCF_j \tilde{A}_j^σ , где $1 \leq j \leq 6$ и $\sigma = +, -$, тогда, подставив вместо переменных V, V_1 и Y, Y_1 константы C' и Q , соответственно, получим $\tilde{A}_j^\sigma(C', Q)$, которые будем называть **реализациями** \tilde{A}_j^σ . Таким образом, получим, например,

$$\exists h \exists s \forall Z \forall p ((D_{2,1}^+(C', Q, Z, p, s, h) \rightarrow L_1^+(Z, Q, p, s, h)) \& D_{2,1}^+(C', Q, Z, p, s, h)),$$

которая есть $\tilde{A}_1^+(C', Q)$ – реализация \tilde{A}_1^+ . Аналогично получим $\tilde{A}_j^\sigma(C', Q)$, где $1 \leq j \leq 6$ и $\sigma = +, -, -$ реализации \tilde{A}_j^σ .

На третьем уровне принятия полугипотез уточняется **идея эмпирических закономерностей**, преобразуемая в соответствующее **понятие**, что является осуществлением интеллектуальной способности (12)* – уточнения (*explication*) неясных идей посредством преобразования их в понятия. Это означает, что для идеи «множество эмпирических закономерностей (ER)» определяются интенционал (intension), экстенционал (extension) и процедурная реализация интенционала для выражения процедурного знания о ER [16]²¹.

Интенционал IntER множества эмпирических закономерностей ER определяется **независимо** от стратегий ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}$ и характеризуется как декларативное знание [45]²². Далее определим IntER посредством функций G и \bar{G} .

²⁰ Рассмотренные экзистенциальные усиления A_j^σ в \tilde{A}_j^σ равносильны допущению о непустоте антецедента $A_j^\sigma : \neg(D_{2,j}^\sigma = \Lambda)$ в [16].

²¹ Преобразование идей в понятия является реализацией идеи Ч.С. Пирса о том «Как сделать наши идеи ясными» [14]. См. в этой связи [48].

²² См. также [48].

Df.4-2. Пусть $A^\sigma = \{\tilde{A}_1^\sigma, \tilde{A}_2^\sigma, \tilde{A}_3^\sigma, \tilde{A}_4^\sigma, \tilde{A}_5^\sigma, \tilde{A}_6^\sigma\}$, где $\sigma = +, -$, а $A = A^+ \cup A^-$, тогда G есть отображение \overline{HPW} в A , $G: \overline{HPW} \rightarrow A$, где $G(HPW_h) = \tilde{A}_j^\sigma$, где $1 \leq h \leq (s+1)!$, $1 \leq j \leq 6$ и $\sigma = +, -$.

Напомним, что \tilde{A}_j^σ является условием пролонгированного каузального вынуждения PCF_j^σ эффекта Y посредством причины V : $PCF_j^\sigma(V, Y) \Leftrightarrow \tilde{A}_j^\sigma(V, Y)$, где $\tilde{A}_j^\sigma(V, Y)$ получено из \tilde{A}_j^σ устранением кванторов $\forall V, \forall Y$ из префикса $\forall V \forall Y$ при $D_{2,j}^\sigma(V, Y, Z, p, s, h)$, а $\sigma = +, -$, $1 \leq j \leq 6$ и устранением кванторов $\exists V_1 \exists Y_1$ при $D_{2,j}^\sigma(V_1, Y_1, Z, p, s, h)$, с заменой V_1 и Y_1 на V и Y , соответственно. Таким образом, $PCF_j^\sigma(V, Y) \Leftrightarrow \exists h \exists s \forall Z \forall p (D_{2,j}^\sigma(V, Y, Z, p, s, h) \rightarrow L_1^\sigma(Z, Y, p, s, h) \& D_{2,j}^\sigma(V, Y, Z, p, s, h))$

Определим также $PCF^\sigma(V, Y) \Leftrightarrow \bigvee_{j=1}^6 PCF_j^\sigma(V, Y)$,

где $\sigma = +, -$.

Предикат $PCF^\sigma(V, Y)$ в MJL определяет возможное пролонгированное каузальное вынуждение для $\sigma = +, -$, а $PCF(V, Y) \Leftrightarrow PCF^+(V, Y) \vee PCF^-(V, Y)$.

Для второго уровня принятия полугипотез имеет место утверждение (*proposition*): из выполнимости $PCF(V, Y)$ следует выполнимость $\text{Asp}_2(\varphi)$.

Определим, далее, функцию $\bar{G}(\overline{HPW})$, такую, что она отображает \overline{HPW} в 2^A , т. е. $\bar{G}(\overline{HPW}) \rightarrow 2^A$, где $A = A^+ \cup A^-$.

Таким образом, $\bar{G}(\overline{HPW}) = \mathfrak{X}$, где $\mathfrak{X} \in 2^A$.

В A_j^σ , где $1 \leq j \leq 6$, устраним $\exists h$ в префиксах и рассмотрим $A_j^\sigma(h)$.

Df.5-2. $\bar{G}: (\overline{HPW}) \rightarrow 2^A$,

где $\overline{HPW} = \{HPW_1, \dots, HPW_{(s+1)!}\}$, определяется посредством условий $1^0(a) - 14^0(n)$, где $E = \{a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n\}$ [16], формулированных ниже, где $\sigma = +, -$.

1^0 .

$$\begin{aligned} \text{a: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h_1) \& \exists h_2(\neg(h_1 = h_2) \& G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h_2) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_4^\sigma(h))); \end{aligned}$$

2^0 .

$$\begin{aligned} \text{b: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \\ & = \tilde{A}_1^\sigma(h_1) \& \exists h_2(\neg(h_1 = h_2) \& G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h_2) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_1^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_3^\sigma(h))); \end{aligned}$$

3^0 .

$$\begin{aligned} \text{c: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h_1) \& \exists h_2(\neg(h_1 = h_2) \& G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h_2) \& \exists h_3(G(HPW_{h_3}) = \\ & = \tilde{A}_6^\sigma(h_3) \& \forall h(G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_2^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_6^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_4^\sigma(h))); \end{aligned}$$

4^0 .

$$\begin{aligned} \text{d: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \\ & = \tilde{A}_1^\sigma(h_1) \& \exists h_2(\neg(h_1 = h_2) \& G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_1^\sigma(h_2) \& \exists h_3(G(HPW_{h_3}) = \\ & = \tilde{A}_5^\sigma(h_3) \& \forall h(G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_1^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_5^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_5^\sigma(h))); \end{aligned}$$

5^0 .

$$\begin{aligned} \text{e: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \tilde{A}_2^\sigma(h_1) \& \exists h_2(G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_4^\sigma(h_2) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \tilde{A}_4^\sigma(h))); \end{aligned}$$

6^0 .

$$\begin{aligned} \text{f: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \tilde{A}_1^\sigma(h_1) \& \exists h_2(G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_3^\sigma(h_2) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \tilde{A}_3^\sigma(h))); \end{aligned}$$

7^0 .

$$\begin{aligned} \text{g: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \tilde{A}_2^\sigma(h_1) \& \exists h_2(G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_6^\sigma(h_2) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_6^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_4^\sigma(h))); \end{aligned}$$

8^0 .

$$\begin{aligned} \text{h: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \tilde{A}_1^\sigma(h_1) \& \exists h_2(G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_5^\sigma(h_2) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_5^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_3^\sigma(h))); \end{aligned}$$

9^0 .

$$\begin{aligned} \text{i: } & \exists h_1((G(HPW_{h_1}) = \\ & = \tilde{A}_4^\sigma(h_1) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \tilde{A}_4^\sigma(h))); \end{aligned}$$

10^0 .

$$\begin{aligned} \text{j: } & \exists h_1((G(HPW_{h_1}) = \\ & = \tilde{A}_3^\sigma(h_1) \& \forall h(\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \tilde{A}_3^\sigma(h))); \end{aligned}$$

11^0 .

$$\begin{aligned} \text{k: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \tilde{A}_4^\sigma(h_1) \& \exists h_2(G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_6^\sigma(h_2) \& \forall h(G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_4^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_6^\sigma(h))); \end{aligned}$$

12^0 .

$$\begin{aligned} \text{l: } & \exists h_1(G(HPW_{h_1}) = \tilde{A}_3^\sigma(h_1) \& \exists h_2(G(HPW_{h_2}) = \\ & = \tilde{A}_5^\sigma(h_2) \& \forall h(G(HPW_h) = \\ & = \tilde{A}_3^\sigma(h) \vee G(HPW_h) = \tilde{A}_5^\sigma(h))); \end{aligned}$$

13⁰.

$$m : \exists h_1 ((G(HPW_{h_1})) = \tilde{A}_6^\sigma(h_1)) \& \forall h (\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \tilde{A}_6^\sigma(h));$$

14⁰.

$$n : \exists h_1 ((G(HPW_{h_1})) = \tilde{A}_5^\sigma(h_1)) \& \forall h (\neg(h = h_1) \rightarrow G(HPW_h) = \tilde{A}_5^\sigma(h)).$$

Каждое из условий 1⁰–14⁰, обозначаемых посредством a,b,c,d,e,f,g,h,i,k,l,m, будем также обозначать как A_χ^σ , где $\chi \in \{a,b,\dots,m,n\}$, а $\sigma = +, -$.

A_χ^σ будем называть условиями интегральных каузальных вынуждений (ICF). Множество всех ICF обозначим посредством \overline{ICF} .

Таким образом, множество значений (range) $\overline{G(HPW)}$ является

$$\overline{ICF} = \{ \tilde{A}_\chi^\sigma | (\chi \in E) \& (\sigma \in \{+, -\}) \}.$$

\overline{ICF} является **интенционалом** понятия ER – множества эмпирических закономерностей:

$$\text{IntER} = \overline{ICF},$$

$$\text{где } \overline{ICF} = \{ \tilde{A}_\chi^+ | (\chi \in E) \} \cup \{ \tilde{A}_\chi^- | (\chi \in E) \},$$

где $E = \{a,b,\dots,m,n\}$. Таким образом, \tilde{A}_χ^σ являются элементами IntER, представляющими интегральные каузальные вынуждения такие, что посредством \tilde{A}_χ^σ реализуется принятие полугипотез о причинах и предсказаниях на третьем уровне принятия результатов ДСМ-исследования [16]. Принятые на этом уровне полугипотезы будем называть **обоснованными** полугипотезами или **гипотезами** ДСМ-исследования, полученными с применением **когерентной концепции истины** [27, 28] посредством условий A_χ^σ .

В [16] \overline{ICF} представлено Деревом T классификации эмпирических закономерностей таких, что

$$\text{IntER} = \text{EL} \cup \text{ET} \cup \text{WET},$$

где $\text{EL} = \{a,b,c,d,e,f,g,h\}$, $\text{ET} = \{i,j,k,l\}$, $\text{WET} = \{m,n\}$, которые, соответственно, представляют интенционалы эмпирических законов, эмпирических тенденций и слабых эмпирических тенденций.

EL, ET и WET образуют разбиение (partition) IntER, а EL, ET и WET представлены именами соответствующих элементов интенционалов эмпирических законов, тенденций и слабых тенденций, соответственно.

$\bar{E} = \langle E, \sqsupseteq \rangle$ является частично упорядоченным множеством с отношением порядка $x \sqsupseteq y$ [16] таким, что a и n – **наибольший** и **наименьший** элементы E , соответственно: $\forall x (a \sqsupseteq x)$ и $\forall x (x \sqsupseteq n)$, где E – множество имен IntER.

$X \sqsupseteq Y$ определяется для пар $\langle \Psi, \bar{M} \rangle$ таких, что значениями Ψ являются $\langle v, v \rangle^*$, $\langle \tau, v \rangle^*$; $\langle v, v \rangle \langle \tau, v \rangle$, $\langle \tau, v \rangle$; $\langle v, v \rangle \& (2q < s+1)$, $\langle v, v \rangle \& (2q \geq s+1)$, $\langle \tau, v \rangle \& (2q < s+1)$, $\langle \tau, v \rangle \& (2q \geq s+1)$, образующие вершины дерева классификации $\overline{\text{IntER}}$ с начальной вершиной $\overline{\text{IntER}}$ [16].

$\langle v, v \rangle^*$ и $\langle \tau, v \rangle^*$ – типы кодов Cd такие, что $v \dots v \bullet v \dots v$ и $\tau \dots \tau v \dots v \bullet v \dots v$, соответственно; $\langle v, v \rangle^*$ и $\langle \tau, v \rangle^*$ непосредственно следуют за начальной вершиной Дерева T [16]. Имеет место следующее упорядочение посредством отношения $>$: $\langle v, v \rangle^* > \langle \tau, v \rangle^*$, $\langle v, v \rangle^* > \langle v, v \rangle \langle \tau, v \rangle$, $\langle v, v \rangle \langle \tau, v \rangle > \langle \tau, v \rangle$, где $\langle v, v \rangle \langle \tau, v \rangle$ и $\langle \tau, v \rangle$ – потомки вершин $\langle v, v \rangle^*$ и $\langle \tau, v \rangle^*$; $\langle v, v \rangle \& (2q < s+1) > \langle v, v \rangle \& (2q \geq s+1)$ и $\langle \tau, v \rangle \& (2q < s+1) > \langle \tau, v \rangle \& (2q \geq s+1)$.

Значениями \bar{M} являются условия монотонности и немонотонности $\rho^\sigma(p)$, соответственно: M и $\neg M$, где $M > \neg M$.

$$X \sqsupseteq Y, \text{ если } x = \langle \Psi_1, \bar{M}_1 \rangle$$

$Y = \langle \Psi_2, \bar{M}_2 \rangle$ и $\Psi_1 > \Psi_2$, $\bar{M}_1 > \bar{M}_2$; $X = Y$, если $\Psi_1 = \Psi_2$ и $\bar{M}_1 = \bar{M}_2$ [16].

Замечание 13. Согласно Df.5-2 функция \bar{G} порождает элементы интенционала \overline{ICF} понятия ER, т. е. $\text{IntER} = \overline{ICF} : A_\chi^\sigma$, где $\chi \in \{a,b,\dots,m,n\}$ (χ – имя элементов IntER).

Например, A_a^σ порождается PCF \tilde{A}_2^σ и \tilde{A}_4^σ и, соответственно, условием M монотонности $\rho^\sigma(p)$. В силу чего: $\forall x (a \sqsupseteq x)$ – a есть наибольший элемент частично упорядоченного множества $\bar{E} = \langle E, \sqsupseteq \rangle$.

Аналогично: A_n^σ порождается PCF \tilde{A}_5^σ и условием $\neg M$ немонотонности $\rho^\sigma(p)$. Заметим, что $\forall x (a \sqsupseteq n)$, где n – наименьший элемент \bar{E} ²³.

На третьем уровне принятия результатов ДСМ-исследований используется интенционал множества эмпирических закономерностей ER, которым является $\overline{\text{IntER}}$, представленный посредством A_χ^σ , где $\sigma = +, -$, а $\chi \in \{a,b,\dots,m,n\}$, $\text{ER} = \text{EL} \cup \text{ET} \cup \text{WET}$, определяемых посредством PCF, принадлежащим второму уровню принятия полугипотез.

Рассмотрим $A_\chi^\sigma \in \text{IntER}$, устраним в A_χ^σ кванторы для переменных V, V_1 и Y, Y_1 в соответствующих A_j^σ , определяющих A_χ^σ согласно Df.5-2. Тогда в MJL получим метапредикат **выполнимости условия интегрального каузального вынуждения** $ICF_\chi^\sigma(V, Y) \Rightarrow A_\chi^\sigma(V, Y)$, где $\chi \in E$, а $\sigma = +, -$.

Напомним, что IntER определяется независимо от $Str_{x,y}$ из множества \overline{Str} . Однако для порождения **реализаций** $ICF^{(\sigma)}(V, Y)$ посредством пар констант $\langle C', Q \rangle$ необходимо использовать $Str_{x,y}$, где $Str_{x,y} \in \overline{Str}$. Следовательно, реализацией $ICF^{(\sigma)}(C', Q)$ является $A_\chi^\sigma(C', Q)$, где $\sigma = +, -$, $\chi \in E$ есть элемент экстенционала ExtER, порожденного **процедурным** применением IntER, образующим ExtER [16].

PrIntER является заданием IntER посредством применения $Str_{x,y}$, где $Str_{x,y} \in \overline{Str}$ для конструктивизации IntER, порождающей ExtER [16].

²³ См. [16] см табл. 3.

Экстенционал понятия «множество эмпирических закономерностей» ER, порожденных стратегией $Str_{x,y}$ [35], в [16] определен следующим образом

$$ExtER_{x,y} =$$

$$= \left(\bigcup_{\chi \in E^+} \{ \langle V, Y \rangle \mid A_\chi^+(V, Y) \} \right) \cup \left(\bigcup_{\chi \in E^-} \{ \langle V, Y \rangle \mid A_\chi^-(V, Y) \} \right).$$

Общий же экстенционал ER есть

$$ExtER = \{ ExtER_{x,y} \mid Str_{x,y} \in \overline{Str} \}.$$

Заметим, что в свою очередь Ext и Int правил индуктивного вывода (п.п.в.-1) являются дистрибутивными решетками [35].

Понятие эмпирической закономерности, определяемое в ДСМ-методе АПИ, состоит из **содержания**

$$IntER = \{ A_a^+, A_b^+, \dots, A_m^+, A_n^+ \} \cup \{ A_a^-, A_b^-, \dots, A_m^-, A_n^- \},$$

упорядочения содержания посредством $\bar{E} = \langle E, \supseteq \rangle$,

где $E = \{ a, b, \dots, m, n \}$ – множество типов эмпирических закономерностей; **конструктивизации** IntER, реализуемой PrIntER, и **экстенционала**

$$ExtER = \{ ExtER_{x,y} \mid Str_{x,y} \in \overline{Str} \}.$$

Таким образом, понятие множества эмпирических закономерностей

$$ConceptER = \langle IntER, PrIntER, ExtER \rangle [16].$$

Заметим, что ConceptER является средством представления взаимодействия **декларативного** знания в базах фактов, **процедурного** знания, применяемого посредством $Str_{x,y}$ для п.п.в.-1 и п.п.в.-2 (правила вывода по аналогии), и **концептуального** знания, представленного в IntER.

Формирование ConceptER завершает третий уровень **принятия** результатов ДСМ-метода АПИ, которыми являются **обоснованные** полугипотезы о причинных и соответствующие им полугипотезы о предсказаниях, квалифицируемые уже как **гипотезы**.

Существенно отметить, что в отличие от элементов A_χ^σ IntER, определяемых **независимо** от $Str_{x,y}$, $ICF_\chi^{(\sigma)}(V, Y)$, где $ICF_\chi^{(\sigma)}(V, Y) \Leftrightarrow A_\chi^\sigma(V, Y)$ определяется относительно фиксированной $Str_{x,y}$, являясь процедурной реализацией IntER, принадлежащей процедурному знанию, обозначаемому посредством PrIntER.

Замечание 14. Элементами $ExtER_{x,y}$ являются реализации $A_\chi^\sigma(V, Y)$, т. е. пары $\langle C', Q \rangle$ такие, что

$$v[A_\chi^\sigma(C', Q)] = t \text{ для } Str_{x,y}.$$

$A_\chi^\sigma(C', Q)$ – реализации элемента IntER.

$A_\chi^\sigma(C', Q)$ будем также называть процедурной характеристикой $\langle C', Q \rangle$ – элемента $ExtER_{x,y}$.

Если истинны $A_\chi^\sigma(C'_1, Q_1)$ и $A_\chi^\sigma(C'_2, Q_2)$, то элементы $ExtER_{x,y}$ $\langle C'_1, Q_1 \rangle$ и $\langle C'_2, Q_2 \rangle$ будем называть **однотипными**; если же $Q_1 = Q_2$, то $\langle C'_1, Q_1 \rangle$ и $\langle C'_2, Q_2 \rangle$ будем называть **эквивалентными**.

$A_\chi^\sigma(C', Q)$ являются **гипотезами** соответствующих эмпирических закономерностей из множества ER, где $\chi \in E$, а $\sigma = +, -$. Эти гипотезы принимают

ся на уровнях 1-3 посредством когерентной концепции истины, оценивающей результаты ДСМ-исследований, реализующих допустимые ДСМ-рассуждения относительно множества историй возможных миров \overline{HPW} .

Устранив из предикатов в \tilde{A}_j^σ , где $1 \leq j \leq 6$, $\sigma = +, -$ кванторы $\forall V \forall Y$, получим $\tilde{A}_j^\sigma(V, Y)$ и их реализации $\tilde{A}_j^\sigma(C', Q)$, подставив вместо V и Y , соответственно, C' , Q . Определим теперь модальные операторы необходимости \square_χ , возможности \diamond_{χ_2} и слабой возможности ∇_{χ_3} ([16], Df.17-4).

Df.6-2. Определим модальные операторы для реализаций $PCF \tilde{A}_j^\sigma$, где $1 \leq j \leq 6$, $\sigma = +, -$:

$$\square_{\chi_1} \tilde{A}_1^\sigma(C', Q) \Leftrightarrow A_{\chi_1}^\sigma(C', Q), \text{ где } \chi_1 \in \{b, d, f, h\};$$

$$\square_{\chi_1} \tilde{A}_2^\sigma(C', Q) \Leftrightarrow A_{\chi_2}^\sigma(C', Q), \text{ где } \chi_2 \in \{a, c, e, g\};$$

$$\diamond_{\chi_3} \tilde{A}_3^\sigma(C', Q) \Leftrightarrow A_{\chi_3}^\sigma(C', Q), \text{ где } \chi_3 \in \{j, l\};$$

$$\diamond_{\chi_4} \tilde{A}_4^\sigma(C', Q) \Leftrightarrow A_{\chi_4}^\sigma(C', Q), \text{ где } \chi_4 \in \{i, k\};$$

$$\nabla_{\chi_5} \tilde{A}_5^\sigma(C', Q) \Leftrightarrow A_{\chi_5}^\sigma(C', Q), \text{ где } \chi_5 = n;$$

$$\nabla_{\chi_6} \tilde{A}_6^\sigma(C', Q) \Leftrightarrow A_{\chi_6}^\sigma(C', Q), \text{ где } \chi_6 = m;$$

В Df.6-2 модальные операторы M_{χ_j} применимы к начальным реализациям пролонгированных каузальных вынуждений $\tilde{A}_j^\sigma(C', Q)$ в истории возможных миров HPW_1 , но с учетом PCF_h для $\tilde{A}_h^\sigma(C', Q)$ – потомков $\tilde{A}_j^\sigma(C', Q)$, реализуемых в HPW_h , где $1 < h \leq (s+1)!$.

Определенные в Df.6-2 модальные операторы M_χ являются **эмпирическими** модальностями, отличными от логических модальностей известных модальных логик [49, 50]²⁴.

Логики класса ERA эмпирических модальностей, порожденные ДСМ-рассуждениями, которые завершаются абдукцией 2-го рода (она определяется ниже), имеют ряд специфических особенностей, отличающих эти логики от модальных логик логических модальностей.

1. Семантикой логик класса ERA [16] является конечное множество историй конечных возможных миров таких, что возможными мирами являются базы фактов $B\Phi(p, h)$, содержащиеся в истории возможных миров HPW_h , где $1 \leq h \leq (s+1)!$, $p=0, 1, \dots, s$, а s – номер заключительной $B\Phi(s, h)$ в HPW_h .

2. Если φ – тавтология двузначной логики L_2 , то $M_\chi \varphi$ не является доказуемой в ERA.

3. \square_χ и \diamond_χ не выразимы в ERA посредством $\square_\chi \varphi \leftrightarrow \neg \diamond_\chi \neg \varphi$ и $\diamond_\chi \varphi \leftrightarrow \neg \square_\chi \neg \varphi$

4. Логики класса ERA используют две концепции истины – **когерентной** и **корреспондентной**, что порождено абдукцией 2-го рода, завершающей ДСМ-рассуждения, которая определяется ниже.

²⁴ Логики эмпирических модальностей рассмотрены в [16].

5. ERA имеют не только модальные операторы M_χ , но и оператор Т: Tr – «истинно, что p », введенный Г. фон Вригтом в [51].

Результатом применения ДСМ-метода АПИ как методологии и эвристики порождения гипотез о причинах и предсказаниях исследуемых эффектов, сохраняющихся в историях возможных миров HPW_h , где $HPW_h \in \overline{HPW}$, является множество гипотез эмпирических закономерностей \overline{ER} . \overline{ER} являются реализациями IntER понятия ConceptER, образующими ExtER посредством PrIntER – процедурной реализации IntER, использующей множество \overline{Str} .

Гипотезы, соответствующие ExtER и выражающие эмпирические закономерности типа χ , где $\chi \in E = \{a, b, \dots, m, n\}$, оправдываются принятиями результатов ДСМ-рассуждений и ДСМ-исследования на уровнях принятия 1, 2 и 3. Ранее, отмечалось, что на этих уровнях принятия результатов применяется когерентная теория истины, конструктивно реализуемая посредством $Str_{x,y}$.

Однако необходим **четвертый уровень принятия** гипотез, выражающих эмпирические закономерности – их **экспериментальное подтверждение** [52]. Это означает применение **корреспондентной истины** к результатам предсказаний исследуемых эффектов в заключительной БФ(s, h)²⁵. С этой целью в MJL вводится функция оценки (верификации) $Ver[\varphi]$.

Для каждой реализации $A_\chi^\sigma(C', Q)$, где $\sigma = +, -$, $\chi \in E$, которые определяют соответствующий модальный оператор M_χ (типов $\Box_\chi, \Diamond_\chi, \nabla_\chi$), формулируется абдукция 2-го рода, представляющая **абдуктивный вывод**. Приведем правила абдуктивного вывода для модальностей \Box_a, \Diamond_i и ∇_n , где C', Q, \bar{s}, \bar{h} – константы:

$$\begin{array}{l} \Box_a \forall Z \forall p (((\hat{L}_2^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}) \& (C' \subset Z) \& \\ P(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})) \rightarrow \hat{L}_1^+(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})) \& (\hat{L}_2^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}) \\ \& (C' \subset Z) \& P(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h}))), \\ \forall Z \forall p ((C' \subset Z) \rightarrow Ver[\hat{L}_1^+(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})] = t) \\ \hline \Box_a \forall p \hat{L}_2^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}), \\ \Diamond_i \forall Z \forall p (((\hat{L}_{2,\tau}^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}) \& (C' \subset Z) \& \\ P(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})) \rightarrow \hat{L}_{1,\tau}^+(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})) \& \\ (\hat{L}_{2,\tau}^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}) \& (C' \subset Z) \& P(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h}))), \\ \forall Z \forall p ((C' \subset Z) \rightarrow Ver[\hat{L}_{1,\tau}^+(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})] = t) \\ \hline \Diamond_i \forall p \hat{L}_{2,\tau}^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}), \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \nabla_n \forall Z \forall p (((\bar{L}_{2,\tau}^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}) \& (C' \subset Z) \& \\ P(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})) \rightarrow \bar{L}_{1,\tau}^+(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})) \& \\ (\bar{L}_{2,\tau}^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}) \& (C' \subset Z) \& P(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h}))), \\ \forall Z \forall p ((C' \subset Z) \rightarrow Ver[\bar{L}_{1,\tau}^+(Z, Q, p, \bar{s}, \bar{h})] = t) \\ \hline \nabla_n \forall p \bar{L}_{2,\tau}^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h}). \end{array}$$

Аналогичные правила формулируются для всех модальных операторов M_χ , где $\chi \in E$.

Возможны и другие равносильные представления правил абдуктивного вывода для абдукции 2-го рода посредством замены первой посылки на:

$$\begin{array}{l} \Box_{\chi_1} \tilde{A}_1^\sigma(C', Q, \bar{s}, \bar{h}), \\ \text{где } \chi_1 \in \{b, d, f, h\}, \Box_{\chi_2} \tilde{A}_2^\sigma(C', Q, \bar{s}, \bar{h}), \\ \text{где } \chi_2 \in \{a, c, e, g\}. \end{array}$$

Аналогичное представление имеет место и для модальных операторов $\Diamond_{\chi_3}, \Diamond_{\chi_4}$ и ∇_m, ∇_n , где $\chi_3 = j, l$, а $\chi_4 = i, k$.

Замечание 15. Абдукция 2-го рода является средством принятия гипотез, превращающим их в **подтвержденные гипотезы**. Формирование подтвержденных гипотез основано на взаимодействии концепций **когерентной** и **корреспондентной истины**. Корреспондентная истина [25, 26, 28] в абдукции 2-го рода представима посредством функции оценки языка MJL $Ver(\varphi)$, которая выражает соответствие результатов ДСМ-исследования (обоснованных полугипотез, т. е. гипотез) и верифицирующих их эмпирических данных.

Пропозициональным представлением в логиках класса ERA²⁶ абдукции 2^{ого} рода являются аксиомы $((\Box(p \rightarrow q) \& Tq) \rightarrow \Box p)$ и $((\Diamond(p \rightarrow q) \& Tq) \rightarrow \Diamond p)$ и соответствующие им производные правила вывода: $\Box(p \rightarrow q), Tq \vdash \Box p$; $\Diamond(p \rightarrow q), Tq \vdash \Diamond p$.

Естественно, что посылка p и заключение q интерпретируются как «гипотеза о причине» и «гипотеза о предсказании», соответственно.

С точки зрения точной эпистемологии и соответствующих ей логик класса ERA известный текст Ч.С. Пирса об абдукции [42] и его истолкование в [43] не должны пониматься посредством импликации двузначной логики. Следовательно, представление абдукции посредством правила: $\frac{p \rightarrow q, q}{p}$ является

грубой логической ошибкой, не выражающей причинно-следственную связь p и q .

Однако аксиомы абдукции ERA могут быть усилены, если полагать, что из подтвержденной гипотезы q о предсказании посредством корреспондентной истины (т. е. верификации) и когерентной истины $\Box(p \rightarrow q)$ следует корреспондентная и когерентная истина посылки p (т. е. гипотезы о причине), что

²⁵ Заметим, что БФ(s, h)=БФ(s, j) для $1 \leq h, j \leq (s+1)$!

²⁶ ERA – логики класса «обнаружение эмпирических закономерностей и абдукция».

представимо посредством $T(\Box p)$. Таким образом, получаем усиление аксиом абдукции для оператора \Box и аналогично для \Diamond : $((\Box(p \rightarrow q) \& Tq) \rightarrow T\Box p)$ и $((\Diamond(p \rightarrow q) \& Tq) \rightarrow T\Diamond p)$. Соответственно, получаем производные правила вывода:

$$\Box(p \rightarrow q), Tq \vdash T(\Box p); \Diamond(p \rightarrow q), Tq \vdash T(\Diamond p).$$

В связи с вышеизложенным естественно расширить понятие корреспондентной истины, введя две её спецификации – прямая и косвенная корреспондентные истины. Под **прямой** корреспондентной истиной будем понимать корреспондентную истину в смысле Аристотеля – Тарского [25, 26], а под **косвенной** – истину гипотезы о причине, если порожденная ею гипотеза о предсказании имеет прямую корреспондентную истину, т. е. **верифицирована**.

В соответствии с усиленными аксиомами абдукции посредством использования косвенной корреспондентной истины в заключениях $T(\Box p)$ и $T(\Diamond p)$ получим в правилах вывода абдукции 2-го рода заключения $Ver[\Box_a \forall p \hat{L}_2^+(C', Q, p, \bar{s}, \bar{h})] = t$ и аналогичные заключения для всех модальных операторов M_χ , где $\chi \in E$.

Сформулируем теперь принятие результатов ДСМ-исследования на **четвертом** уровне их принятия. Напомним, что

$$\begin{aligned} B\Phi(p, h) &= \{ \langle X, Y \rangle \mid J_{(1,0)} H_1(X, Y, p, h) \vee \\ &\vee J_{(-1,0)} H_1(X, Y, p, h) \vee J_{(\tau,0)} H_1(X, Y, p, h) \}, \\ \widetilde{B\Phi}^\sigma(p, h) &= \{ \langle X, Y \rangle \mid \exists n \exists V (J_{(v,n)} H_2(V, Y, p, h) \& \\ &\& (V \subset X) \& J_{(v,0)} H_1(X, Y, p, h)) \}, \end{aligned}$$

$$\text{где } v = \begin{cases} 1, \text{ если } \sigma = + \\ -1, \text{ если } \sigma = - \end{cases}$$

$$\rho^\sigma(p, h) = \frac{|\widetilde{B\Phi}^\sigma(p, h)|}{|B\Phi^\sigma(p, h)|} - \text{степень абдуктивного объяс-$$

нения $B\Phi(p, h)$, где $\sigma = +, -$.

Допустимое ДСМ-рассуждение для $Str_{x,y}$ есть

$$\begin{aligned} \bar{O}_{x,y}(\Omega(p, h), \rho^+(p, h), \rho^-(p, h), \dots, \\ \bar{O}_{x,y}(\Omega(s, h), \rho^+(s, h), \rho^-(s, h), \end{aligned}$$

где $\rho^\sigma(s) \geq \bar{\rho}^\sigma$ ($\bar{\rho}^\sigma$ – принятый порог).

Пусть $\Omega^*(s, h)$ и $\Delta(s, h)$ – множество гипотез, принятых на третьем уровне, т. е. соответствующих ExtER. Тогда рассмотрим множество гипотез $\bar{\Omega}_{(\sigma)}^*(s, h)$ и $\bar{\Delta}_{(\sigma)}(s, h)$ таких, что $\bar{\Omega}_{(+)}^*(s, h) \subseteq \Omega^*(s, h)$ и $\bar{\Delta}_{(-)}(s, h) \subseteq \Delta(s, h)$, где $\bar{\Omega}_{(\sigma)}^*(s, h)$ и $\bar{\Delta}_{(\sigma)}(s, h)$ множества (σ) -гипотез ($\sigma = +, -$) таких, что они имеют корреспондентную истину, то есть получены с применением абдукции 2-го рода²⁷.

²⁷ Гипотезы о предсказаниях верифицированы согласно прямой корреспондентной концепции истины, а гипотезы о причинах оцениваются согласно косвенной корреспондентной концепции истины.

Определим $\widetilde{B\Phi}^{(\sigma)}(p, h)$ такие, что их (σ) -факты содержат гипотезы о (σ) -причинах такие, что они корреспондентно истинны, то есть, получены посредством абдукции 2-го рода:

$$\begin{aligned} \widetilde{B\Phi}^{(\sigma)}(p, h) &= \{ \langle X, Y \rangle \mid \exists n \exists V (J_{(v,n)} H_2(V, Y, p, h) \& \\ &(V \subset X) \& J_{(v,0)} H_1(X, Y, p, h) \& \\ &(J_{(v,n)} H_2(V, Y, p, h) \in \bar{\Delta}_{(\sigma)}(s, h)) \}, \end{aligned}$$

где $v = \begin{cases} 1, \text{ если } \sigma = + \\ -1, \text{ если } \sigma = - \end{cases}$. Тогда определим усиления

функций $\rho^\sigma(p, h)$ посредством функций $\mu^{(\sigma)}(p, h)$,

где $\mu^{(\sigma)}(p, h) = \frac{|\widetilde{B\Phi}^{(\sigma)}(p, h)|}{|B\Phi^{(\sigma)}(p, h)|}$, которая выражает от-

ношение числа верифицированных и объясненных абдукцией 2-го рода гипотез о предсказаниях, что представляет степень подтвержденного абдуктивного объяснения $B\Phi(p, h)$.

Заметим, что некоторый факт может быть правильно предсказан п.п.в.-2, но при этом он может не быть результатом ДСМ-исследования.

Определим, используя функции $\mu^{(\sigma)}(p, h)$, ДСМ-рассуждения с подтвержденным результатом.

Df.7-2. ДСМ-рассуждение будем называть **подтвержденным**, если оно представимо для $Str_{x,y}$ посредством последовательности

$$\begin{aligned} \bar{O}_{x,y}(\Omega(0, h), \mu^+(0, h), \mu^-(0, h), \dots, \\ \bar{O}_{x,y}(\Omega(s, h), \mu^+(s, h), \mu^-(s, h), \end{aligned}$$

где $\mu^{(\sigma)}(s, h) \geq \bar{\rho}^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$, а $\bar{\rho}^{(\sigma)}$ – заданные пороги.

В [16] было определено приемлемое ДСМ-исследование такое, что существует стратегия $Str_{x,y}$, посредством которой множество порождаемых закономерностей имеет непустой ExtER, образованный реализациями $A_\chi^\sigma(C', Q)$, и правильно предсказывает некоторые факты из $\Omega^\tau(0)$, где $|\Omega^\tau(0)| = m_0$, а число этих предсказаний l_0^* , где $l_0^* \leq m_0$. Очевидно, что все l_0^* предсказаний получены посредством подтвержденных ДСМ-рассуждений согласно Df.7-2.

Посредством подтвержденных ДСМ-рассуждений определим понятие подтвержденной гипотезы эмпирической закономерности:

Df.8-2. Реализации $A_\chi^\sigma(C', Q)$ IntER, где $\sigma = +, -$, а $\chi \in E$, будем называть **подтвержденными гипотезами эмпирических закономерностей**, если они получены посредством подтвержденных ДСМ-рассуждений согласно Df.7-2.

Подтвержденные гипотезы эмпирических закономерностей будем называть также **эмпирическими закономерностями** ранга r , где r – число проведенных подтвержденных ДСМ-исследований.

Если $r = 1$, то будем говорить, что реализовано принятие порожденных гипотез на четвертом уровне принятия с использованием абдукции 2^{ого} рода и подтвержденных ДСМ-рассуждений, образующих ДСМ-исследования.

Заметим снова, что правильно предсказанных (σ)-фактов может быть l_0 , $l_0 \geq l^*$, где l_0 – число правильно предсказанных (σ)-фактов из $\Omega^r(0)$, но полученных **не только** в результате ДСМ-исследований.

Итак, на четвертом уровне принятия рассматриваются и оцениваются эмпирические закономерности ранга $r=1$. Следовательно, множество этих закономерностей есть результат однократно проведенного ДСМ-исследования. Но принятие подтвержденных гипотез эмпирических закономерностей может быть усилено r -кратным повторением ДСМ-исследований, где $r > 1$. Это r -кратное повторение ДСМ-исследований завершается принятием их результатов на пятом уровне.

Сформулируем теперь **пятый уровень принятия** результатов ДСМ-исследований, которые и являются обнаруженными **новыми знаниями**, пополняющими базу фактов ИС-ДСМ. Это и есть *knowledge discovery*, полученное ДСМ-методом автоматизированной поддержки исследований.

Будем рассматривать последовательность последовательностей, состоящих из $s+1$ членов:

$$\begin{aligned} & B\Phi_1^{(1)}(0), B\Phi_2^{(1)}(1), \dots, B\Phi_s^{(1)}(s-1); \\ & B\Phi_1^{(2)}(s), B\Phi_2^{(2)}(s+1), \dots, B\Phi_s^{(2)}(2s-1), \dots; \\ & B\Phi_1^{(r)}((r-1)s), B\Phi_2^{(r)}((r-1)s+1), \dots; \\ & B\Phi_s^{(r)}(rs-1), \text{ таких, что} \\ & B\Phi_1^{(1)}(0) \subset B\Phi_2^{(1)}(1) \subset \dots \subset B\Phi_s^{(1)}(s-1) \subset \\ & B\Phi_1^{(2)}(s) \subset \dots \subset B\Phi_s^{(2)}(2s-1) \subset \dots \subset B\Phi_1^{(r)}((r-1)s) \subset \\ & \subset B\Phi_2^{(r)}((r-1)s+1) \subset \dots \subset B\Phi_s^{(r)}(rs-1). \end{aligned}$$

Таким образом, имеем последовательно вложенные последовательности баз фактов («возможных миров»), на каждой такой k -й последовательности, где $1 \leq k \leq r$, породим соответствующие истории возможных миров $HPW_j^{(k)}$, где $1 \leq j \leq (s+1)!$, образующие множества $\overline{HPW}^{(k)}$ историй возможных миров.

Для каждого $\overline{HPW}^{(k)}$, где $1 \leq k \leq r$, а r – ранг эмпирических закономерностей (т. е. число проведенных подтвержденных ДСМ-исследований), определим функцию $\bar{G}(\overline{HPW}^{(k)})$ согласно Df.5-2:

$\bar{G}: (\overline{HPW}^{(k)}) \rightarrow 2^A$, выражающую 1^0 - 14^0 условий образования возможных интегральных каузальных вынуждений таких, что они образуют A_χ^σ , где $\chi \in E = \{a, b, \dots, m, n\}$ – интегральные каузальные вынуждения $ICF^{(k)}$ типов χ .

Таким образом, каждое из ДСМ-исследований ранга k , где $1 \leq k \leq r$ и $r \leq 1$, образует для каждой пары $\langle C', Q \rangle$, порождает соответствующую гипотезу эмпирической закономерности $A_\chi^\sigma(C', Q)$, где $\chi \in E$, $\sigma = +, -$ – реализацию интегральных каузальных вынуждений ICF , являющихся IntER. Эти реализации

$A_\chi^\sigma(C', Q)$ для фиксированной $Str_{x,y}$ ДСМ-рассуждений порождают ExtER $_{x,y}$ и

$$\text{ExtER} = \left\{ \text{ExtER}_{x,y} \mid Str_{x,y} \in \overline{Str} \right\}.$$

Рассмотрим подмножество ExtER такое, что оно порождено для соответствующих $Str_{x,y}$ посредством **подтвержденных ДСМ-рассуждений** (согласно Df.7-2), порождающих реализации $A_\chi^\sigma(C', Q)$, где $\sigma = +, -$, а $\chi \in E$ такие, что они являются **подтвержденными гипотезами эмпирических закономерностей** – эмпирическими закономерностями ранга r (согласно Df.8-2).

Это означает, что имеют место ДСМ-рассуждения

$$\bar{O}_{x,y}(\Omega(0, h)), \mu^+(0, h), \mu^-(0, h), \dots,$$

$$\bar{O}_{x,y}(\Omega(s, h)), \mu^+(s, h), \mu^-(s, h),$$

такие, что $\mu^\sigma(s, h) \geq \bar{p}^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$.

Реализации A_χ^σ удовлетворяющие Df.8-2, будем обозначать посредством $\bar{A}_\chi^\sigma(C', Q)$, а образованное им подмножество ExtER будем обозначать посредством $\overline{\text{ExtER}}$, $\overline{\text{ExtER}} \subseteq \text{ExtER}$.

Каждой последовательности вложенных баз фактов $B\Phi_j^{(k)}(p)$ для $Str_{x,y}$ $B\Phi_1^{(k)}(0), \dots, B\Phi_s^{(k)}(ks-1)$, где $1 \leq k \leq r$, $0 \leq p \leq s$ однозначно соответствует для соответствующей пары $\langle C', Q \rangle$ реализация $A_{\chi_k}^\sigma(C', Q)$, порожденная элементом IntER и принадлежащая $\overline{\text{ExtER}}$.

Таким образом, для пары $\langle C', Q \rangle$ и последовательности вложенных последовательностей $B\Phi_j^{(k)}(p)$ для $Str_{x,y}$, где $1 \leq k \leq r$, $0 \leq p \leq s$, получаем последовательность $A_{\chi_k}^\sigma(C', Q), \dots, A_{\chi_r}^\sigma(C', Q)$ такую, что в силу определения эмпирических модальностей M_χ типа \square, \diamond и ∇ , такую, что ей **взаимно однозначно** соответствует последовательность модальных операторов $(*)$, $M_{\chi_1}, M_{\chi_2}, \dots, M_{\chi_r}$, где $r \geq 1$.

Если $r=1$, то последовательность $(*)$, называемая **модальным следом** ДСМ-исследования, характеризует принятие результатов ДСМ-исследования на **четвертом уровне** принятия. Если же $r > 1$, то $(*)$ представляет модальный след ДСМ-исследования и характеризует его принятие на **пятом уровне** принятия.

В §1 был сформулирован постулат P7 точной эпистемологии, который уточняется после сформулированного выше модального следа, представляющего r проведенных ДСМ-исследований посредством подтвержденных ДСМ-рассуждений (Df.7-2), порождающих **эмпирические закономерности ранга r** согласно Df.8-2.

Таким образом, результатом применения ДСМ-метода АПИ посредством ИС-ДСМ является множество ExtER и соответствующее ему множество реализаций $A_\chi^\sigma(C', Q)$.

Определение модального следа используется для решения проблемы Д. Юма (проблемы индукции [53, 23]) в точной эпистемологии средствами ДСМ-метода АПИ. С этой целью заметим, что

$$\text{IntER} = \{A_a^\sigma, A_b^\sigma, \dots, A_m^\sigma A_n^\sigma\},$$

где $\sigma = +, -$, взаимно однозначно соответствует множеству эмпирических модальных операторов

$$\mathbf{MO} = \{\square_a, \square_b, \square_c, \square_d, \square_e, \square_f, \square_g, \square_h, \diamond_i, \diamond_k, \diamond_l, \nabla_m, \nabla_n\}.$$

IntER представимо его именами $E = \{a, b, \dots, m, n\}$, но на E задано отношение частичного порядка \supseteq [16] и $\bar{E} = \langle E, \supseteq \rangle$ – частично упорядоченное множество. Следовательно, \mathbf{MO} , изоморфное E , также частично упорядочено и $\bar{\mathbf{MO}} = \langle \mathbf{MO}, \supseteq \rangle$ имеет наибольший и наименьший элементы a и n , соответственно. Поэтому можно определить отношение частичного порядка \succcurlyeq для модальных следов, представляющих ДСМ-исследования ранга r (т. е. r раз продолженные).

Df.9-2. Пусть \bar{M}_1 и \bar{M}_2 – модальные следы, ДСМ-исследований ранга r , где $\bar{M}_1 = M_{\chi_1^{(1)}} M_{\chi_2^{(1)}} \dots M_{\chi_r^{(1)}}$ и $\bar{M}_2 = M_{\chi_1^{(2)}} M_{\chi_2^{(2)}} \dots M_{\chi_r^{(2)}}$, тогда $\bar{M}_1 \succcurlyeq \bar{M}_2 \succcurlyeq$, если и только если $M_{\chi_i^{(1)}} \supseteq M_{\chi_i^{(2)}}$ для всех $i = 1, \dots, r$.

Имеет место следующая классификация модальных последовательностей (модальных следов ранга r) – М-последовательностей.

(1) М-последовательности называются **правильными**, если они имеют вид L, T или W, где:

(1-1) М-последовательность имеет вид L, если для всякого i

$M_{\chi_{i+1}} \supseteq M_{\chi_i}$, где $M_{\chi_i}, M_{\chi_{i+1}}$ – модальные операторы \square , соответствующие $\text{EL} = \{a, b, \dots, g, h\}$; $a \ 1 \leq i \leq r - 1$.

(1-2) М-последовательность имеет вид T, если для всякого i

$M_{\chi_{i+1}} \supseteq M_{\chi_i}$, где $M_{\chi_i}, M_{\chi_{i+1}}$ – модальные операторы \diamond , соответствующие $\text{ET} = \{i, j, k, l\}$, где $1 \leq i \leq r - 1$.

(1-3) М-последовательность имеет вид W, если для всякого i $M_{\chi_{i+1}} \supseteq M_{\chi_i}$, где $M_{\chi_i}, M_{\chi_{i+1}}$ – модальные операторы ∇ , соответствующие $\text{WET} = \{m, n\}$, где $1 \leq i \leq r - 1$.

(2) М-последовательности будем называть **однородно неправильными**, если все члены этих последовательностей \bar{M} принадлежат либо EL, либо ET, либо WET, где $\text{ER} = \text{EL} \cup \text{ET} \cup \text{WET}$, и существуют такие члены последовательности $\bar{M} \ M_{\chi_i}$ и $M_{\chi_{i+1}}$, что $\neg(M_{\chi_{i+1}} \supseteq M_{\chi_i})$. Соответственно, однородны неправильные последовательности имеющие виды L или T, или W.

Приведем примеры таких последовательностей ранга $r = 3$ [16].

$$1^0. \text{ вид L: } \square_a \square_b \square_a, \square_c \square_b \square_a;$$

$$2^0. \text{ вид T: } \diamond_i \diamond_j \diamond_i, \diamond_j \diamond_k \diamond_i;$$

$$3^0. \text{ вид W: } \nabla_m \nabla_n \nabla_m, \nabla_m \nabla_n \nabla_n.$$

(3) М-последовательности \bar{M} будем называть **неоднородно правильными**, если \bar{M} содержит различные модальные операторы (видов \square , \diamond или ∇), но для всех i , где $1 \leq i \leq r - 1$, и $M_{\chi_{i+1}} \supseteq M_{\chi_i}$.

Приведем примеры таких последовательностей ранга $r = 4$ [16].

$$1^0. \diamond_i \diamond_k \square_a \square_a, \nabla_m \diamond_i \square_a \square_a;$$

$$2^0. \nabla_m \nabla_m \diamond_i \square_a, \nabla_n \nabla_n \diamond_l \diamond_k.$$

(4) М-последовательности \bar{M} будем называть **неоднородно неправильными**, если \bar{M} содержат различные модальные операторы (видов \square , \diamond или ∇) и существуют такие члены последовательности $\bar{M} \ M_{\chi_i}$ и $M_{\chi_{i+1}}$, что $\neg(M_{\chi_{i+1}} \supseteq M_{\chi_i})$.

Приведем примеры таких последовательностей ранга $r = 3$ [16].

$$1^0. \square_a \square_a \diamond_i, \square_a \diamond_i \square_b;$$

$$2^0. \nabla_m \square_a \diamond_i, \diamond_k \diamond_l \nabla_n.$$

Если существует для $\text{Str}_{x,y}$ М-последовательность ранга $r - 1$, где $r > 1$, такая, что $M_1 \dots M_{r-1}$ удовлетворяют условиям (1)–(4), т. е. являются правильными или неправильными М-последовательностями, а последовательность $B\Phi_2^{(r)}((r - 1)s + 1), \dots, B\Phi_s^{(r)}(rs - 1)$

не порождает реализаций A_χ^σ для всех χ , $\chi \in E$, то ДСМ-исследование ранга r для $\text{Str}_{x,y}$ не порождает эмпирические закономерности. Будем говорить, что для $\text{Str}_{x,y}$ ДСМ-исследование **бесплодно**. Если же ДСМ-исследование бесплодно для всякой $\text{Str}_{x,y}$, то будем говорить, что ДСМ-метод АПИ **бесплоден относительно ER**.

Заметим при этом, что применение ДСМ-метода АПИ может породить правильные предсказания исследуемых эффектов, но он не удовлетворяет **сильному** критерию демаркации: исследование должно обнаружить множество эмпирических закономерностей (ER)²⁸.

Замечание 16. Df.8-2 и Df.9-2 формулируют условия и **конструктивные** средства распознавания существования множества эмпирических закономерностей ранга r (непустоты множества ExtER). Конструктивность этого распознавания обусловлена конечностью последовательности $B\Phi(p, h)$ и реализацией верификации гипотез о предсказаниях, порожденных генераторами $L_1^\sigma(Z, Y, p, s, h)$, $\hat{L}_1^\sigma(Z, Y, p, s, h)$, $L_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h)$, $\hat{L}_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h)$, $\bar{L}_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h)$, $\hat{\bar{L}}_{1,\tau}^\sigma(Z, Y, p, s, h)$.

Определения Df.8-2 и Df.9-2 выражают итог ДСМ-исследований посредством ДСМ-рассуждений, завершающихся абдукцией 2-го рода и вычислением, порожденной ею функций $\mu^\sigma(p, h)$, которые являются средством **контроля** правдоподобных выводов ДСМ-метода АПИ²⁹.

²⁸ Бесплодность ДСМ-метода АПИ относительно ER означает, что множество ExtER , соответствующее IntER, пусто.

²⁹ Важность контроля индуктивных выводов отмечена в [54].

Конструктивность контроля за правдоподобными выводами, содержащими индуктивные выводы, относительно **неограниченно** расширяемых данных является **решением проблемы индукции средствами точной эпистемологии**, утверждающей необходимость эвристик при обнаружении нового знания.

Однако определение эмпирических закономерностей, продолженное для **бесконечных** M-последовательностей, теряет конструктивность и достоверность принятия результатов. Сохранение полугипотез о причинах и соответствующих им полугипотез о предсказаниях может быть рассмотрено как определение **абсолютных** эмпирических закономерностей лишь при допущении верифицируемости порождаемых полугипотез, что обесценивает такое определение.

Однако интеллектуальные системы (в том числе ИС-ДСМ) являются **конструктивным** средством поддержки исследований, реализующих взаимодействие мыслительного и познавательного процессов, образующих процесс порождения нового знания с использованием эмпирических данных. Итогом такой поддержки является формирование и расширение открытой квазиаксиоматической теории (КАТ) [16].

В КАТ реализуются подтверждаемые ДСМ-рассуждения (Df.7-2), которые порождают подтверждаемые гипотезы эмпирических закономерностей ER типов EL, ET и WET [16]. ER содержатся в базе знаний ИС-ДСМ. Существенно, что ER корректируются и расширяются в процессе применения ИС-ДСМ посредством подтверждаемых ДСМ-рассуждений ранга r , порождающих эмпирические закономерности ранга r (Df.8-2).

Заметим, что формирование и расширение КАТ осуществляются в **динамическом** и **интерактивном** режиме работы ИС-ДСМ согласно Df.9-2, создающего возможности сравнения результатов ДСМ-исследований для различных $Str_{x,y}$ и их непротиворечивого объединения. Причем контроль за правдоподобием результатов ДСМ-исследований осуществляется на **пяти уровнях их принятия**.

Итак, для фиксированной стратегии ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}$ рассмотрим подтверждаемые ДСМ-рассуждения согласно Df.7-2:

$$(*) \quad \bar{O}_{x,y}(\Omega(0,h)), \mu^+(0,h), \mu^-(0,h), \dots, \\ \bar{O}_{x,y}(\Omega(s,h)), \mu^+(s,h), \mu^-(s,h)$$

для **всех** историй возможных миров HPW_h , где $1 \leq h \leq (s+1)!$, такие, что $\mu^{(\sigma)}(s,h) \geq \bar{\rho}^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$. Результатом (*) является порождение ExtER, которому взаимно однозначно соответствует множество реализаций элементов IntER A_χ^σ , т. е. $A_\chi^\sigma(C', Q)$, где $\chi \in E$, $\sigma = +, -$, а C', Q – константы.

Базисом КАТ для $Str_{x,y}$ и $B\Phi(p,h)$, где $p=0, 1, \dots, s$, а $1 \leq h \leq (s+1)!$, является $\mathfrak{S}_{x,y}(p,h) = \langle \Sigma, \Omega(p,h), \mathfrak{R} \rangle$ [16], где \mathfrak{R} – множество правил вывода; $\Omega(p,h)$ – представление $B\Phi(p,h)$; Σ – открытое множество аксиом, содержащее дескриптивные аксиомы, аксиомы структуры данных, процедурные аксиомы, представляющие п.п.в.-1 и п.п.в.-2 декларативным образом; аксиомы, характеризующие ДСМ-рассуж-

дения (например, $AKT^{(\sigma)}$ и $\exists^{(\sigma)}$, где $\sigma = +, -$). Σ содержит также пополняемые эмпирические закономерности $A_\chi^\sigma(C', Q)$ – реализации A_χ^σ , где $\chi \in E$.

КАТ для $B\Phi(p,h)$ определим посредством ДСМ-замыкания базиса, которым является результат применения к $\Omega(p,h)$ правил индуктивного вывода (п.п.в.-1) и правил вывода по аналогии (п.п.в.-2) [16].

Обозначим ДСМ-замыкание $\mathfrak{S}_{x,y}(p,h)$ для $Str_{x,y}$ посредством $[\mathfrak{S}_{x,y}(p,h)]$, где $[\mathfrak{S}_{x,y}(p,h)] = \langle \Sigma, \Omega_{x,y}^*(p,h) \cup \Delta_{x,y}(p,h), \mathfrak{R} \rangle$, $\bar{O}_{x,y}(\Omega(p,h)) = \Omega_{x,y}^*(p,h)$, $(I)_{x,y}^\sigma(\Omega(p,h)) = \Delta_{x,y}(p,h)$, где $\sigma \in \{+, -, 0, \tau\}$, $0 \leq p \leq s$, $1 \leq h \leq (s+1)!$.

Пусть $\tilde{\mathfrak{S}}_{x,y}(p,h) = [\mathfrak{S}_{x,y}(p,h)]$, тогда определим множество КАТ для всех HPW_h из \overline{HPW} , где $1 \leq h \leq (s+1)!$, а $0 \leq p \leq s$:

$$\tilde{\mathfrak{S}}_{x,y} = \{ \tilde{\mathfrak{S}}_{x,y}(p,h) \mid (0 \leq p \leq s) \& (1 \leq h \leq (s+1)!) \}.$$

$\tilde{\mathfrak{S}}_{x,y}$ может быть упорядочено как последовательности КАТ взаимно однозначно соответствующие историям возможных миров HPW_h из \overline{HPW} , где $h=1, \dots, (s+1)!$, каждая HPW_h представлена посредством $\Omega(p,h)$ для $0 \leq p \leq s$:

$$(**) \quad \tilde{\mathfrak{S}}_{x,y}(0,h), \tilde{\mathfrak{S}}_{x,y}(1,h), \dots, \tilde{\mathfrak{S}}_{x,y}(s,h).$$

Каждой (**) соответствует множество предзакономерностей, представимых посредством A_χ^σ , где $\sigma = +, -$, а $1 \leq j \leq 6$.

Множеству же $\mathfrak{S}_{x,y}$ для $Str_{x,y}$ соответствует

$$\text{ExtER}_{x,y} = \\ = \left(\bigcup_{\chi \in E^+} \{ \langle V, Y \rangle \mid A_\chi^+(V, Y) \} \right) \cup \left(\bigcup_{\chi \in E^-} \{ \langle V, Y \rangle \mid A_\chi^-(V, Y) \} \right),$$

который порожден реализациями A_χ^σ , принадлежащими IntER, где $\chi \in E$, а $\sigma = +, -$.

Таким образом, множеству ExtER взаимно однозначно соответствует множество реализаций IntER, элементами которого являются $A_\chi^\sigma(C', Q)$, где $\chi \in E$, а $\sigma = +, -$, а C', Q – константы. Обозначим это множество посредством Σ_E . Заметим, что $A_\chi^\sigma(C', Q)$ являются **эмпирическими номологическими** высказываниями [16], отличными от номологических высказываний Г. Рейхенбаха [47].

Используя Σ_E определим E-замыкание множества.

Df.10-2. E-замыканием множества $\mathfrak{S}_{x,y}$ будем называть

$$[\mathfrak{S}_{x,y}]_E = \langle \Sigma \cup \Sigma_E, \Omega_{x,y}^*(s, (s+1)!) \cup \Delta(s, (s+1)!), \mathfrak{R} \rangle$$

полученное посредством подтвержденных ДСМ-рассуждений ранга $r=1$.

Таким образом, $[\mathfrak{S}_{x,y}]_E$ является КАТ такой, что она содержит множества гипотез о причинах $\Delta(s, (s+1)!$) и множество гипотез о предсказаниях $\Omega_{x,y}^*(s, (s+1)!)$,

что означает применение функции \bar{G} , отображающей \overline{HPW} в 2^A , где

$$A = \{A_a^+, A_b^+, \dots, A_m^+ A_n^+\} \cup \{A_a^-, A_b^-, \dots, A_m^- A_n^-\},$$

а подтвержденные реализации A_x^r соответствуют ExtER и образуют множество Σ_E эмпирических номологических высказываний ENS³⁰.

Если ДСМ-исследование ранга 1 продолжается r раз, где $r > 1$, то оно образует модальный след $\bar{M} = M_{x_1} M_{x_2} \dots M_{x_r}$ ранга r , представляющий результаты продолжающегося с расширением баз фактов ДСМ-исследования. Это означает контроль за результатами реализации ДСМ-метода АПИ в интеллектуальных системах (ИС-ДСМ) – главного продукта ИИ, которые являются технологическим инструментом точной эпистемологии.

Для стратегии ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}$ получаем Схему ДСМ-исследований ранга $r = 1$:

$$1^0. \Omega(0,1), \Omega(1,1), \dots, \Omega(s,1);$$

$$\Omega(0,1) \subset \Omega(1,1) \subset \dots \subset \Omega(s,1)$$

$$2^0. \Omega^r(0,1), \Omega^r(0,1) = \Omega^r(p,h) \text{ для всех } p \text{ и } h,$$

где $0 \leq p \leq s, 1 \leq h \leq (s+1)!$;

$$3^0. \overline{HPW}, |\overline{HPW}| = (s+1)!;$$

$$4^0. Str_{x,y}$$

$$5^0. \overline{ICF}$$

$$6^0. [\mathfrak{S}_{x,y}]_E^1$$

$$\mathfrak{S}_E^1 = \left\{ [\mathfrak{S}_{x,y}]_E^1 \mid (x \in I^+) \& (y \in I^-) \right\} \text{ [35] представля-$$

ет результат ДСМ-исследований для всех стратегий ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}, Str_{x,y} \in \overline{Str}$.

Посредством подтвержденных ДСМ-рассуждений, порождающих эмпирические закономерности ранга r , где $r > 1$, получим

$$\mathfrak{S}_E^r = \left\{ [\mathfrak{S}_{x,y}]_E^r \mid (x \in I^+) \& (y \in I^-) \right\},$$

соответствующую модальному следу \bar{M} ранга r , где \mathfrak{S}_E^r содержит множество эмпирических номологических высказываний для всех $Str_{x,y}$, где $Str_{x,y} \in \overline{Str}$, применяемых подтверждаемых ДСМ-рассуждений и абдукции 2-го рода.

§3. Проблемы, решаемые в точной эпистемологии, и необходимые условия развития искусственного интеллекта

ДСМ-метод АПИ является конструктивным методом точной эпистемологии и методологией создания интеллектуальных систем – главного продукта ИИ, применимого в науках о жизни и социальном поведении, знания в которых слабо формализованы, а их данные можно структурировать и определить сход-

ства фактов. Последнее обстоятельство необходимо для обнаружения эмпирических закономерностей, представимых посредством эмпирических номологических высказываний [16], пополняющих открытые теории, являющиеся целью исследований, поддерживаемых ДСМ-методом посредством интеллектуальных систем (ИС-ДСМ).

ДСМ-метод АПИ, основания которого используют идею И1, содержит условия применимости [34], которые согласуются с ОУТЭ-2 и постулатом P1. Важным средством ДСМ-метода АПИ является ИС-ДСМ, что реализует идею И2. ДСМ-рассуждения, являющиеся синтезом трех познавательных процедур (индукции, аналогии и абдукции), реализуют идею И3, что возможно, так как индукция и аналогия формализованы посредством **ампликативных** выводов, порождающих новое знание, что соответствует постулату P3.

Заметим также, что ИС-ДСМ согласно Df.2-1 осуществляют поддержку интеллектуального процесса в соответствии с Df.1-1 теоретического интеллекта и постулатом P2.

ДСМ-исследования, осуществляющие эвристику обнаружения эмпирических закономерностей и пополнения квазиаксиоматических теорий (они – цель ДСМ-исследований согласно схеме ДСМ-исследований), являются реализацией постулата P4.

Порождение же эмпирических закономерностей, представимых эмпирическими номологическими высказываниями ENS [16] посредством абдукции 2-го рода, использует как **когерентную**, так и **корреспондентную** концепции истины, что соответствует постулату P5.

ДСМ-метод АПИ удовлетворяет постулату точной эпистемологии P6, выражающему принятие результатов ДСМ-исследования посредством несингулярной оценки качества рассуждений и гипотез, представленных в двух шкалах [16, 29]. Так как эвристика ДСМ-исследований получила развитие посредством пяти уровней принятия, соответствующих порождению эмпирических закономерностей ранга r , где $r > 1$, то к шкалам из [16, 29] добавляются две характеристики – ранг r и вид соответствующего модального следа \bar{M} . Заметим, что определение этих шкал представлены в [16].

В §2 была рассмотрена выполнимость постулата P7, характеризующего решение проблемы индукции, средствами ДСМ-метода АПИ. Сделаем ниже некоторые уточнения к этому рассмотрению выполнимости P7.

Рассмотрим произвольную $Str_{x,y}$ из заданного множества \overline{Str} стратегий ДСМ-рассуждений. Пусть $ExtER_{x,y} = \left\{ \langle C'_1, Q_1 \rangle, \dots, \langle C'_{\gamma(x,y)}, Q_{\gamma(x,y)} \rangle \right\}$, $ExtER_{x,y}$ взаимно однозначно соответствует множество реализаций IntER для $Str_{x,y}$:

$$A_{x,y} = \left\{ A_{x_1}^{\sigma_1} (C'_1, Q_1), \dots, A_{x_i}^{\sigma_i} (C'_{\gamma(x,y)}, Q_{\gamma(x,y)}) \right\},$$

где σ_i есть «+» или «-», а $1 \leq i \leq \gamma(x,y)$.

$A_{x,y}$ взаимно однозначно соответствует множество модальных следов ДСМ-исследований ранга r для $Str_{x,y}$.

³⁰ Подтвержденные реализации $A_x^r(C', Q)$ определяются посредством Df.7-2 и абдукции 2-го рода.

$$\bar{M}_{(x,y)}^r = \left\{ \bar{M}^{(r)}(C'_1, Q_1), \dots, \bar{M}^{(r)}(C'_{\gamma(x,y)}, Q_{\gamma(x,y)}) \right\},$$

где

$$\begin{aligned} & \bar{M}^{(r)}(C'_1, Q_1) = \\ & = M^{(1)}(C'_1, Q_1) \dots M^{(r)}(C'_1, Q_1), \dots, \bar{M}^{(r)}(C'_{\gamma(x,y)}, Q_{\gamma(x,y)}) \end{aligned}$$

Таким образом, \bar{M}^r представляет множество эмпирических закономерностей ранга r для фиксированной $Str_{x,y}$.

ДСМ-исследование ранга r для **всех** стратегий ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}$ из \bar{Str} обозначим посредством R^r , где

$$R^r = \left\{ \bar{M}_{(x,y)}^r \left((Str_{x,y} \in \bar{Str}) \& (x \in I^+) \& (y \in I^-) \right) \right\},$$

а I^+ и I^- – множества имен M^σ -предикатов для правил индуктивного вывода, где $\sigma = +, -$.

Таким образом, множество R^r является результатом всех ДСМ-исследований для \bar{Str} ранга r . Естественно, что R^r получено на основании **пяти** уровней принятия результатов ДСМ-исследований, что является реализацией **контроля** за применением правил правдоподобного вывода и методологией решения проблемы индукции [34].

Итак, имеем частично упорядоченное множество модальных операторов $\bar{MO} = \langle MO, \sqsupseteq \rangle$ с наибольшим элементом \square_a и наименьшим элементом ∇_n [57]. Для фиксированной пары $\langle C'_j, Q_j \rangle$, принадлежащей $ExtER$ \bar{MO} индуцирует частично упорядоченное множество модальных следов ранга r \bar{R}_j^r такое, что $\bar{R}_j^r = \langle \bar{M}_i^r, \succ \rangle$, где

$$\bar{M}_i^r = \left\{ \bar{M}_{j,(x,y)}^r(C'_j, Q_j) \mid Str_{x,y} \in \bar{Str} \right\},$$

а $\bar{M}_{j,(x,y)}^r(C'_j, Q_j)$ – M-последовательность модальных операторов для пары $\langle C'_j, Q_j \rangle$ и для стратегий ДСМ-рассуждений $Str_{x,y}$ таких, что они порождают соответствующие подтверждаемые гипотезы о предсказаниях посредством сохраняющихся гипотез для всех историй возможных миров \overline{HPW} .

Сформулируем теперь следующее определение.

Df.10-3. Стратегии ДСМ-рассуждений Str_{x_1, y_1} и Str_{x_2, y_2} будем называть M - r -эквивалентными, если для каждой $\langle C', Q \rangle$, являющейся элементом $ExtER_{x_1, y_1}$ и $ExtER_{x_2, y_2}$, соответствующие модальные следы ранга r равны, то есть, $\bar{M}_{(x_1, y_1)}^r = \bar{M}_{(x_2, y_2)}^r$.

Естественно определить и вложение $\bar{M}_{(x_1, y_1)}^r$ в $\bar{M}_{(x_2, y_2)}^r$.

Имеется следующий вопрос: каковы условия сохранения частичного порядка на \bar{M}_j^r , соответствующего частичному порядку на \bar{Str} ?

Следующей проблемой, решаемой в ТЭ средствами ДСМ-метода АПИ, является проблема формализации идей Ч.С. Пирса об абдукции [42–45].

Я. Хинтикка в [56] охарактеризовал проблему абдукции как «фундаментальную проблему современной эпистемологии», в этой статье его статья использует основательный анализ идей Ч.С. Пирса об абдукции, осуществленной Т. Капитаном в [45].

Понимание Ч.С. Пирсом абдукции является весьма фрагментарным в различных его текстах и с течением времени изменилось [9]. Однако в этих текстах содержались две основные идеи: (A1) абдукция есть средство **принятия** порождаемых гипотез; (A2) абдукция есть логический вывод, производящий новое знание на основе имеющегося знания.

Следует заметить, что обе его идеи (A1) и (A2) об абдукции неявно связаны с пониманием **рассуждения** как познавательного процесса, включающего **амплиативные** выводы [9] и имеющего средства **контроля** за результатом этого процесса такие, что они выражают соответствие некоторого **метода** получения нового знания цели **исследования**³¹.

В известной схеме абдукции Ч.С. Пирса, рассматриваемой в работах [43, 45], предлагается принятие гипотезы о причине эффекта на основании принятия самого эффекта, но следование принятия причины A из принятия эффекта C не сводится к фигуре вывода «если A , то C ; следовательно, A », выразимой импликацией логики высказываний, что обсуждалось уже в § 2.

Важно отметить, что рассуждение Ч.С. Пирса рассматривал как взаимодействие трех познавательных процедур – абдукции, дедукции и индукции. Индукцию же он понимал как проверку результатов абдукции и её следствий, полученных посредством дедукции. Ценным в методологии Ч.С. Пирса было понимание рассуждения как **взаимодействия** познавательных процедур.

В [45] Т. Капитан характеризует пирсовскую концепцию абдукции четырьмя тезисами.

(1) Тезис о выводе: абдукция включает процесс вывода.

(2) Тезис о цели: абдукция является средством порождения новых гипотез; она осуществляет отбор гипотез для дальнейшего **исследования** и предлагает рекомендации для дальнейшего курса действий.

(3) Тезис об охвате (*comprehension*): абдукция включает **все** операции, посредством которых **порождаются теории**.

(4) Тезис об автономности: абдукция не является ни дедукцией, ни индукцией.

Ч.С. Пирс в некоторых текстах полагает, что абдукция есть метод формулирования **догадок**.

Сравним теперь идеи Ч.С. Пирса об абдукции с формализацией абдукции в ДСМ-методе АПИ.

В ДСМ-методе рассуждение понимается как познавательный процесс, образованный взаимодействием индукции, аналогии и абдукции 1-го рода, реализующей принятие полугипотез, порожденных индукцией и

³¹ Однако идея «исследование» у Ч.С. Пирса выражена весьма психологически как стремление получить «истинное **мнение**» [58].

аналогией. Началом этого процесса является анализ данных (множества фактов) посредством правил индуктивного вывода (п.п.в.-1) и последующее предсказание изучаемого эффекта посредством полученных полугипотез о причинах: затем применяется процедура абдукции 1-го рода, реализующая объяснение используемого множества фактов (баз фактов).

Таким образом, ДСМ-рассуждение, завершаемое **принятием** полугипотез посредством абдукции 1-го рода, включает процесс вывода (применение п.п.в.-1 и п.п.в.-2). Следовательно, абдукция 1-го рода согласуется с тезисом о выводе. Более того, ДСМ-исследование ранга r включает абдукцию 2-го рода, являющуюся выводом, реализующим ДСМ-рассуждение с подтверждаемыми результатами.

ДСМ-исследование согласуется и с тезисом о цели, так как абдукция 2-го рода порождает обоснованные гипотезы о причинах исследуемых эффектов с использованием корреспондентной концепции истины (верификации полугипотез о предсказании). Более того продолжающееся ДСМ-исследование ранга r , где $r > 1$, осуществляет отбор гипотез для дальнейшего исследования таких, что они сохраняются при реализуемых расширениях баз фактов посредством множества историй возможных миров \overline{HPW} .

Так как абдукция 1-го рода предполагает применение правил индуктивного вывода (п.п.в.-1) и правил вывода по аналогии (п.п.в.-2) в соответствии с принципом индуктивного обобщения, представленного в §2, а абдукция 2-го рода является выводом, использующим в качестве контроля результата процедуру верификации полугипотез о предсказании, то ДСМ-исследование (как формализованная эвристика) согласуется с тезисом об охвате (*comprehension*). Очевидно, что основой такого согласия является реализация в ДСМ-исследовании постулата точной эпистемологии $P3$, выражающего тот факт, что рассуждение, порождающее новое знание является синтезом познавательных процедур. В случае ДСМ-исследования это – взаимодействие индукции, аналогии и абдукций 1-го и 2-го рода.

Наконец, очевидно, что в ДСМ-исследовании выполняется тезис об автономности абдукции: абдукции 1-го и 2-го рода не являются ни индукцией, ни дедукцией, хотя предполагают начальное применение индукции и возможное последующее применение дедукции [34].

Таким образом, можно утверждать, что ДСМ-метод, включающий ДСМ-рассуждения и ДСМ-исследования, абдукции 1-го и 2-го рода, удовлетворяют тезисам 1–4 из [45], характеризующим идеи Ч.С. Пирса об абдукции.

Однако имеются отличия формализации абдукции в ДСМ-методе от идей об абдукции Ч.С. Пирса.

1. В ДСМ-методе АПИ существенным образом рассматриваются предметные области типа $W1-2$ и $W1-3$, что предполагает существование отношений «причина–следствие» согласно постулату точной эпистемологии $P1$.

2. С $P1$ связана спецификация $W1-2$ посредством множества стратегий ДСМ-рассуждений \overline{Str} , характеризующих различные **виды** отношений «причина–

следствие», выразимые посредством предикатов $H_2(V, Y, p, h)$, что означает, что адекватным представлением этих отношений будут нотация $\overline{H_{2,(x,y)}}(V, Y, p, h)$, где стратегия ДСМ-рассуждений $\overline{Str}_{x,y} \in \overline{Str}$.

Так как \overline{Str} является частично упорядоченным множеством с наибольшим и наименьшим элементом, то оценка полученных гипотез зависит от реальных экстенционалов ExtER, представленных в шкалах оценки качества рассуждений и гипотез [29], что отлично от идей Ч.С. Пирса как относительно поиска наилучшего объяснения, так и наиболее экономной реализации абдукции.

3. Следующим важным отличием формализации абдукции в ДСМ-методе от идей Ч.С. Пирса является формализация индукции посредством аналогов индуктивных правил Д.С. Милля [34a]. Согласно же Ч.С. Пирсу индукция сводится к проверке результатов абдукции и дедукции. Он также пытался вывести специфику абдукции, индукции и дедукции из первой фигуры силлогизмов – модуса *Barbara* [9], что не было удачным решением понимания абдукции и взаимодействия познавательных процедур, порождающих новое знание из знания известного.

Замечание 17. Решение проблемы индукции в ДСМ-методе АПИ, как и решение проблемы абдукции в соответствии с постулатами ТЭ $P1-P7$, является ответом на потребность развивать **теорию рассуждений** [46a] и её приложения в системах искусственного интеллекта и интеллектуальных системах.

Однако вооружение **точной эпистемологии (ТЭ)**, основанием которой являются постулаты $P1-P7$, конструктивными средствами ДСМ-метода АПИ [16, 30], создает формализованную **эвристику** для получения нового знания (*knowledge discovery*) посредством интеллектуальных систем ($Df:2-1$). Следовательно, **фундаментальной проблемой эпистемологии** является создание и развитие точной эпистемологии как исследовательской области, реализующей **конструктивные эвристики** для формирования **открытых теорий**, использующих **эмпирические** данные, обобщение которых порождает эмпирические номологические высказывания, что означает обнаружение новых знаний посредством интеллектуальных систем – главного продукта искусственного интеллекта. Следовательно, проблема формализации абдукции является лишь существенной составляющей ТЭ. Это заключение отлично от мнения Я. Хинтикка относительно понимания фундаментальной проблемы эпистемологии [56].

Итак, сформулируем основные выводы относительно рассмотрения принципов и средств точной эпистемологии.

(1). Постулаты ТЭ $P1-P7$, определения теоретического (идеального) интеллекта и интеллектуальной системы являются **основанием** для компьютерных реализаций средств ТЭ, использующих представление знаний (языки JL, MJL и MMJL) и логики рассуждений. Эти компьютерные реализации образуют исследовательскую и прикладную область, называемую **искусственным интеллектом**, имеющую три

типа продуктов – системы ИИ, интеллектуальные системы и ИИ-роботы³².

(2). Взаимодействие познавательных процедур, которыми обладают открытые теории, создает возможность **интеллектуального анализа данных** для таких областей знаний, в которых знания слабо формализованы, а данные могут быть структурированы и для них определено отношение **сходства**. Этими областями знания являются заведомо науки о жизни и социальном поведении (в том числе, медицина и управление).

(3). **Интеллектуальным анализом данных (ИАД)** является применение интеллектуальных систем как **партнерских человеко-машинных систем**, функционирующих в двух режимах – автоматическом и интерактивном – согласно Df.2-1 и перечню интеллектуальных способностей (1)–(13).

(4). ИАД основан на постулатах ТЭ P1–P7 и использует множество стратегий ДСМ-рассуждений \overline{Str} и множество историй возможных миров \overline{HPW} , что обеспечивает адекватность применяемых процедур предметной области типа W1-2 и минимизирует случайности расширения баз фактов в историях возможных миров HPW_h , где $1 \leq h \leq (s+1)!$, а s – число расширений баз фактов.

(5). Решение проблемы индукции посредством ДСМ-метода АПИ обеспечивает **контроль** за результатами ДСМ-исследования, порождающего для семейства открытых теорий $\mathfrak{S}_E^r = \left\{ \mathfrak{S}_{x,y}^r \mid (x \in I^+) \& (y \in I^-) \right\}$

ранга r , эмпирические закономерности ранга r , которые и образуют *knowledge discovery* для \mathfrak{S}_E^r .

ИАД является формализованным конструктивным процессом реализации эвристики формирования и пополнения семейства квазиаксиоматических (открытых) теорий \mathfrak{S}_E^r .

Охарактеризуем интеллектуальный анализ данных в ДСМ-методе АПИ детально.

(1)'. Рабочий компонент ДСМ-метода АПИ – интеллектуальные системы (ИС-ДСМ: Df.2-1), которые осуществляют ИАД для баз фактов и баз знаний (множества аксиом и гипотез).

(2)'. Адекватность применения Решателя задач ИС-ДСМ относительно предметной области типа W1-2 обеспечивается заданием в процедурной части баз знаний множества стратегий ДСМ-рассуждений \overline{Str} , которые конструктивно посредством правил индуктивного вывода для $Str_{x,y}$ специфицируют **вид** отношений «причина–следствие».

(3)'. Корректность порождения эмпирических закономерностей, представимых посредством IntER, поддерживается обнаружением предзакономерностей A_j^σ , где $\sigma = +, -$, а $1 \leq j \leq 6$, для всех HPW_h таких,

что $HPW_h \in \overline{HPW}$, что минимизирует случайности расширений баз фактов.

(4)'. Реализация адекватности (2)' и корректности (3)' применения Решателя задач осуществляет **моделирование** предметной области, представленной в базах фактов ИС-ДСМ, посредством порождения предикатов $H_{2,(x,y)}(V, Y, p, h)$ и $H_{1,(x,y)}(V, Y, p, h)$ для соответствующих $Str_{x,y}$, где $Str_{x,y} \in \overline{Str}$.

(5)'. Логическим средством ИАД является взаимодействие индукции, аналогии и абдукции 1-го рода, которое формализовано в ДСМ-рассуждениях, применяемых к последовательностям расширяемых (вложенных) баз фактов. ДСМ-рассуждения являются логическими средствами семейства квазиаксиоматических теорий \mathfrak{S}_E^r .

(6)'. ДСМ-рассуждения, используемые в ДСМ-исследованиях, формализованы в языке JL, а ДСМ-исследования формализованы в метаязыке JL-языке MJL, в котором выразимы эмпирические закономерности ER, невыразимые в JL. Характеризация множества ER осуществляется в языке MMJL. В MMJL формализуется отношение частичного порядка на элементах ER, а также отношение частичного порядка на модальных следах \overline{M} ранга r .

Таким образом, **эвристика** обнаружения эмпирических закономерностей и поддержка формирования семейства \mathfrak{S}_E^r осуществляются в иерархии формальных языков.

(7)'. Идеи контроля над выводом и использования средств принятия порождаемых гипотез (нового знания), имеющиеся в различных текстах Ч.С. Пирса и связанные с его пониманием абдукции, реализуются **конструктивно** в ДСМ-методе АПИ на **пяти уровнях принятия** результатов ДСМ-рассуждений и ДСМ-исследований: первый уровень – принятие полугипотез о причинах и предсказаниях посредством локальных вынуждений (LF) и каузальных вынуждений, соответственно; второй уровень принятия этих полугипотез – пролонгированные каузальные вынуждения (PCF); третий уровень принятия полугипотез – использование интегральных каузальных вынуждений (ICF , $ICF \in \overline{ICF}$), порождающих гипотезы эмпирических закономерностей, соответствующие ExtER и образующие эмпирические модальности; четвертый уровень принятия полугипотез – применение абдукции 2-го рода и подтверждаемых ДСМ-рассуждений посредством верификации полугипотез о предсказаниях; пятый уровень принятия результатов ДСМ-исследований – порождение **эмпирических закономерностей ранга r** посредством **модальных следов** ДСМ-исследований.

Естественно, что эти пять уровней принятия результатов ДСМ-исследований являются средством контроля за их достоверностью и средством повышения этой достоверности.

(8)'. Эвристика ДСМ-метода, применяющая ДСМ-рассуждения для ДСМ-исследований, использует обнаружение сходств (+)- и (-)-фактов, множество стратегий ДСМ-рассуждений \overline{Str} и множество исто-

³² Напомним, что система ИИ есть компьютерная система, применяющая известные средства ИИ (деревья решений, нейронные сети, генетические алгоритмы, выводы на основе прецедентов). ИИ-робот образован интеллектуальной системой, сенсорным блоком и мехатроникой.

рий возможных миров \overline{HPW} , что вызывает необходимость **параллельной** программной реализации Решателя задач для ДСМ-метода АПИ, расширяющего базу знаний интеллектуальных систем (ИС-ДСМ) посредством эмпирических закономерностей [57].

Для больших массивов данных, в связи с изложенным, эффективная реализация ДСМ-метода АПИ в ИС-ДСМ возможна в суперкомпьютерах.

(9)'. Существенным средством реализации ДСМ-исследований является абдукция 2-го рода и подтверждаемые ДСМ-рассуждения, что предполагает применение двух концепций истины – **когерентной** и **корреспондентной**; когерентной – для порождения гипотез, об эмпирических закономерностях, а корреспондентной – для порождения эмпирических закономерностей ранга r с использованием верификации полугипотез о предсказании исследуемых эффектов.

(10)'. Пятый уровень принятия эмпирических закономерностей ранга r обеспечивает надежность контроля за результатами ДСМ-исследований и их направленного продолжения, что существенным образом отличает ИАД от известных средств анализа данных.

(11)'. Принятие результатов ДСМ-рассуждений и ДСМ-исследований на всех пяти уровнях отражается в двух шкалах оценки качества рассуждений и гипотез [16, 29]. Несингулярная оценка работы ИС-ДСМ – характерное средство её как партнерской человеко-машинной системы (Df.2-1).

(12)'. Так как применение инструмента ИАД – ИС-ДСМ предполагает **последовательное** и **управляемое** расширение баз фактов для порождения модальных следов \bar{M} ранга r , представляющих эмпирические закономерности различных видов, то ИАД предполагает следующий принцип: **open data важнее big data**.

(13)'. Порождение эмпирических закономерностей ранга r , где $r \geq 1$, является усилением критерия демаркации К.Р. Поппера, отличающего **научное** исследование от работы, не имеющей научного статуса [23]. Критерий демаркации К.Р. Поппера ограничивается только возможностью **фальсификации** результатов исследования. Усиленный критерий демаркации формализуется как «фальсификация + множество эмпирических закономерностей», которые завершают r -й этап исследований.

(14)'. Нетривиальной особенностью ИАД является использование онтологий, образованных множеством **отношений**, а не **свойств** (атрибутов), а, следовательно, **неаристотелевское** понимание понятий [48, 59]³³.

³³ С точки зрения ТЭ и относящейся к ней особенности ИАД (14)' процедуры деревьев решений [60] и формальных понятий [61] не являются средством ИАД, так как основаны на аристотелевской онтологии «вещь – свойства» [59], что характерно для задач классификации. Заметим, что применение деревьев решений в компьютерных системах относится к классу «систем ИИ», но не к классу интеллектуальных систем. Однако процедуры деревьев решений и формальных понятий могут применяться в препроцессинге подготовки данных для ИАД и для процедур ДСМ-метода АПИ.

(15)'. Итогом характеристики ИАД в ДСМ-методе АПИ является указание на наличие естественной последовательности связей: определение теоретического интеллекта (Df.1-1), содержащего способности (1)–(13), → определение интеллектуальной системы (Df.2-1) → определение ДСМ-рассуждений как взаимодействия индукции, аналогии и абдукции → определение ДСМ-исследований, использующих множества \overline{Str} и \overline{HPW} для последовательностей расширяемых баз фактов → решения проблем индукции и абдукции как основных проблем ТЭ, основанной на постулатах $PI-P7$, → определение квазиаксиоматических теорий и множества эмпирических закономерностей ранга r .

Эта последовательность понятий и процедур осуществляется посредством особенностей (1)–(15)' и информативно характеризует ИАД в ДСМ-методе АПИ.

Сформулированная выше последовательность понятий и процедур и особенности (1)–(15)' отличают ИАД от анализа данных известными средствами (в том числе и от нейронных сетей, реализующих только две интеллектуальные способности – распознавание и обучение).

ТЭ и её логические средства, основанные на решении проблем индукции и абдукции, а также представлении знаний посредством семейств квазиаксиоматических (открытых) теорий, является понятийным и конструктивным аппаратом для решения проблемы Г. Риккерта [62].

В самом деле, ТЭ и конструктивные средства ИИ, реализующие её идеи, понятия и проблемы, создают аппарат для представления знаний и формализации рассуждений в таких областях знания, в которых знание слабо формализованы, а данные могут быть структурированы. Таковыми являются науки о социальном поведении и гуманитарные науки (науки о культуре согласно Г. Риккерту).

Таким образом создаются средства для формализации исследований и проведения экспериментов в компьютерных системах – системах ИИ и интеллектуальных системах для указанных областей знания вопреки утверждениям Г. Риккерта о существенном различии исследований в науках о природе и науках о культуре, ибо эмпирические номологические высказывания могут быть обнаружены и в науках о жизни и в науках о культуре согласно методологии ТЭ и её конструктивными средствами ИАД. Примером применения логических средств ТЭ в социологии являются исследования посредством ДСМ-метода АПИ [63, 63а, 64]³⁴.

В настоящее время достаточно развит **базисный** ДСМ-метод АПИ [16, 35, 38, 57], содержащий индуктивные правила вывода для канонов сходства, различия, сходства-различия [34а] и правил индуктивного вывода «с запретом на контрпримеры» [35], для которых разработаны средства обнаружения эмпирических закономерностей, представляемые посредством эмпирических номологических высказываний.

³⁴ ИАД социологических данных является средством формализованного **качественного** анализа данных, результатом которого является обнаружение детерминант социального поведения, учет влияния на него ситуаций, распознавание рациональности мнений и решение других задач.

Для производных вариантов ДСМ-метода АПИ, которые используют индуктивные правила вывода для методов остатков, сопутствующих изменений [65] и правил индуктивного вывода с отношением порядка ([30], Часть I, Гл. 1) не созданы средства для их упорядочения и обнаружения эмпирических закономерностей. Аналогичное имеет место для модифицированных вариантов ДСМ-метода, которыми являются обобщенный ДСМ-метод с тернарным предикатом причинности [66], ситуационный ДСМ-метод с тернарным предикатом «объект, ситуация, эффект» [30, Часть I, Гл. 2] и обратный ДСМ-метод автоматического порождения гипотез с предикатом для порождения гипотез «следствие–причина» [67]³⁵.

Создание решателя задач с базисными, производными и модифицированными вариантами ДСМ-метода АПИ, применяемых для обнаружения эмпирических закономерностей и поддержки образования квазиаксиоматических (открытых) теорий, является актуальной проблемой развития процедурных средств ТЭ как технологий ИИ, реализующих ИАД в науках о жизни и социальном поведении и в других областях, удовлетворяющих условиям применимости ДСМ-метода АП³⁶.

С точки зрения ТЭ, формулирующей содержание интеллектуальных процессов и реализующих их интеллектуальных систем (*Df.1-1*, *Df.2-1*), весьма распространенными являются перечисляемые ниже относительно ИИ заблуждения:

1. ИИ является комплексом компьютерных технологий (т. е. **не исследовательская** область и сфера её приложений, а программные продукты),

2. ИИ есть машинное обучение [4],

3. ИИ есть нейронные сети,

4. Решение проблем ИИ невозможно без моделирования мозга (т. е. ИИ не является реализацией **феноменологии** интеллектуального процесса),

5. *Big Data* есть необходимое средство *Knowledge Discovery* (тогда как *Open Data* важнее *Big Data* для обнаружения эмпирических закономерностей).

Из заблуждений 1–4 следует неявная вера в возможности развития технологий, претендующих на имитацию интеллекта без **понимания** интеллекта и содержания эвристик, его имитирующих и усиливающих [2].

В силу изложенного понимание ИИ как «комплекса технологических решений, позволяющих имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получения при выполнении конкретных задач результатов, сопоставимых, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека» [69], является эклектичной характеристикой проблем ИИ, и не может служить его определением, ибо неявно подразумевает перечисленные выше заблуждения относительно искусственного интеллекта.

1. Подобная характеристика ИИ исключает использование его теоретических оснований и **научно-го аппарата** его развития и реализации.

2. В силу сказанного выше технологии ИИ могут лишь совершенствоваться и распространяться, но не возникать на теоретических основаниях, которые связаны с логиками рассуждений и средствами представления и организаций знаний в базах знаний.

3. В этой характеристике нет понимания «интеллектуальности» используемых процедур и отсутствует понимание самого интеллекта, что порождает чисто бихевиористское представление о процедурах ИИ: к ИИ относится **всякая** компьютерная программа, которая в результате делает то, что делает человек. Тогда автоматизация любых вычислительных процедур есть средство ИИ³⁷.

4. Подобная эклектичная трактовка проблем и средств ИИ фактически к главным его средствам относит компьютерное зрение, обработку естественного языка, распознавание и синтез речи, интеллектуальную поддержку принятия решений и **перспективные методы ИИ**. Заметим, что «интеллектуальная поддержка принятия решений» должна быть основана на понимании конструктивно реализуемых интеллектуальных способностях (для этого необходимо определение идеального интеллекта *Df.1-1*).

Перспективные же методы ИИ не могут быть созданы без теории логики рассуждений и формализованных эвристик решения задач, использующих языки представления знаний, которые предполагают понятийный аппарат точной эпистемологии.

5. Квалифицированное представление о развитии ИИ невозможно без понимания видов его продуктов и их взаимосвязи. Таковыми являются системы ИИ, интеллектуальные системы и ИИ-роботы. Системами ИИ являются любые компьютерные системы, реализующие известные процедуры, созданные ради общих идей ИИ: автоматическое доказательство теорем, рассуждения на основе прецедентов, нейронные сети, нечеткие множества и связанные с ними процедуры, генетические алгоритмы.

Главный продукт ИИ – **интеллектуальные системы (ИС)**, реализующие интеллектуальные процессы такие, что они образованы взаимодействием мыслительных (МП) познавательных процессов (ПП), рассмотренных в §1 настоящей статьи. Мыслительные процессы имитируются и усиливаются правилами формализованных логических выводов (в ДСМ-системе АПИ ими являются правила индуктивного вывода и вывода по аналогии). Познавательные же процессы имитируются и усиливаются процедурами преобразования массивов расширяемых данных (в том числе процедурами поиска сходства фактов, процедурами проверки сохранения гипотез при расширении баз фактов и процедурами принятия результатов посредством абдуктивного объяснения баз фактов). К познавательным процедурам следует отнести и вычислительные процедуры, сопровождающие рассуждения и управляемые ими.

Таким образом, интеллектуальный процесс, характеризующийся множеством интеллектуальных способностей (1)–(13) из §1, реализуется посредством

³⁵ Первая версия ДСМ-метода АПИ имела название «ДСМ-метод автоматического порождения гипотез».

³⁶ Возможно такой областью является мода [68].

³⁷ Против бихевиористской и упрощенной трактовки проблем ИИ, связанной с тестом А. Тьюринга [1], выступал создатель ИИ Д. Маккарти [2].

Решателя задач, применяемого к расширяемым базам фактов и знаний ИС.

Из перечня (1)–(13) следует, что ИС имеет два режима работы – **автоматический** и **интерактивный**³⁸. Следовательно, ИС являются **партнерскими человеко-машинными системами**.

Интеллектуальные системы являются существенным модулем ИИ-роботов, а ИИ-робот = ИС + сенсорный модуль + мехатроника.

Таким образом, ИИ-роботы являются продуктом, основанным на ИС.

6. Содержание реализаций ИС и их ценность определяется тем, что ИС осуществляет ИАД, существенным образом, отличающимся от анализа и обработки данных для их фиксированных массивов.

ИАД – средство автоматизированной поддержки исследований, а исследование – осуществление интеллектуальных процессов, результатом которых является *knowledge discovery*.

Среди сотрудников некоторых ведущих мировых университетов и компьютерных фирм обсуждаются актуальные проблемы развития ИИ («точки роста»). Таковыми являются:

1⁰. Создание партнерских человеко-машинных систем,

2⁰. Разработка общей теории автоматизированных рассуждений, включающей и средства машинного обучения;

3⁰. Создание интеллектуальных роботов (ИИ-роботов в нашей терминологии), реализующих рассуждения и принятия решений с использованием необходимого инструментария ИИ.

Замечание 18. Упомянутые «точки роста ИИ» имеют методологические теоретические средства для их развития и соответствующую экспериментальную поддержку посредством понятий и процедур ТЭ и основанного на ней ДСМ-метода АПИ.

Это утверждение имеет следующую аргументацию.

1. Уточняется идея «интеллекта» посредством перечня интеллектуальных способностей (1)–(13) (из §1) и формулируется определение теоретического (идеального) интеллекта (*Df.1-1*)).

2. В соответствии с *Df.1-1* формулируется определение главного продукта ИИ – **интеллектуальной системы (Df.2-1)**, а также определение ИИ-робота.

3. Формулируются постулаты ТЭ *P1-P7*, характеризующие эвристику реализации интеллектуального процесса для *knowledge discovery* посредством партнерских человеко-машинных систем.

4. Содержание эвристики для *knowledge discovery* реализуется посредством ДСМ-рассуждений и последующих ДСМ-исследований, являющихся пролонгированным применением взаимодействия познавательных процедур (индукции, аналогии и абдукции) для *knowledge discovery*.

5. Результатом ДСМ-исследований является обнаружение множества эмпирических закономерностей ENS (эмпирических номологических высказываний).

6. Обнаружение ENS посредством ДСМ-исследований в ИС-ДСМ возможно благодаря решению

проблем индукции и абдукции (абдукции 1-го и 2-го рода); абдукция 2-го рода применяется в подтверждаемых ДСМ-рассуждениях, что является взаимодействием двух концепций истины – когерентной [27, 28] и корреспондентной [25, 26, 28].

7. Обоснованность гипотез о причинах и предсказаниях гарантируется пятью уровнями принятия результатов ДСМ-рассуждений и ДСМ-исследований, итогом которых является семейство квазиаксиоматических теорий, соответствующих множеству \overline{Str} возможных стратегий ДСМ-рассуждений.

8. Пять уровней принятия результатов ДСМ-исследований обеспечивают организованный **контроль** за результатами ДСМ-метода АПИ, что осуществляется благодаря порождению эмпирических закономерностей ранга r , где $r > 1$, при пролонгированном ДСМ-исследовании и обнаружении модальных следов, представляющих **виды** эмпирических закономерностей ранга r .

9. Перечисленные условия реализации ДСМ-метода АПИ характеризуют автоматизированную эвристику, которая осуществляется в партнерских человеко-машинных системах ИС-ДСМ, в которых происходит **интеллектуальный анализ данных (ИАД)** посредством его образующих (1)'–(15)', сформулированных выше.

Таким образом, принципы точной эпистемологии и основанный на них ДСМ-метод АПИ, являющийся отечественным методом ИИ, способны осуществлять решение проблем, относящимся к упомянутым «точкам роста ИИ».

ДСМ-метод АПИ, как формализованная эвристика, применим к предметным областям таким, что знания в них слабо формализованы, а данные могут быть структурированы (эти условия характерны для применения ИС – главного продукта ИИ). Перечислим эти области: медицина, фармакология, экология, социология, криминалистика, техническая диагностика, робототехника, управление и оборона.

Применение ИС в медицине, в частности, может решать задачи поддержки диагнозов, предсказаний выбора наилучшего способа лечения, предсказания возможных осложнений при хирургических операциях, прогнозирования рецидивов или ремиссий после проведенных лечений (в том числе с использованием генетической информации [70]).

Важно отметить, что надежность результатов применения ИС в медицине зависит от последующих наблюдений над прошедшими лечение больными, что требует соответствующей организации и стандартов в представлении историй болезней в базах данных. Создание единых баз данных для решения диагностических задач и консультаций в удаленном доступе также является задачей, реализуемой посредством ИС.

Актуальной проблемой является создание ИС для ИАД совершаемых преступлений с обнаружением условий (ситуаций), причин преступлений и характеристик преступников.

Важной областью применения ИС является социология. Возможность применения ИАД посредством ИС является решением проблемы формализованного качественного анализа социологических данных [63, 64].

³⁸ Эти режимы соответствуют реализации **рассудка** и **разума** [6].

Применение ИС, реализующих ДСМ-метод АПИ, в социологии решает важные задачи посредством ИАД (следовательно, **качественным** анализом данных), а, именно исследование индивидуального поведения, обнаружение детерминант социального поведения, учет влияния ситуаций (ситуационная версия ДСМ-метода АПИ ([38], Часть IV, Гл. 2)), анализ и прогнозирование мнений с распознаванием их рациональности³⁹.

Качественный анализ данных посредством ИАД в ИС может быть применен и в других социальных науках (например, в социальной психологии и антропологии).

Так как ДСМ-метод АПИ удовлетворяет постулатам *P1 – P7* ТЭ, характеризующих взаимодействие мыслительного и познавательного процесса (§1), то ИС-ДСМ являются конструктивным средством решения задач **когнитивной** социологии: имитации и усиления познавательных возможностей исследователя – социолога и обнаружение рациональности мнений респондентов.

Следует отметить необходимые условия для создания ИС – возможность выделения существенных параметров, характеризующих носителей эффектов и самих эффектов и разработку языка представления знаний. Эти условия порождают необходимость **междисциплинарной** организации коллектива создателей ИС и их **профессиональной подготовки**.

Разработка главного продукта ИИ – интеллектуальных систем и основанных на них ИИ-роботах требует создания необходимых условий для их создания и поддержки их функционирования. Перечислим эти условия.

(а) Необходимы систематические исследования особенностей представления знаний для разных предметных областей и соответствующих им задач.

(б) Следует разрабатывать логики рассуждений и реализующие их в ИС Решатели задач.

(в) Необходимо разрабатывать реализацию эффективности вычислительных и логических процедур, а также параллельные реализации Решателей задач для эффективного обнаружения эмпирических закономерностей.

(г) Созданные прототипы ИС и их исследовательские версии должны проверяться для различных предметных областей и различных структур данных. Кроме того необходимо использовать для препроцессинга известные средства ИИ – машинное обучение, деревья решений и средства компьютерного зрения (для ИИ-роботов).

Аспекты (а), (б), (в), (г) разработки систем ИИ и ИС являются необходимым основанием академических исследований, результаты которых будут порождать технологические применения средств ИИ для практических целей.

(е) Следует создать трехуровневую инфраструктуру для развития ИИ в РФ. Таковой должна быть следующая организация:

1⁰. Коллективы академических исследователей принципов ТЭ и средств создания методов ИИ, ИС с

Решателями задач, а также методологии разработок ИИ-роботов.

2⁰. Должны быть созданы подразделения для разработок прототипов ИС и ИИ-роботов и полигоны их испытаний.

3⁰. Следует установить взаимодействие коллективов 1⁰ и 2⁰ с организациями потребителями продуктов ИИ (государственными организациями и коммерческими фирмами).

Подобная инфраструктура может обеспечить развитие проблем и средств ИИ, если будет создана система подготовки специалистов для этих целей.

В связи с содержанием проблем ИИ, тесно связанных с ТЭ, логикой, математикой, программированием и методами ИИ, образование IT-специалистов, способных создавать методы ИИ, разрабатывать ИС и когнитивное и программное обеспечение ИИ-роботов весьма специфично и неоднородно. Дело в том, что оно требует специализации в зависимости от роли будущих ИИ-специалистов в создании продуктов ИИ, а также новых методов и теоретических оснований.

Необходимо создавать образовательные программы для четырех типов специалистов:

Тип I – ИИ-теоретик;

Тип II – разработчик программного обеспечения систем ИИ, ИС и ИИ-роботов;

Тип III – квалифицированный пользователь, применяющий методы ИИ;

Тип IV – специалист соответствующей предметной области, принимающий участие в разработке ИС (например, медик, социолог, криминалист, военный).

Очевидно, что должны быть созданы образовательные программы для всех четырех видов специалистов, в которых были бы базовые курсы математики, логики, программирования, методов ИИ и принципов проектирования ИС.

Перечислим базовые курсы для специалистов Типа I:

- математический цикл: математический анализ, алгебра, дискретная математика, теория вероятностей и математическая статистика, дифференциальные уравнения, вычислительная математика, математическая логика, теория алгоритмов, математическая лингвистика;

- цикл программирования: языки программирования и методы программирования (в том числе методы параллельного программирования);

- методы искусственного интеллекта: машинное обучение, нейронные сети, нечеткие множества, генетические алгоритмы, логика интеллектуальных систем, методы интеллектуального анализа данных, проектирование интеллектуальных систем, основы робототехники;

- лингвистический цикл: курсы морфологии, синтаксиса, семантики, процедуры компьютерной лингвистики;

- эпистемологический цикл: Аристотель, Ф. Бэкон, Д. Юм, И. Кант, Д.С. Милль, Ч.С. Пирс, Логический позитивизм, К.Р. Поппер.

Из-за междисциплинарности образовательных программ и интенсивной их практической поддержки – участия в разработках главных продуктов ИИ (ИС и ИИ-роботов), необходим срок обучения в течение шести лет.

³⁹ Распознавание рациональности мнений осуществляется средствами логики аргументации.

Профессиональная подготовка IT-специалистов Типов I-IV создаст необходимый корпус исследователей и технологов, способных осуществлять **реальное** развитие проблем и практических применений ИИ **оригинального**, а не **эпигонского** характера. Следует обратить внимание на имеющиеся результаты отечественной школы исследователей относительно теоретических оснований ИС – главного продукта ИИ.

В заключение обсудим источники, вызвавшие потребность в развитии проблем и продуктов ИИ, как области исследований и технологических применений.

Современное общество в двух своих ипостасях, **которыми являются цивилизация и культура**, характеризуют как **информационное общество** [71]. Его цивилизационными особенностями являются:

1. Коммуникация, реализуемая компьютерными системами и возможностями интернета,
2. Применение информационных систем в управлении (в том числе, в документообороте),
3. Компьютерный анализ данных при принятии решений,
4. Роботизация производства и военной сферы,
5. Использование знаний в управлении и производстве, изменение в связи с этим понятия стоимости (в прошлом понимаемой как овеществленный труд),
6. Экспертные системы в сфере услуг⁴⁰.
7. Автоматизированная поддержка исследований (в том числе в медицине и экологии),
8. Анализ эмпирических данных и осуществление экспериментов (в том числе и моделирование исследуемых явлений) в науках о жизни, социальном поведении и в гуманитарных исследованиях.

Изменения в культуре информационного общества:

- 1*. Возникновение средств computer science, логики рассуждений и теории алгоритмов;
- 2*. Уточнение и формализация идей эпистемологии – возникновение точной эпистемологии.

Цивилизационные особенности 1–8 и изменения в культуре⁴¹ 1*, 2* породили потребность в инструментарии искусственного интеллекта и возможность его создания, соответственно.

Таким образом, ТЭ и ИИ – ответ науки, и порожденной его технологии на возникшие потребности информационного общества. С этим связана необходимость **точной эпистемологии** как **идейной** основы для анализа потоков информации и использования **знаний** для принятия решений в условиях информационного общества.

Так как **искусственный интеллект** является областью компьютерных реализаций средств ТЭ, которыми являются средства **представления знаний** и **логики рассуждений** (*Df.1-2*), то сферой применения ИИ являются предметные области такие, что знания в них слабо формализованы, а данные могут быть структурированы. Очевидно, что таковыми являются, прежде всего, науки о жизни и социальном поведении, гуманитарные науки, а также социальная и гуманитарная сфера (в том числе: медицина и управление).

Таким образом, специфической особенностью **информационного общества** [71] является **конструктивное использование знаний**, что является особенностью его культуры. Оно порождает необходимость **интеллектуализации** в управлении, медицине, научных исследованиях и коммуникации.

Средствами же интеллектуализации являются принципы ТЭ и технологии ИИ: системы ИИ, интеллектуальные системы, ИИ-роботы. Прямыми плодами интеллектуализации являются когнитивная социология, evidence based medicine, интеллектуальное управление, развитие которых существенным образом зависит от применения продуктов ИИ и принципов ТЭ.

Из всего вышеизложенного следует неудачность термина «цифровизация», ибо для информационного общества адекватным будет термин «интеллектуализация» («знания» versus «цифра»)⁴².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тьюринг А. Может ли машина мыслить? // Информационное общество. – М.: Изд-во И74 АСТ. – 2004. – С. 221-284; Turing A.M. Computing machinery and intelligence // Mind. – 1950. – № 59. – P. 433-460.
2. Маккарти Дж., Хейес Р. Дж. Некоторые философские проблемы в задаче построения искусственного интеллекта // Кибернетические проблемы бионики. – М.: Изд-во «Мир», 1972. – С. 40-88; MacCarthy G., Hayes P.G. Some philosophical problems from the standpoint of Artificial Intelligence // Machine Intelligence. – 1969. – №4. – P. 463-502.
3. Минский М. На пути к созданию искусственного разума // Вычислительные машины и мышление/ под ред. Э. Фейгенбаума, Дж. Фельдмана. – М.: Изд-во «Мир», 1967. – С. 402-458; Minsky M. Steps Towards Artificial Intelligence // Proc. IRE. – 1961. – Vol. 49. – P. 8–30.
4. Алпайдин Э. Машинное обучение: новый искусственный интеллект?. – М.: Издательская группа «Точка», 2017.
5. Минский М. Сообщество разума. – М.: Изд-во АСТ, 2018; Minsky M. The Society of Mind. – Simon&Schuster, Inc., 1986.
6. Кант И. Критика чистого разума. Т. 3. – М.: Изд-во «Мысль», 1964.
7. Пойа Д. Как решить задачу. – М.: Гос. учебно-педагогич. изд-во Мин-ва просвещения РСФСР, 1959; Pólya George. How to Solve It. – Princeton: Princeton University press, USA, 1945.
8. Бернайс П. О рациональности // Эволюционная эпистемология и логика социальных наук. Карл Поппер и его критики. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – С. 154-162; Bernays P. Concerning Rationality // The Philosophy of Karl Popper / ed. Be P.A. Schilpp. The Library of Living Phi-

⁴⁰ Например, применение экспертных систем в сфере моды [68].

⁴¹ Наука – существенный аспект культуры.

⁴² Интеллектуализация является существенным образом явлением **культуры**, а цифровизация – **цивилизации**. Цифровизация есть необходимый технологический аспект интеллектуализации, порождённый проблемами ИИ.

- losophers. Book 1. – 1974. – Vol. 14. – P. 597-605 / Open Court Publishing Co., LaSalle, Illinois.
9. Fann K.T. Pierce's theory abduction. – The Hague: Martinus Nijhoff Publishers, 1970.
 10. Вертгеймер М. Продуктивное мышление. – М.: Изд-во «Прогресс», 1987; Vertheimer M. Productive Thinking. – New York: Harper & Brothers Publishers, 1954.
 11. Серль Д. Рациональность в действии. – М.: ПРОГРЕСС – Традиция, 2004; Searle J.R. Rationality in Action. – Massachusetts London, England: A Bradford Book The MIT Press Cambridge, 2001.
 12. Финн В.К. К структурной когнитологии: феноменология сознания с точки зрения искусственного интеллекта // В кн.: В.К. Финн Искусственный интеллект: методология, применения, философия. – М.: КРАСАНД. – 2018. – С. 256-277.
 13. Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения. – М.: Изд-во «Прогресс», 1965; Miller G.A., Galanter E., Pribram K.H. Plans and the Structure of Behavior. – New York: A HOLT-DRYDEN SOOK, Henry Holt and Company, 1960.
 14. Пирс Ч.С. Как сделать наши идеи ясными // Избранные произведения. – М.: ЛОГОС, 2000. – С. 266-295.
 15. Поппер К. Знание и психофизическая проблема. В защиту взаимодействия. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008; Popper K.R. Knowledge and the Body-Mind Problem. In defense of interaction. – Estate of Sir Karl Popper, 2008.
 16. Финн В.К. Об эвристиках ДСМ-исследований (дополнение к статьям) // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2019. – № 10. – С. 1-34; Finn V.K. On the Heuristics of JSM Research (Additions to Articles) // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2019. – Vol. 52, № 5. – P. 250-282.
 17. Nickerson R.S., Perkins D.N., Smith E.E. The teaching of thinking. Hillsdale. – NY: Erlbaum, 1985.
 18. Ясперс К. Общая психопатология. – М.: ПРАКТИКА, 1997; Jaspers K. Allgemein Psychopathologie. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1973.
 19. McCarthy J. From here to human-level AI // Artificial Intelligence. – 2007. – Vol. 171, №18. – P. 1174-1182.
 20. Финн В.К. Искусственный интеллект: методология, применение, философия. – М.: КРАСАНД, 2018 (Часть III, Гл. 2, с. 232-239).
 21. Гадамер Х.Г. Истина и метод. – М.: ПРОГРЕСС, 1988; Gadamer H.-G. Wahrheit und Methode. – Tubingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebek), 1960.
 22. Крафт В. Венский кружок. Возникновение неопозитивизма. – М.: Идея-Пресс, 2003; Kraft V. Der Wiener Kreis. Der Ursprung des Neopositivismus. – Wein: Springer-Verlag, 1950.
 - 22а. Финн В.К. Двенадцать тезисов об аргументационных системах // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2012. – №11. – С. 20–30; Finn V.K. Twelve theses on argumentation systems // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2012. – Vol. 46, № 6. – P. 235–247.
 23. Поппер К.Р. Объективное знание. Эволюционный подход. – М.: УРСС, 2002; Popper K.R. Objective Knowledge. An Evolutionary Approach. – Oxford: Oxford Clarendon Press, 1979.
 24. Фрейд З. Сновидения. – Алма-Ата, 1990.
 25. Tarski A. The Concept of Truth in Formalized Languages // Tarski A. Logic, Semantics, Metamathematics. – Oxford: At the Clarendon Press, 1956. – P. 152-278.
 26. Тарский А. Семантическая теория истины и основания семантики // Аналитическая философия: становление и развитие. – М.: «Дом интеллектуальной книги» – «Прогресс-Традиция», 1998. – С. 90-129; Tarski A. The Semantic Conception of Truth and the Foundation of Semantics // Philosophy and Phenomenological Research. – 1944. – Vol. 4, № 3. – P. 341-375.
 27. Rescher N. The Coherence Theory of Truth. – Oxford: The Clarendon Press, 1973.
 28. Вейнгартен П. Фундаментальные проблемы истины. – М.: РОССПЭН, 2005; Weingartner P. Basic Question on Truth. – Dordrecht/ Boston/ London: Kluwer Academic Publishers, 2000.
 29. Финн В.К. О классе ДСМ-рассуждений, использующих изоморфизм правил индуктивного вывода // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2016. – № 3. – С. 95-108.
 30. ДСМ-метод автоматического порождения гипотез: логические и эпистемологические основания / под общ. ред. О.М. Аншакова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
 31. Nilsson N.J. Artificial Intelligence: A New Synthesis. – San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1998.
 32. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003; Luger G.F. Artificial Intelligence and Strategies for Complex Problem Solving. – Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 2002.
 33. Шестерникова О.П., Агафонов М.А., Винокурова Л.В., Панкратова Е.С., Финн В.К. Интеллектуальная система прогнозирования развития сахарного диабета у больных хроническим панкреатитом // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2015. – № 4. – С. 12-50.
 - 34а. Милль Д.С. Система логики силлогистической и индуктивной. – 5-е изд. – М.: ЛЕНАНД, 2011; Mill J.S. A System of Logic Ratiocinative and Inductive, Being a Connected View of Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation. – London: Parker, Son and Bowin, 1843.
 34. Финн В.К. Эпистемологические основания ДСМ-метода автоматического порождения гипотез // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2013. – № 9. – С. 1-29 (Часть I); Там же – № 12. – С. 1-26 (Часть II); Finn V.K. Epistemological Foundations of the JSM Method for Automatic Hypothesis Generation // Automatic Documentation and

- Mathematical Linguistics. – 2014. – Vol. 48, № 2. – P. 96-148.
35. Финн В.К. Дистрибутивные решетки индуктивных ДСМ-процедур // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2014. – № 11. – С. 1-30; Finn V.R. Distributive Lattices of Inductive JSM-Procedures // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2014. – Vol. 48, № 6. – P. 265-295.
 36. Rosser J.B., Turquette A.R. Many-Valued Logics. – Amsterdam: North – Holland Publishing Company, 1958.
 37. Бочвар Д.А. Об одном трехзначном исчислении и его применении к анализу парадоксов классического расширения функционального исчисления // Математический сборник. – 1938. – Т 4, Вып. 2. – С. 287-308.
 38. Финн В.К. Искусственный интеллект: методология, применение, философия. – М.: КРАСАНД, 2018. – 444 с.
 39. Гершель Дж. Философия естествознания. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». – 2011; Herschel J.F.W. Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy. – London, 1851.
 40. Anderson A.R., Belnap N.D. Entailment: The Logic of Relevance and Necessity. – Vol. 1. – Princeton: Princeton University Press, 1975.
 41. Smullyan R.M. First-Order Logic. – New York: Springer-Verlag, Inc., 1968.
 42. Peirce C.S. Collected papers. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934. – P. 189.
 43. Abductive Inference: Computation, Philosophy, Technology / eds. J.R. Josephson, S.G. Josephson. – Cambridge: University Press. 1994.
 44. Aliseda A. Abductive Reasoning // Synthes Library. – 2006. – Vol. 330.
 45. Kapitan T. Pierce and the Structure of Abductive Inference // Studies in the Logic of Charles Sanders Pierce / eds. N. Houser, Don D. Roberts, James van Evra. – Indiana University Press, 1997.
 46. Venema Y. Dynamic Models in Their Logical Surroundings // Logic in Action. – Institute for Logic, Language, and Computation, 2001.
 - 46а. ван Бенхам Й. Логика рассуждения: много ли значат факты? // Вопросы философии. – 2011. – № 2. – С. 63-76; van Benthem J. Logic and Reasoning: Do the Facts Matter? // Studia Logica. – 2008. – Vol. 88, № 1. – P. 67-84.
 47. Reichenbach H. Nomological Statement and Admissible Operations. – Amsterdam: North-Holland Publishing Co., 1954.
 48. Финн В.К. О неаристотелевском строении понятий // Логические исследования. – 2015. – № 21(1). – С. 9-43.
 49. Фейс Р. Модальная логика. – М.: Изд-во «Наука». – 1974; Feys R. Modal Logics. – Louvain / Paris: E. Nauwelaerts / Gauthier-Villars Publishers, 1965.
 50. Chellas B.F. Modal Logic. An Introduction. – Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
 51. фон Вригт Г.Х. Логико-философские исследования. – М.: ПРОГРЕСС. – 1986; von Wright G.H. Explanation and Understanding. – London, 1971.
 52. Финн В.К. Эвристика обнаружения эмпирических закономерностей и принципы интеллектуального анализа данных // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2018. – № 3. – С. 3-19.
 53. Юм Д. Трактат о человеческой природе. – М.: КАНОН, 1995.
 54. Gillies D. Artificial Intelligence and Scientific Method. – New York: Oxford University Press Inc., 1996.
 56. Hintikka J. What is Abduction? The Fundamental Problem of Contemporary Epistemology // Transactions of the Charles S. Peirce Society. – 1998. – Vol. XXXIV, № 3. – P. 503-533.
 57. Финн В.К., Шестерникова О.П. Эвристика обнаружения эмпирических закономерностей посредством ДСМ-рассуждений // Научно-техническая информация. – 2018. – № 9. – С. 9-42.
 58. Frankfort H. Peirce's account of inquiry // The Journal of Philosophy. – 1958. – Vol. 55. – P. 588-592.
 59. Кассирер Э. Познание и действительность. – М.: ГНОЗИС, 2006; Cassirer E. Substanzbegriff und Funktionsbegriff. – Berlin: Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik, 1910.
 60. Quinlan J.R. Induction of Decision Trees // Machine Learning. – 1986. – Vol. 1, №1. – P. 81-106.
 61. Wille R. Formal Concept Analysis as Mathematical Theory of Concepts and Concept Hierarchies // Formal Concept Analysis. Foundations and Applications / eds. B. Ganter, G. Stumme, R. Wille. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. – P. 1-33.
 62. Риккерт Г. Науки о природе и науки о культуре. – М.: Изд-во «Республика», 1998.
 63. Климова С.Г., Михеенкова М.А., Финн В.К. ДСМ-метод в качественном социологическом исследовании: основные принципы и опыт использования // Социологический журнал. – 2016. – Т. 22, № 2. – С. 8-30.
 - 63а. Михеенкова М.А., Климова С.Г. Интеллектуальный анализ данных в социологических исследованиях // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2018. – № 12. – С. 12-24; Mikhayenkova M.A., Klimova S.G. Knowledge Discovery in Social Research // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2018. – Vol. 52, № 6. – P. 318-329.
 64. Finn V.K., Mikhayenkova M.A. Plausible Reasoning for the Problems of Cognitive Sociology // Logic and logical philosophy. – 2011. – Vol. 20, № 1-2. – P. 111-137.
 65. Финн В.К. Индуктивные методы Д.С. Милля в системах искусственного интеллекта. Часть I // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2010. – № 3. – С. 3-21; Часть II // Там же. – № 10. – С. 14-48; Finn V.K. J.S. Mill's Inductive Methods in Artificial Intelligence Systems. Part I // Scientific and Technical Information Processing. – 2011. – Vol. 38, № 6. – P. 385-402; Finn V.K. Mill's Inductive Methods in Artificial Intelligence Systems. Part II. – 2012. – Vol. 39, № 5. – P. 241-260.
 66. Финн В.К., Шестерникова О.П. О новом варианте обобщенного ДСМ-метода автоматизи-

- рованной поддержки научных исследований // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2016. – № 1. – С. 57-64.
67. Автоматическое порождение гипотез в интеллектуальных системах / под. общ. ред. О.М. Аншакова. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2020.
68. Голуб А. Искусственный интеллект для моды. – Минск: «Дискурс», 2019.
69. НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201910110003?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 20.04.2020).
70. Чебанов Д.К., Михайлова И.Н. Интеллектуальный анализ данных пациентов с меланомой для поиска маркеров заболевания и значимых генов // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2019. – № 10. – С. 35-40.
71. Уэбстер Ф. Теория информационного общества. – М.: АСПЕНТ ПРЕСС. – 2004; Webster F. Theories of the Information Society. – London and New York: Routledge, 1995.

Материал поступил в редакцию 29.04.20.

Сведения об авторе

ФИНН Виктор Константинович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН (ФИЦ ИУ РАН); руководитель Отделения интеллектуальных систем в гуманитарной сфере Российского государственного гуманитарного университета, Москва.

e-mail: ira.finn@gmail.com

СПРАВОЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК 001.102:003.2

В.И. Хайруллин, З.А. Юсупова

Принцип экономии языковых средств как основа письменной графики

Рассматривается проблема экономии языковых средств при письменной передаче информации. Отстаивается точка зрения, что в различных языках в неравной степени проявляется стремление к экономии буквенных знаков. Сопоставляемыми языками служат английский и русский. На экспериментальной основе выводятся коэффициент письменной графики и коэффициент текстовой графики для английского и русского языков. Количественные подсчеты подтверждают предположение относительно большей детальности русской графики и позволяют заключить, что в английском языке проявляется значительная экономия в использовании средств начертания на уровне как терминологии, так и текста.

Ключевые слова: информация, письмо, графика, термин, русский, английский, коэффициент, текстовый

DOI: 10.36535/0548-0027-2020-06-2

В современной науке о языке существует проблема письменной фиксации информации, признаваемой одним из основных способов ее накопления, хранения и передачи, что необходимо при организации любой деятельности [1, 2].

Один из основных принципов языка – это стремление к экономии языковых средств, что прослеживается через всю историю развития письменности. Если обратиться к истории английского языка, то окажется, что экономия языковых средств привела к редуцированию окончаний слов, а взаимная подчиненность слов в предложении стала возможной лишь при соблюдении их определенной позиционности: так, подлежащее должно предшествовать сказуемому, за которым следует дополнение; определяющее (или несколько определяющих, составляющих цепочку) занимает позицию перед определяемым. Это же стремление к экономии языковых средств, во-первых, лежит в основе широко распространенных в английском языке «цепочечных» левосторонних определений, в которых определения как бы «нанизываются» на определяемый термин (например, *root mean square roughness value*), и, во-вторых, объясняет создание новых терминов-аббревиатур на основе этих «нанизанных» определений, как в случае с такими сокращениями, как *SAE*, т.е. *Standard Average European (language)*.

Следует отметить, что стремление к экономии в разных языках проявляется в большей или меньшей степени. Так, английский язык более склонен импли-

цировать, недосказывать, подразумевать то, что в русском языке имеет тенденцию быть явно выраженным. Здесь уместно вспомнить англоязычные акронимы *PR (Public Relations)*, *IT (Information Technologies)*, *VIP (Very Important Person)*, *DJ (Disc Jockey)* и многие другие. Как результат, англоязычная терминология признается более имплицитной, если ее сопоставить с русскоязычной терминологией [3, с. 35]. Последнее утверждение может быть проиллюстрировано наглядно. Наши подсчеты показали, что при общем числе терминов, равном 802 единицам [4], количество англоязычных лексических компонентов составляет 1757, тогда как русскоязычных – 1968. Отношение числа лексических компонентов к общему числу терминов дает среднее число лексических компонентов, которое для английского языка составляет 2,19, а для русского языка – 2,45. Полученные данные можно назвать длиной термина по количеству лексических компонентов. Эта длина для русского языка больше, т. е. при образовании русскоязычных терминов используется большее число лексических компонентов, что делает термины более детальными, эксплицитными. В английском языке термин менее компонентоемкий, иными словами, он короче, что свидетельствует о стремлении языка к большей экономии, которая объясняет большую имплицитность англоязычной терминологии.

В английском языке стремление к экономии в выборе средств наблюдается также при рассмотрении

способа написания, т.е. в буквенном начертании. Внимание к этой проблеме может быть объяснено тем, что буквенное письмо и язык находятся в прямом соотношении и взаимозависимости, на что в свое время указывал В. Гумбольдт, по мнению которого «нельзя действительно полноценно проникнуть в природу языка, не исследуя одновременно его соотношения с буквенным письмом» [5, с. 404], являющимся способом связи «между творением и обществом» [6, с. 312]. Поэтому актуальной в современной науке о языке остается проблема письма и алфавита. Следует отметить, что неоднократно выдвигались проекты создания новой системы письменных знаков. Один из принципов различного рода реформ алфавита – это, среди прочего, стремление к созданию знаков, «соединяющих в себе богатую комбинаторику и символичность..., изобразительную емкость, высшую экономность» [7, с. 23].

Таким образом, стремление к экономии языковых средств пронизывает всю систему языка, в том числе способ начертания его письменных знаков. Так, латинское готическое письмо и славянская вязь, несмотря на их декоративность, были введены именно с целью экономии [8, с. 91, 111]. В связи с этим особый интерес представляет сопоставительное рассмотрение графики в плане экономии средств начертания. Известно, что латинский алфавит более компактен по числу букв в сопоставлении с русским (26 и 33 буквы соответственно). Рассмотрение исходных алфавитов (латинское письмо и кириллица) также позволяет заключить, что изначально латинское письмо имело меньшее число букв (33), тогда как кириллица – большее (44). Анализ этих алфавитов в первом приближении позволяет отметить, что начертание в кириллице было сложнее, чем в латинице, т.е. буквы кириллицы имели большее число элементов начертания.

Можно предположить, что русская графика, основанная на кириллице, более детальна, иными словами, при начертании букв русского алфавита используется большее число элементов, чем при начертании букв латинского алфавита. Английское письмо более экономно также в сопоставлении с другими латиноосновными письменностями, например, французского языка, за счет отсутствия диакритических знаков. Тем больший интерес при определении экономии английского алфавита представляет привлечение русского письма, восходящего к иной основе.

Для этой цели в качестве элемента начертания букв был принят знак |, использование которого позволило привести написание букв двух алфавитов (английского и русского) к относительной простоте. Для большей наглядности приведем пример. В нашей графике латинская буква *I* состоит из двух элементов |, т.е. один элемент | по длине равен половине буквы *I*. Русская буква *Г* состоит из трех элементов |. Букв, состоящих из одного элемента |, в принятом нами начертании не существует. Буквы в предлагаемом начертании строятся из элементов так же, как и цифры на экране калькулятора. Скажем, 1 (единица) состоит из двух элементов, 0 (ноль) – из шести, 8 – из семи и т.д.

Существенно, что использование элемента | позволяет представить практически любую букву.

Проведенные нами подсчеты показали, что 26 букв латинского алфавита состоят из 127 элементов, а 33 буквы русского алфавита – из 190. Количество элементов, требуемых в среднем для начертания букв, определялось по формуле

$$L = n/N, \quad (1)$$

где L – среднее число элементов в написании букв, n – общее количество элементов в алфавите, N – количество букв алфавита.

Мы предполагали, что различие результатов не может быть значительным, поскольку, во-первых, мы оперировали небольшими величинами, и, во-вторых, рассматриваемые языки в своем письме не настолько различны, как, скажем, английский и японский. В русском и латинском алфавитах имеются буквы, сходные по начертанию, например, А, В, С, М и др.

В соответствии с формулой (1) среднее число элементов для латинского алфавита – 4,88, полученное в результате деления общего числа элементов латинского алфавита на число букв этого алфавита ($127 : 26 = 4,88$). Для русского – 5,76 (общее число элементов русского алфавита, поделенное на число букв русского алфавита $190 : 33 = 5,76$). Разница составила 0,88, а это более 0,5 элемента, что в нашем случае существенно, принимая во внимание незначительность величин, используемых в формуле.

Для контроля результатов проведенных подсчетов мы определили среднее число элементов на 26 букв русского алфавита, чтобы количество букв было равно их количеству в латинском алфавите. Было выбрано 26 букв от А до Ш, на которые приходится 143 элемента начертания. По формуле (1) мы имеем $143 : 26 = 5,5$. Это число также больше среднего числа элементов начертания латинских букв.

Разница в экономии элементов оказывается еще более наглядно представленной при определении коэффициента графики по формуле

$$Cg = \frac{n \times 2}{N}, \quad (2)$$

где Cg – коэффициент графики, n – количество элементов начертания, N – количество букв алфавита, 2 – число, соответствующее количеству сопоставляемых языков. Для латинского алфавита этот коэффициент составляет 9,77, для русского – 11,52.

Коэффициент графики для латинского алфавита меньше на 1,75, что позволяет сделать вывод о большей экономии языковых средств в латинском письме по сравнению с русским. Это заключение хорошо согласуется с другими наблюдениями, свидетельствующими в пользу активного стремления к экономии языковых средств в рамках английского языка.

Графика не исчерпывается лишь способом написания букв. Графика – это совокупность всех начертательных средств того или иного письма [8, с. 118], т.е. в это понятие входят и такие средства, как знаки препинания и знаки-сокращения. Последние особенно характерны для английского языка, в котором прослеживается выраженное стремление к экономии.

Так, союз *and* (&), знаки для обозначения фута ('), дюйма ("), денежных единиц (доллар \$, фунт £) широко используются в английском языке, и при переводе текста на русский язык, как правило, заменяются словесными и, следовательно, менее экономными соответствиями, например:

Additionally, a savings of over \$250,000 was realized in the 12 ¼" interval of a single well. – Кроме того, была получена экономия более 250000 *долларов* при бурении участка одной скважины размером 12 ¼ *дюйма*.

Стремление к экономии в английском языке особенно четко прослеживается при обращении к переводным русскоязычным текстам. Воспользовавшись предложенным выше коэффициентом письменной графики, мы вывели также коэффициент текстовой графики для английского и русского языков. Для этой цели был взят англоязычный текст объемом 10 тыс. печатных знаков и перевод текста на русский язык объемом 10 тыс. печатных знаков. Подсчеты показали, что английский текст содержит 200 знаков препинания, к которым мы также условно отнесли апостроф. В русском тексте мы насчитали 330 знаков препинания (точка, запятая, тире, точка с запятой, двоеточие).

Коэффициент текстовой графики определялся по формуле

$$Ctg = \frac{Cg \times P}{10000}, \quad (3)$$

где *Ctg* – коэффициент текстовой графики, *Cg* – уже известный нам коэффициент алфавитной графики, *P* – количество знаков препинания, 10000 – объем текста в печатных знаках.

По формуле (3) коэффициент текстовой графики для английского языка составляет 0,19. В русском языке показатель в два раза выше и составляет 0,38. При этом следует учитывать, что во внимание не принимались широко используемые в русском печатном тексте кавычки и знаки переноса. В английском тексте вместо кавычек часто используется курсив, а перенос слова и, следовательно, знак переноса используется чрезвычайно редко. Так, в английском варианте проанализированного нами текста встретилось всего 10 случаев переноса, в русском – 82.

Полученный коэффициент текстовой графики для английского языка в два раза меньше такого коэффициента для русского языка. Для английского языка этот коэффициент может быть принят за 1, тогда как для русского языка он составит 2.

Полученные нами результаты наглядно и объективно, на основе выполненных количественных подсчетов, подтверждают высказанное ранее предположение относительно большей детальности русской графики и позволяют сделать вывод о том, что английский язык примерно в два раза экономнее русского при использовании средств начертания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гиляревский Р.С. Информационная сфера: Краткий энциклопедический словарь. – СПб: Профессия, 2016. – 304 с.
2. Урсул А.Д. Информационная природа эволюции и освоения мира: концептуальная гипотеза // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2019. – № 2. – С. 1-8; Ursul A.D. The Information nature of evolution and world exploration: conceptual hypothesis // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2019. – Vol. 53, № 1. – P. 9-15.
3. Хайруллин В.И. Перевод и локализация: о переводческой компрессии и расширении информации // Научно-техническая информация. – Сер. 2. – 2019. – № 2. – С. 34-37; Khairullin V.I. Translation and localization: on translation compression and extension of information // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2019. – Vol. 53, № 1. – P. 48-50.
4. Тетради новых терминов № 181. Англо-русские термины по трибологии. – М.: ВЦП, 1991. – 64 с.
5. Гумбольдт В. О буквенном письме и его связи со строением языка // Гумбольдт В. Язык и философия культуры. – М.: Прогресс, 1985. – С. 403-423.
6. Барт Р. Нулевая степень письма // Семиотика. – М.: Радуга, 1983. – С. 306-349.
7. Амирова Т.А. Общие проблемы сопоставительной графематики // Актуальные проблемы сравнительного языкознания: Сб. науч. тр. МГИИЯ им. М. Горького. – Вып. 328. – М., 1989. – С. 19-26.
8. Лингвистический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – 685 с.

Материал поступил в редакцию 21.12.19.

Сведения об авторах

ХАЙРУЛЛИН Владимир Ихсанович – доктор филологических наук, профессор, профессор кафедры международного права и международных отношений института права Башкирского государственного университета, г. Уфа.
e-mail: vladimir-blt@mail.ru

ЮСУПОВА Зилья Анасовна – кандидат филологических наук, доцент, доцент кафедры международного права и международных отношений института права Башкирского государственного университета.
e-mail: zilya_iousupova@mail.ru

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

ИЗДАНИЕ УДК

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДЕСЯТИЧНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ
АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ
в 2-х томах

Алфавитно-предметный указатель (АПУ) к 4-му полному изданию УДК на русском языке:

Том I содержит АПУ от буквы А до Н;

Том II содержит АПУ от буквы М до Я и указатель латинских наименований к классам УДК 56 Палеонтология, 57 Биологические науки, 58 Ботаника, 49 Зоология, 61 Медицинские науки.

АПУ содержит около 100 000 понятий, представленных в полных таблицах УДК.

При его составлении были учтены изменения, опубликованные в Выпусках № 1 – 6 «Изменения и дополнения к УДК»

Для подписки необходимо направить заявку для оформления счета по адресу:

125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНТИ РАН

Телефоны: 499 155-42-85, 499 151-78-61

E-mail: feo@viniti.ru

<http://www.udcc.ru>