

## ПОНЯТИЕ ИНФОРМАЦИИ. Часть 2. ФУНКЦИИ НАУЧНОЙ ТЕОРИИ

**Ключевые слова:** функции научной теории, коммуникативные функции, дескриптивно-прескриптивные функции, аргументативные функции, дедукция, индукция, объяснение, предсказание, понимание, проблема, эмпирическое познание, теоретическое познание, метаязык, информационный компьютер.

### Введение

Всякая научная теория [1], вне зависимости от специфики знаний и области формализации, призвана эффективно выполнять множество функций обработки информации.

Функции научной теории традиционно изучают в лингвистических и логико-методологических исследованиях мышления и языка, но, несмотря на давние традиции и разработанность предмета, в науке нет единого понимания множества функций теории.

Согласно [2, 3] для процессов общения и познания, кроме низших (экспрессивной и сигнальной) функций, необходимо и достаточно коммуникативных и высших функций мышления и языка: дескриптивно-прескриптивных функций и функций аргументации. Эти функции используются при выражении (в форме повествовательных, вопросительных и побудительных предложений) и интерпретации содержания всех употреблений языка, обобщающих языковые акты Дж.Л. Остина и Дж.Р. Серля [4–7] и языковые игры Л. Витгенштейна [3]:

- сообщение о состоянии дел (описание),
- попытка заставить сделать (норма),
- выражение чувств (экспрессив),
- изменение мира словом (декларация),
- принятие обязательства что-то сделать (обещание),
- выражение положительного или негативного отношения (оценка).

Поскольку в языке всегда отображается мышление, но есть и невербальное мышление, поэтому мышлению присущи все функции, выявленные для языка.

Цель статьи — выявить наиболее существенные для построения эффективных систем обработки знаний (СОЗ) конструктивных признаков функций обработки информации, представленной в форме научной теории.

### 1. Коммуникативные функции

В процессе познавательной и практической деятельности субъекта и общества под влиянием языковой информации, информации о действительности и/или внутренних побуждений непрерывно возникают разного рода желания, часть которых приобретает характер целевых. С логической точки зрения, всякая цель имеет смысл теоремы, выраженной в естественноязыковой форме и/или информацией о преобразовании действительности.

На рис. 1 изображены все разновидности простого коммуникативного взаимодействия с языковым окружением и действительностью, необходимые и достаточные для организации произвольно сложного диалога субъекта с внешним миром [8].



Рис. 1

## 2. Дескриптивно-прескриптивные функции

Дескриптивно-прескриптивные функции — два полюса, к которым тяготеют все другие употребления языка. Цель описания — сделать так, чтобы слова соответствовали Миру; цель оценки — сделать так, чтобы Мир соответствовал словам. Очевидно, что они несводимы одна к другой [3]. Первая является основой познания, вторая — решения проблем преобразования действительности. Главная характеристика дескриптивной функции языка — истина, прескриптивной — ценность. Ценность, как и истина, не существует вне связи мысли с действительностью [2, 3].

Ценности — неотъемлемый элемент всякой деятельности. Научное познание как особый вид деятельности также насквозь пронизано ценностями и без них немислимо. Знать — это иметь представления не только о том, что есть, но и о том, что должно быть. Истинностный и ценностный подходы взаимно дополняют один другого, большинство языковых выражений носит двойственный — описательно-оценочный характер. Всем компонентам теории, включая следствия, присуща двойственность: как описания они должны отвечать эмпирическим данным и эмпирическим обобщениям, а в качестве оценок утверждения теории предлагают действительности определенные факты: исходной является оценка существующего положения вещей, и речь идет о том, чтобы преобразовать его согласно этой оценке или представить в абстракции такое преобразование [3].

Описательный характер имеют все факты действительности, оценочный — стандарты, образцы, идеалы, нормы. Примерами двойственных являются правила грамматики, определения толковых словарей, определения в науке: их цель — не столько определить значение (смысл) имени, сколько установить, каким оно должно быть [9]; как реальные они должны выражать смысл определяемого, согласованный с действительностью, а как номинальные — требовать наличия конкретных признаков у объектов действительности, контролируя правильность их употребления [3].

## 3. Аргументативные функции

Аргументативные функции необходимо присущи мышлению и языку для осуществления познания и практической деятельности, описания и оценки фактов, преобразования действительности, изменения убеждений в процессе критической рациональной дискуссии. Аргументация предполагает дескриптивно-

прескриптивные функции, используя описания как объект для критики и модификации, а оценки — как достоверное свидетельство в их поддержку или опровержение. Аргументация, как правило, направлена на некоторые утверждения — за или против описания [2].

*Определение 1.* Аргументация есть процесс рассуждения, в ходе которого порождаются доводы (суждения, умозаключения), обосновывающие оценку (истинности или ценности) высказывания или теории.

Оба ключевых понятия (дедукции и индукции) аргументации продолжают обсуждаться; при всем различии к ним предъявляется одно обязательное требование: воссоздавать отношение логического следования. Разное содержание придают и таким фундаментальным понятиям, как объяснение, понимание и предсказание.

#### **4. Понятие дедукции**

Понятие дедукции по-разному трактуется и формализуется в разных системах логики, исчислениях. Поскольку его смысл первичен относительно исчисления, задается теорией и практикой познания, дадим следующее определение.

*Определение 2.* Дедукция — процесс вывода по законам логики представления содержания и оценки тезиса-следствия из представления содержания и значенной оценки (истинности или ценности) посылок-оснований.

Познавательное значение дедукции состоит в доказательном утверждении оценки (истинности или ценности) содержания, выраженного в явной форме в обосновании тезиса, и неявно присущего посылкам, а достигается за счет семантических свойств формальных правил вывода исчислений: доказательство — конструкция, синтаксическая правильность которой гарантирует семантическую [9].

Благодаря свойству сохранять истину (ценность) в процессе преобразования посылок дедуктивное рассуждение выявляет закономерный переход от высказываний большей к высказываниям меньшей общности и от более содержательных высказываний к менее содержательным, позволяет развернуть «скрытую» информацию теоретических объектов специальных дисциплин, выявляет новые связи и отношения действительности, которые невозможно усмотреть непосредственно, явно не выраженные, но присущие теории [10].

#### **5. Понятие индукции**

Понятие индукции существенно сложнее. Хотя индукцию всегда связывают с решением проблемы открытия, становления теорий, в теории познания изначально сложилось двойственное ее толкование: в одном случае подразумевают движение мысли с точки зрения ее логической формы, в другом — модель «рационального познания» от единичного или частного к общему, от знания менее универсального к знанию более универсальному. Вполне очевидно, здесь разные понятия индукции [10]:

- логика индуктивного рассуждения, обосновывающего на основе теории представление содержания и оценки тезиса, исходя из представления содержания и оценки посылок — дедуктивных следствий тезиса;
- логика выявления, открытия новой теории из анализа фактов некоторой исходной эмпирической теории.

Понимание индукции как логики рассуждения нашло воплощение в генетической (рекурсивной) системе мышления и генетически-конструктивном методе познания [11].

Современные исследования логики открытия обобщают под названием дедуктивный метод в составе трех необходимых процессов: порождения объяснительных гипотез, дедукции их следствий и проверки дедуцированных следствий посредством опыта.

Из трех необходимых процессов дедуктивного метода наименее формально порождение объяснительных гипотез, два следующих вполне формальны и служат исследованию именно гипотез. Исходя из изложенного и других известных доводов, примем следующее.

*Определение 3.* Индукция есть итерационный процесс нахождения, открытия содержания всякого общего положения, дедуктивные следствия которого не противоречат фактам и удовлетворяют целям построения теории.

Познавательное значение индукции — в открытии оснований для дедукции следствий в процессах познания и преобразования действительности. Если в дедуктивных выводах информация, которую содержит вывод, представляет часть совокупной информации посылок, то в индуктивных происходит увеличение информации [10]. Индукция выявляет содержательную связь высказываний меньшей с высказываниями большей общности, чье содержание объясняет, включает содержание посылок.

Индукция с помощью дедуктивного метода — одна из наиболее существенных способностей естественного мышления, проявляется в языковых формах умозаключения: большинство умозаключений, выявленных в художественных текстах, имеют форму энтимем модусов Barbara, Celarent и Camestres с опущенной большей посылкой [12].

## 6. Объяснение, предсказание и понимание

Объяснение, предсказание и понимание — дополняющие друг друга функции мышления и языка человека, необходимы всякой научной теории для осуществления познания и в практической деятельности для преобразования действительности [2, 3, 10, 13–16].

Все три термина обобщаются трехместным предикатом, заданном на переменных, одна из которых — теория, вторая — высказывание, третья — процесс дедукции высказывания. Их отличие — в целевой установке: для объяснения — осознание, представление в явной форме описания реального или идеального мира, становление знаний; для предсказания — вывод высказывания, которое описывает ожидаемое явление; а для понимания — оценка явления, факта, исходя из имеющихся знаний, отождествление факта с одним из образцов, выведенных в теории. Все три, действуя на интуитивном уровне, неосознанно, присущи всякой деятельности человека.

Достаточно полное, адекватное и вполне современное разъяснение термина «объяснение» принадлежит Дж.Ст. Миллю: под «объяснением» понимают либо указание на какое-нибудь более общее явление, частный случай которого представляет данное явление, либо указание на те или иные законы причинной связи, которые обуславливают данное явление своим совокупным действием и из которых его условия могут быть дедуктивно выведены [14].

*Определение 4.* Объяснение есть процесс установления структуры дедуктивной связи объясняемого высказывания с более общими известными и/или выявленными, открытие новых общих высказываний и структуры дедуктивной связи с ними объясняемого высказывания.

Объяснение, таким образом, сводится к подготовке дедукции следствий, используя ее как средство получения самого объяснения.

В [3] дано допустимое (и согласованное с известным [2]) определение термина «предсказание».

*Определение 5.* Предсказание — это вывод описания нового явления из установленного общего положения и соответствующих начальных условий.

Взаимосвязь и различие предсказания и объяснения следуют из их роли в эволюции теорий. Если цель объяснения творческая — становление теории («тео-

ретика интересуется объяснение как таковое, т.е. проверяемые объяснительные теории» [2]), то цель предсказания критическая — проверка теории («заинтересованность теоретика в предсказаниях объясняется ... заинтересованностью в проверке своих теорий — в попытках установить, не покажут ли они свою ошибочность») [2].

Приведенные толкования терминов «объяснение» и «предсказание» вынуждают отождествить «понимание» и «дедукцию».

*Определение 6.* Понимание всякого высказывания есть дедукция высказывания из некоторой теории.

Всякое понимание осуществимо лишь после усвоения, осознания результата объяснения — некоторой теории, структуры дедуктивных связей ее терминов.

Данные определения непротиворечиво дополняют друг друга, отвечают интуиции и доминирующим толкованиям в науке, выявляют место, значимость и роль объяснения, предсказания и понимания в деятельности познания.

Объяснительная и предсказательная «сила» теории растут с ростом содержания: чем содержательнее теория, тем больше разнородных фактов, единообразий природы объясняется и понимается теорией, тем выше информативность, невероятность выведенных предсказаний и тем лучше проверяемость теории [2].

В жизнедеятельности эти три функции мышления и языка «работают» совместно, но их направленность и результат различны: для объяснения — это создание, рост теории при теоретическом исследовании, для предсказания — множество выведенных следствий, испытываемых в эмпирическом исследовании, а для понимания — процесс дедукции следствий теории.

## 7. Становление и эволюция научной теории

Все организмы постоянно, днем и ночью, решают проблемы, именно проблема заставляет нас учиться, развивать наше знание, экспериментировать и наблюдать, наука всегда начинается с проблем и всегда заканчивается проблемами — проблемами возрастающей глубины — и характеризуется способностью к выдвижению новых проблем [2].

**7.1. Познавательная деятельность.** Познавательная деятельность — система процедур, приемов и операций, направленных на конструктивное решение проблем эволюции общества, вызванных противоречиями, неразрешимыми эмпирически: внутренне теоретическими, между теориями, знанием и незнанием, эмпирическими фактами и следствиями теорий. Создание теории — наиболее эффективный интеллектуальный инструмент преодоления постоянно возникающих в практике противоречий. Преодолевая их, теория развивается и становится способной к преодолению более глубоких противоречий.

Необходимые условия познавательной деятельности:

- наличие проблемной ситуации, которая требует преодоления;
- осознанное соблюдение общей цели — достижение истины;
- наличие значительного объема исходного знания, отправной эмпирической теории, в которой выражена связь исходных абстракций и на чьей основе осуществляется дальнейшее исследование [17];

- для успеха решения всякой проблемы самое важное значение имеет объем знаний, разрыв между проблематичным и исходным знанием не должен превышать некоторый познавательный порог, о чем свидетельствует наличие выявленных, но нерешенных проблем.

**7.2. Фундаментальная структура познания.** Всякий прогресс общепринято представлять как недетерминированный процесс итерационного повторения «фундаментальной эволюционной последовательности событий» по решению проблем [2], их структура (рис. 2) содержит:

- 1 — осознание сути проблемной ситуации и ясное, четкое формулирование в явной форме адекватной проблемы;
- 2 — порождение гипотез, по возможности, истинных объяснительных теорий;
- 3 — устранение ошибок пробных решений в процессе критического обсуждения или экспериментальных проверок;
- 4 — возникновение новой проблемы: «новые проблемы возникают из области новых отношений, появлению которых мы не в состоянии воспрепятствовать».

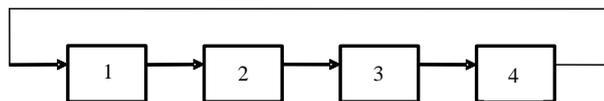


Рис. 2

Тем самым эволюция сводится к непрерывной смене текущих проблем проблемами нарастающей сложности и познавательной творческой деятельности по постановке проблем, пробному решению, верификации, фальсификации, модификации теории, использованию результатов [8]. Именно эта структура познания, в сочетании с использованием устоявшегося знания, выраженного в явной форме, позволяет нам «вытянуть себя из болота незнания» [2].

**7.3. Понятие проблемы.** Понятие проблемы — одно из центральных в научной и практической деятельности субъекта и общества:

«Проблема в самом общем смысле — это некоторое затруднение, колебание, неопределенность» [3].

Итак, всякое снятие неопределенности или, наоборот, всякий рост определенности есть решение некоторой проблемы. Если задачу решают использованием известной теории (ответ находится в отношении выводимости к знанию, которое содержится в условии задачи), то решение всякой проблемы представляет собой выход за границы познанного и требует модификации, развития известной или создания новой теории.

Мир проблем разнообразен бесконечен и сложен. Хотя каждая из проблем имеет или может иметь отношение к науке, но не все они являются исследовательскими, требующими создания или развития теории. Различают проблемы восьми типов, обусловленных значением трех наиболее существенных признаков [3]:

- сформулирована ли проблема с самого начала;
- есть ли метод ее решения;
- насколько выразительны представления о том, что именно считать решением.

Из явных проблем (чья формулировка задана) исследовательскими считают проблемы головоломки, для которых известно приемлемое решение, но неизвестен метод его получения, и классические проблемы с неизвестными и решением, и методом. Согласно Т. Куну [18] именно головоломками занята «нормальная» наука — наведением «порядка» в теории (уточнением ее компонентов).

К исследовательским принадлежат и все неявные проблемы, когда, например, решение объявленной проблемы, по сути, является решением другой, или, кроме формулировки проблемы, неизвестно решение, метод его получения или и то, и другое. В этом случае выявление проблемы само становится проблемой [3]. Но всегда постановка проблемы предшествует решению [19].

Суть исследовательских проблем — в синтезе (создании, модификации или развитии) структуры идеального объекта (именованного переменной  $x$ ), предиката  $P(x)$  или модели решения задач. Специфика их постановки и решения определяется наиболее существенными признаками компонентов теории.

На основании отличия сущности реальных и идеальных объектов в науке различают эмпирические и теоретические исследования, тесно взаимосвязанные в едином процессе познания явлений действительности.

**7.4. Эмпирическое познание.** Эмпирическое познание единственно доступно на начальных этапах исследования новой предметной области при отсутствии всех других возможностей создать конкретные теоретические схемы для ее объяснения, но продуктивно и на более поздних этапах научного познания [20].

Постановка задач эмпирического познания на начальных этапах исследования определяется идеалами науки (типа принципов причинности, материального единства мира и др.) и дисциплинарной онтологией; их цель — вывод эмпирических законов, используемых в качестве гипотез в процессе синтеза компонентов теории.

Суть эмпирического познания — выявление объекта, изменение состояний которого прослеживается в опыте, и закономерностей, управляющих изменением состояний этого объекта. Синтез эмпирической модели состоит в получении операциональных определений исходных понятий концептуальной модели [20].

В свою очередь, эмпирическое познание является предметом исследований отдельной теории, содержание, технологии которой изложены в работах В.Н. Вапника, А.Г. Ивахненко [21, 22] и продолжают активно развиваться.

**7.5. Теоретическое познание.** Теоретическое познание, в отличие от эмпирического (изучающего явления природы по их проявлению в непосредственно наблюдаемых эффектах), состоит в изучении явлений природы косвенно, через исследование сути соответствующих абстракций (понятий, структуры их взаимосвязей) и является понятийной деятельностью по выводу закономерностей области исследований. Именно поэтому теоретические законы получают статус необходимых, тогда как эмпирические законы всегда остаются лишь вероятными [20].

Специфика теоретических исследований — в разных задачах синтеза, структуры, операции решения которых зависят от вида компонентов теории, от развитости знаний и меняются с эволюцией науки.

**7.6. Формирование концептуальной модели теории.** Структура теоретического познания различна для классического и современного (с высоким уровнем математизации) периодов развития науки, но всегда в процессе развертывания содержания теории главной является проблема формирования теоретических схем, концептуальной модели теории [20].

Главная познавательная процедура классического типа состоит во введении теоретических схем как гипотез с их последующим конструктивным обоснованием. Эта процедура определяет не только процесс становления отдельных теоретических схем, но и переход от них к развитой теории. В классической физике ход исследования шел таким путем: сначала создавалась теоретическая модель, которая вводилась как гипотетическая конструкция. Затем она специально доказывалась, что в ней содержатся существенные черты обобщаемых экспериментальных ситуаций. И лишь после этого вводились математические выражения для законов теории. Последние возникали как результат выявления связей абстрактных объектов теоретической модели и их выражения в языке математики. Введенные таким образом уравнения сразу же получали адекватную интерпретацию и связь с опытом. При таком построении не было трудностей в эмпирическом обосновании уравнений [20].

Структура классического типа (восходящего познания) содержит (рис. 3): 1, 2 — формирование цели и идеи соответственно; 3 — анализ намерения войти в очередной цикл: если нет, то завершить синтез (неудача,  $F$ ), иначе — к 4; 4 — расширить эмпирическую модель; 5 — анализ намерения продолжить конструирование

ние: если да, то — к 6, иначе — завершить текущий цикл синтеза и — к 3; 6 — уточнить концептуальную модель; 7 — анализ выводимости проблематичного отношения: если да, то завершить синтез (успех,  $T$ ), иначе — к 5.

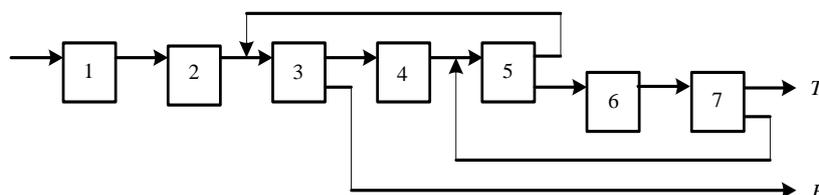


Рис. 3

Итак, всякое развитие концептуальной модели состоит в углублении смысла и числа терминов, чередующихся с расширением их объема, хотя «рано или поздно «непрерывный» рост обязательно зайдет в тупик, достигнет точки насыщения теории ... теоретическое расширение имеет пределы» [19].

**Теоретическое познание современного типа** определяется нисходящими процессами синтеза концептуальной модели сменой посылок исследования [20]:

- прежде всего стараются угадать математический аппарат, оперирующий величинами, заранее о которых или об их части не ясно, что они обозначают;
- если в классическом исследовании установления связи математических величин с реальными показателями предшествовало установлению законов, то в современном исследовании уравнения принимают до их связи с объектами опыта, и тогда возникают трудности интерпретации уравнений.

**Нисходящий синтез** концептуальной модели выполняется конструированием объяснения методом доказательств и опровержений контрпримеров, обосновывающих гипотезу [19].

Структура этого типа познания (рис. 4) содержит: 1 — анализ наличия очередной гипотезы: если нет, выход, иначе — к 2; 2 — формирование гипотезы; 3 — разложение гипотезы, открытие лемм (элементов концептуальной модели), обосновывающих гипотезу; 4 — анализ наличия очередного примера: если нет — к 1, иначе — к 5; 5 — порождение примера; 6, 7 и 9 — анализ типа контрпримера (глобальный — опровергающий гипотезу, локальный — опровергающий одну из лемм растущей эмпирической модели): 6 — контрпример не глобальный и не локальный, если да, то возврат к 4, иначе — к 7, 7 — контрпример не глобальный, но локальный, если да — то к 8, иначе — к 9, 9 — контрпример и глобальный, и локальный, если да — то к 10, иначе — к 11; 8 — замена опровергнутой леммы вновь открытой, расширяющей ее объем (рост концептуальной модели обратной передачей истины); 10 — включение опровергнутой леммы в гипотезу как условия ее истинности; 11 — включение в гипотезу новой скрытой леммы-причины ложности гипотезы (рост концептуальной модели обратной передачей ложности).

В процессе синтеза используется целевая эмпирическая теория с растущей концептуальной и уточняющейся эмпирической моделью. Леммы, включенные в гипотезу в качестве условия ее истинности, являются как бы ферментами роста теории, служат побудительным мотивом для формирования новых гипотез, развивающих концептуальную модель теории. Синтез завершается всегда по исчерпанию контрпримеров и гипотез: при успехе заменой интуитивного понятия идеального объекта и его свойств формальным — концептуальной моделью теории в паре с эмпирической и выведением гипотезы.

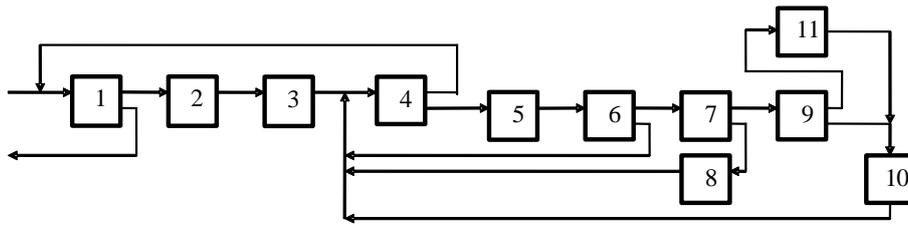


Рис. 4

Оба метода служат синтезу концептуальных моделей произвольных теорий. Их логическая основа — недетерминированные итерационные процессы открытий, чередующихся с опровержениями и обоснованиями:

- восходящий синтез направляется внутренней логикой развития предмета;
- нисходящий синтез направляется необходимостью достижения заведомо заданного результата, но в обоих случаях имеет место детерминация каждого осуществляемого этапа;
- наименее формальным (наиболее высокоуровневым) является нисходящий синтез, требующий для применения наименьшего исходного знания — лишь гипотезы (возможно, и ложной) и непрерывной цепочки открытий.

**7.7. Синтез системы аксиом.** Синтез системы аксиом может быть осуществлен либо гипотетико-дедуктивным, либо генетически-конструктивным методом.

**Гипотетико-дедуктивный синтез системы аксиом** исходит из конечного множества теорем — эмпирически установленных законов теории и, по сути, является нисходящим (индуктивным — от следствий к основаниям).

Суть познания при этом сводится к последовательному решению двух задач синтеза:

- на конечном множестве известных теорем порождение множества подмножеств выводов каждой из них из других теорем исходного множества;
- выбор и принятие в качестве аксиом теории простейшей системы теорем, удовлетворяющей условиям непротиворечивости, независимости и полноты [25].

Структура данного типа познания содержит (рис. 5): 1 — разложение всех теорем на простейшие (содержащие минимальное число логических связей); 2 — анализ возможности порождения нового варианта системы аксиом: если да — то к 3, иначе — к 8; 3 — порождение варианта системы аксиом; 4 — анализ непротиворечивости варианта: если противоречие, то возврат к 2, иначе — к 5; 5 — анализ полноты: если вариант системы аксиом не полон, то возврат к 2, иначе — к 6; 6 — анализ независимости: если нет, то возврат к 2, иначе — к 7; 7 — накопление множества допустимых вариантов систем аксиом; 8 — выбор простейшего варианта системы аксиом (удовлетворяющего условию максимума числа вершин минимальных графов вывода исходного множества теорем); 9 — анализ единственности простейшего: если да — то выход, иначе — к 10; 10 — выбор варианта по эстетическим или субъективным показателям и выход.

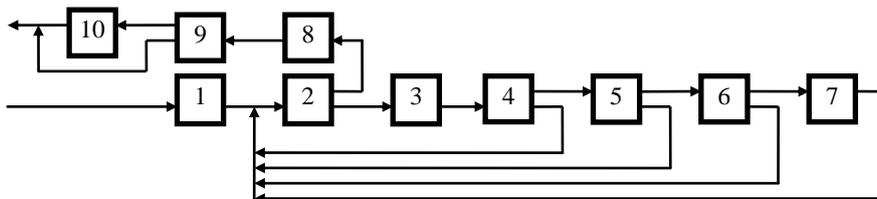


Рис. 5

**Генетически-конструктивный синтез системы аксиом** является восходящим (дедуктивным — от оснований к следствиям) и состоит в конструировании теории одного типа на основании теории другого типа: синтаксической теории в «стандартной» формализации (с логико-алгебраической системой правил вывода), исходя из семантической теории, основу которой составляют концептуальная модель и схема математической индукции. От предыдущей эта задача отличается прежде всего тем, что множества анализируемых теорем потенциально бесконечны, представимы лишь аналитически, а не перечислены, как при гипотетико-дедуктивном синтезе.

Структура этого типа познания (рис. 6) содержит: 1 — анализ намерения продолжить синтез (конструирование) системы аксиом: если да, то — к 2, иначе — выход (завершить синтез); 2 — очередную правильно построенную формулу; 3 — анализ выводимости из концептуальной модели очередной правильно построенной формулы (является ли она теоремой семантической теории): если да, то — к 4, иначе — возврат к 1; 4 — анализ выводимости (логико-алгебраически из уже сконструированной системы аксиом) теоремы семантической теории: если нет, то — к 5, иначе — возврат к 1; 5 — включить в систему аксиом формальной теории теорему семантической теории с контролем независимости от нее остальных аксиом (если некоторая аксиома выводима из новой и других аксиом — исключить ее из формальной теории) и возврат к 1.

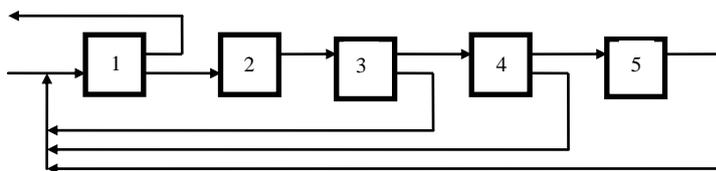


Рис. 6

Суть решения этой задачи — синтез конечного множества аксиом, необходимых для логико-алгебраического выведения бесконечного множества теорем, выводимых из концептуальной модели. Для выполнимой концептуальной модели непротиворечивость формальной теории при этом обеспечивается автоматически, а ее полнота недостижима.

## 8. Функции научной теории в информационном компьютере

Системное программное обеспечение информационного компьютера должно выполнять в полном объеме модели всех функций научных теорий, лишь частично реализованных в современных компьютерных системах (КС), СОЗ, экспертных и интеллектуальных программных системах. В частности, дескриптивная функция научных теорий в современных КС реализована в форме языков программирования (высокого и сверхвысокого уровня — ЛИСП, Пролог, объектно-ориентированных, продукционных и др.) с трансляторами в машинные исполнимые модели, прескриптивная — как интерпретация машинных моделей решения проблем.

Для осуществления в полном объеме дескриптивной функции нужны: универсальный метаязык, выразительные возможности которого необходимы и достаточны для описания произвольных концептуальных моделей, транслятор метапрограмм в машинные исполнимые модели и система поддержки проектирования трансляторов (или интерпретаторов) из разных языков прикладных теорий, вплоть до естественно языковых описаний проблем. В свою очередь, система поддержки проектирования трансляторов (или интерпретаторов) должна моделировать процесс интерактивного информационного взаимодействия, включая процедуры введения, накопления, ретрансляции, редактирования описаний.

Для осуществления в полном объеме прескриптивной функции нужна аппаратная реализация интерпретатора машинных моделей решения проблем.

Осуществление аргументативных функций в развитой форме требует реализовать:

- модель накопления знаний;
- модель ретрансляции базы знаний;
- дедуктивный вывод высказываний;
- модель структуры дедуктивного вывода результата;
- трассировщик процесса решения задач;
- подсистему обучения технологии решения задач и проблем.

Все эти системные средства должны быть объединены в интерактивную СОЗ разрабатываемого типа с построением моделей. Следующим этапом развития этой СОЗ является ее дополнение системой автоматизации проектирования структуры и реализации эмпирических моделей теорий, т.е. специализированных процессоров обработки данных.

### 9. Реализация информационного компьютера

Всякая теория, обобщая и формализуя некоторый фрагмент знаний, задает язык-объект предметной области. Для описания самой теории используется естественный или достаточно выразительный искусственный язык, выступающий относительно языка-объекта в качестве метаязыка.

Многовековая история использования силлогистики в формальных рассуждениях доказала ее адекватность категоричному мышлению человека. В многочисленных работах [23–26 и др.] рассматриваются расширения традиционной силлогистики за счет включения условных, негативных, разделительных и соединительных форм суждений, использования разной аксиоматики, правил вывода. Эти и другие известные типы суждений положены в основу метаязыка нормальных форм знаний (НФЗ) [27, 28].

Самоопределение метаязыка НФЗ выглядит так:

```
description = determination ( determination ) ;
determination = negativ nameConcept definition bodyDeterm endDeterm;
nameConcept = identifier / integer / chainSigns;
negativ = inversion / true;
identifier = letter ( letter / decimalDigit );
integer = decimalDigit ( decimalDigit );
chainSigns = ^metaSign sign ( ^metaSign sign );
bodyDeterm = structure / terminal;
terminal = space (space);
structure = singleDefinit (separator singleDefinit );
singleDefinit = negativ primary mode ( concatenate negativ primary );
primary = iterationSeq / nameConcept / line;
mode = analysis / traceAnalysis / generation;
iterationSeq = startIterationSymb bodyDeterm endIterationSymb;
line = quotationMark nameConcept quotationMark;
где definition — разделитель двух частей определения, изображается символом '=';
separator — отношение альтернативного выбора изображается символом '/';
concatenate — отношение конкатенации изображается символом space ' ';
startIterationSymb, endIterationSymb — пара скобок '(' и ')', обрамляющих итерируемый элемент;
```

```
negativ — отношение отрицания изображается символом '^';
endDeterm — конец определения изображается символом ';';
quotationMark — текстовая кавычка, изображается символом '"';
analysis — режим анализа изображается символом '?';
traceAnalysis — режим анализа со следом изображается символом '#';
generation — режим порождения изображается символом '!';
letter = 'A' / 'B' / 'C' / ... / 'Z' / 'a' / 'b' / 'c' / ... / 'z';
decimalDigit = '0' / '1' / '2' / '3' / '4' / '5' / '6' / '7' / '8' / '9';
sign = '-' / '&' / '%' / '$' / '@' / '~' / ':' / '<' / '>' / ... / ':' / '!' / ' ';
metaSign = '(' / ')' / space / '/' / '=' / '?' / '#' / '!' / ':' / '"/' / '{' / '}';
```

Базу знаний любой структурно-сложной задачи в формализованном виде можно представить следующей четверкой множеств:

$$KB = \langle ATR, ACON, C, S \rangle,$$

где KB — база знаний, ATR — множество терминальных понятий, определенных вне базы знаний; ACON — множество нетерминальных понятий; C — множество понятий наивысшего уровня сложности; S — информационные структуры понятий множества C, описывающие всякие понятия как альтернативы или последовательности некоторых понятий, каждое из которых может быть информационной структурой, итерацией, терминалом или константой.

Каждое терминальное и нетерминальное понятие имеет имя и описание его структуры. Описание нетерминального понятия — совокупность некоторого числа нетерминальных и/или терминальных понятий, заключенных в определенную информационную структуру посредством отношений последовательности, альтернативы и итерации.

Описание смысла терминального понятия — это программа на одном из языков программирования, реализующая предикат первого порядка. Терминальные программы вычисляют значение истинности утверждения о некотором объекте в пространстве данных, структура и алгоритм которых несущественны с точки зрения решаемой задачи.

Основываясь на этом метаязыке, формируется архитектура информационного компьютера (рис. 7).

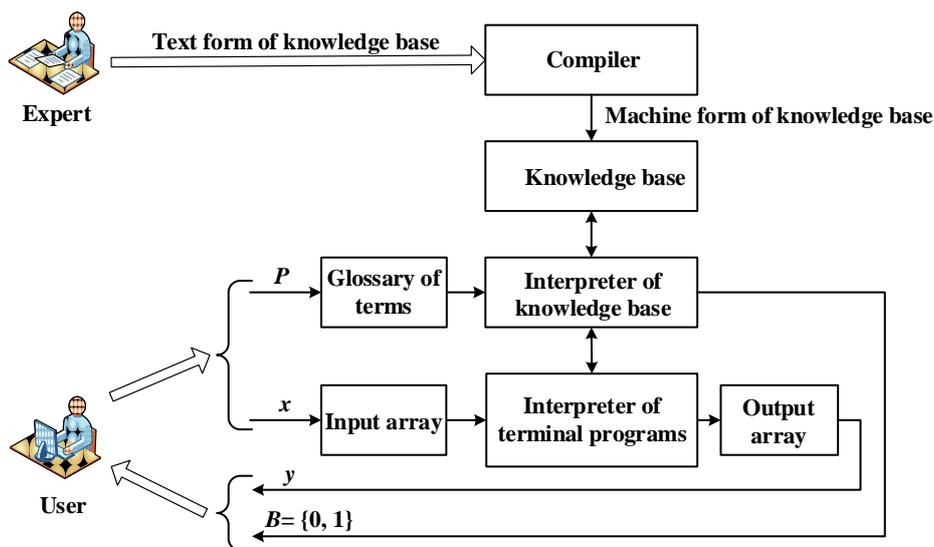


Рис. 7

Транслятор базы знаний преобразует текстовое метаязыковое НФЗ-описание базы знаний KB некоторой предметной области в ее машинную форму KB. База знаний KBC является структурой над фреймами понятий в системе отношений альтернативы, последовательности, итерации, текстовой константы и терминала.

Входной INP и выходной OUT массивы в форме ASCII кода содержат данные: субъект  $x$  категоричного высказывания  $P(x)$ , требующего доказательства, и, соответственно, субъект  $y$ , получаемый вследствие успешного доказательства высказывания  $P(y)$ .

Интерпретатор терминальных программ по вызову интерпретатора баз знаний выполняет процедуры обработки данных, представленных в различных

структурах: стек, очередь и т.п. На вход интерпретатора терминальных программ поступают данные из входного массива INP, а на выходе формируются результаты, которые передаются интерпретатору баз знаний и записываются в выходной массив OUT.

Словарь понятий содержит множество записей, каждая из которых состоит из двух полей: «Имя понятия» и «Адрес структуры определения понятия». Поле «Имя понятия» содержит символьную форму имени понятия  $P$ , а поле «Адрес структуры определения понятия» — адрес  $A$  фрейма определения соответствующего понятия  $P$ . Разыменование имени искомого понятия  $P$  в код его адреса  $A$  в базе знаний происходит согласно функции поиска:

$$\text{Search}(P) \rightarrow A.$$

Интерпретатор баз знаний выполняет вывод категоричного высказывания  $P(x)$  согласно алгоритму интерпретации Interpretation:

$$\text{Interpretation}(x, P) \rightarrow y, B,$$

где  $B = \{0, 1\}$  — логический результат истинности вывода  $P(x)$ ,  $y$  — субъект, полученный вследствие успеха.

Процесс функционирования СОЗ на базе информационного компьютера (рис. 8) состоит из трех этапов:

1) носитель знаний (эксперт в предметной области) формирует в текстовой форме базу знаний KB предметной области с последующей ее трансляцией в машинную форму KB;

2) конечный пользователь формулирует задачу в субъектно-предикатной форме  $P(x)$ ;

3) поиск решения средствами СОЗ с возможным обращением к пользователю за дополнительной информацией.

Макет информационного компьютера (рис. 8) построен как развитие функций персонального компьютера за счет включения в него интерпретатора баз знаний, выполненного на макетной плате M1agl-Dev-kit-scs корпорации Actel, с минимально необходимой аппаратно-программной поддержкой согласно рис. 9.

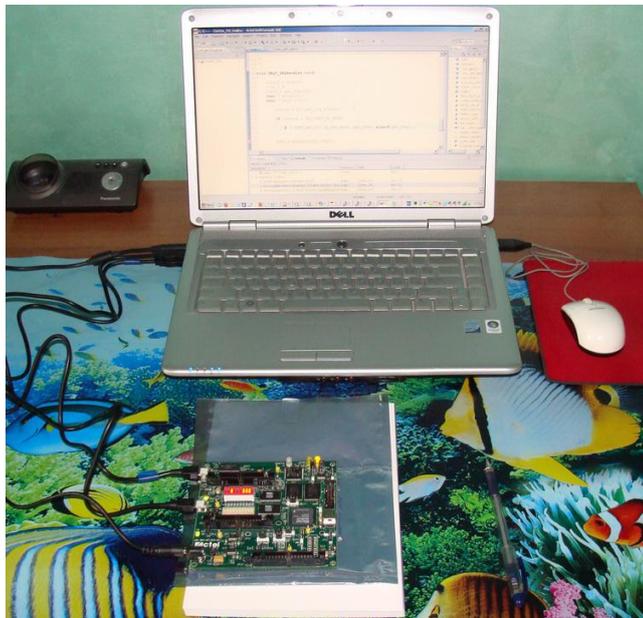


Рис. 8

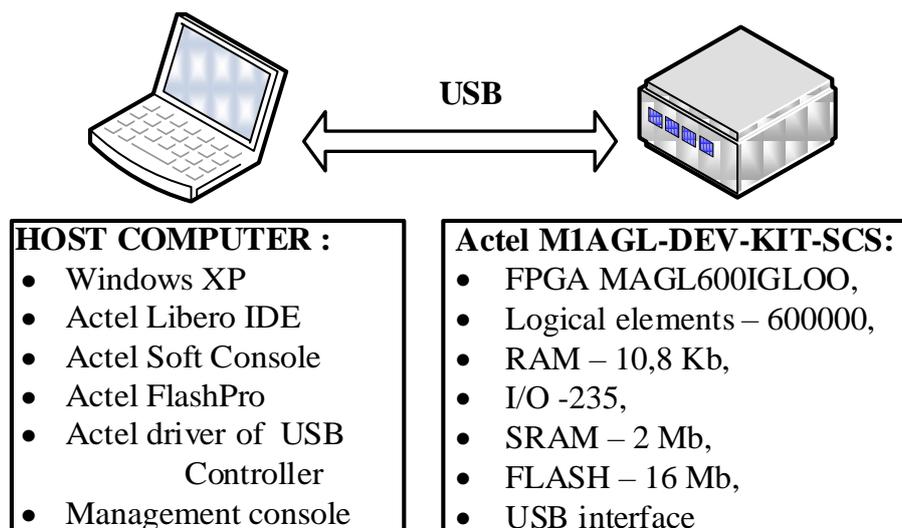


Рис. 9

Главный компьютер посредством программных средств реализует разработку, модификацию, моделирование, запись проекта на кристалл программируемой логической интегральной схемы (FPGA), а также инициализацию, передачу постановки задачи и получение результатов.

#### Заключение

Одной из центральных проблем КС и систем обработки знаний на их основе является проблема придания им (проектирование и реализации) необходимых и достаточных функций обработки информации.

Множество функций научной теории включает коммуникативные, дескриптивно-прескриптивные и аргументативные функции, под управлением которых осуществляются все процессы использования, становления и эволюции всякой научной теории.

Разъяснено содержание коммуникативных, дескриптивно-прескриптивных и аргументативных (дедукции, индукции, объяснение, предсказание, понимание) функций научных теорий, описаны модели синтеза разных компонентов структуры научных теорий.

Предоставление пользователям метаязыка для описания прикладных проблем и совершенной технологии постановки и решения задач обеспечивает предельно высокий рост надежности «мягкого» продукта и эффективности программирования.

Для достижения глобальной цели — максимальной помощи в решении каждой из бесконечного множества проблем эволюции общества — информационный компьютер должен моделировать все функции научных теорий, объединенные в концептуально единую систему обработки знаний, и за счет этого обеспечит возможность непосредственно использовать знание в явной форме для решения текущих и новых проблем.

Система, владеющая знаниями в конкретной предметной области, ее теорией, для решения всякой проблемы этой области должна быть обеспечена только постановкой проблемы и быть способной на разумный диалог с людьми и/или с техническими системами для получения дополнительной информации.

## ПОНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ. Частина 2. ФУНКЦІЇ НАУКОВОЇ ТЕОРІЇ

Усяка наукова теорія незалежно від специфіки знань і області формалізації повинна ефективно виконувати достатню кількість функцій обробки інформації. Для досягнення глобальної мети — максимальної допомоги у розв'язку кожної з нескінченної множини проблем еволюції суспільства — інформаційний комп'ютер має моделювати всі функції наукових теорій, об'єднані в концептуально єдину систему обробки знань, і за рахунок цього забезпечити можливість безпосередньо використовувати знання в явній формі для розв'язку поточних і нових проблем. Роз'яснено зміст комунікативних, дескриптивно-прескриптивних і аргументативних (дедукції, індукції, пояснення, передбачення, розуміння) функцій наукових теорій, описано моделі синтезу різних компонентів структури наукових теорій. Для організації досить складного діалогу суб'єкта із зовнішнім світом достатньо комунікативних функцій аналізу й породження мовних повідомлень і об'єктів дійсності. Дескриптивно-прескриптивні функції є основою пізнання й перетворення дійсності. Описовий характер мають усі факти дійсності, оцінювальний — стандарти, зразки, ідеали, норми. Аргументація є процес міркування, у ході якого породжуються докази (судження, умовиводи), що обґрунтовують оцінку (істинності або цінності) висловлення або теорії. Дано самоопис метамови нормальних форм знань. Наведено структуру ядра інформаційного комп'ютера, заснованого на цій метамові, у складі: компілятора метапрограм, двох інтерпретаторів (метапрограм і термінальних програм), глосарія термінів і двох масивів даних (вхідного й вихідного). Описано процес функціонування системи обробки знань на базі інформаційного комп'ютера. Наведено інформацію про реалізацію макета інформаційного комп'ютера у формі персонального комп'ютера, розширеного інтерпретатором баз знань, виконаним на макетній платі корпорації Actel, з мінімально необхідною апаратно-програмною підтримкою. Надання користувачам метамови для опису прикладних проблем і досконалої технології постановки й розв'язку задач, яка реалізує всі функції наукової теорії, забезпечить гранично високий ріст надійності «м'якого» продукту й ефективності програмування.

**Ключові слова:** функції наукової теорії, комунікативні функції, дескриптивно-прескриптивні функції, аргументативні функції, дедукція, індукція, пояснення, передбачення, розуміння, проблема, емпіричне пізнання, теоретичне пізнання, метамова, інформаційний комп'ютер.

*A.F. Kurgaev*

## THE CONCEPT OF INFORMATION. Part II. THE FUNCTIONS OF A SCIENTIFIC THEORY

Any scientific theory should effectively perform a variety of information processing functions, regardless of the specifics of knowledge and the field of formalization. To achieve the global aim — maximum assistance in solving each of the infinite number of problems of the evolution of society — the information computer should be able to simulate all the functions of scientific theories, which are combined into a conceptually single system of knowledge processing, and due to this the information computer should provide the possibility to use knowledge directly in an explicit form for solv-

ing current and new problems. The meaning of communicative, descriptive-prescriptive and argumentative (deduction, induction, explanation, prediction, understanding) functions of scientific theories is clarified. The models of synthesis of various components of the structure of scientific theories are described. The objects of real world and the communicative functions of analysis and generation of language messages are enough for the organization of arbitrarily complex dialogue between a subject and real world. The descriptive-prescriptive functions are the cornerstone for cognition and transformation of reality. All facts of reality are descriptive, whereas the standards, samples, ideals and norms are estimates. The argumentation is a process of reasoning during which the arguments, opinions and conclusions are generated, that justify the assessment of truth or falsity of a statement or a theory. The self-description of the meta-language of normal forms of knowledge is presented. The structure of the core of the information computer, which is based on this meta-language, is presented, comprised of the following: the meta-program compiler, two interpreters (the meta-program interpreter and the terminal program interpreter), a glossary of terms and two arrays of data (input array and output array). The process of functioning of a knowledge processing system based on an information computer is described. The information on the implementation of the layout of the information computer in the form of a personal computer supplemented with the knowledge base interpreter made on a prototyping board of Actel corporation using minimum required hardware and software support is given. Giving users the meta-language for describing application problems and the improved technology of formulating and solving problems, which realize all the features of a scientific theory, will provide extremely high growth of «soft» product reliability and programming efficiency.

**Keywords:** Functions of scientific theory, Communicative functions, Descriptive prescriptive functions, Argumentative functions, Deduction, Induction, Explanation, Prediction, Understanding, Problem, Empirical knowledge, Theoretical knowledge, Meta-language, Information computer.

1. Кургаев А.Ф. Понятие информации. Часть 1: Представление информации в форме научной теории. *Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики»*. 2020. № 1. С. 115–126.
2. Поппер К. Логика и рост научного знания. Избранные работы. М.: Прогресс, 1983. 496 с.
3. Ивин А.А. Основы теории аргументации. М.: ГИЦ «ВЛАДОС», 1997. 352 с. URL: <https://coollib.com/b/298965>.
4. Остин Дж.Л. Слово как действие. Новое в зарубежной лингвистике. М.: Прогресс, 1986. Вып. 17: Теория речевых актов. С. 22–129.
5. Серль Дж.Р. Что такое речевой акт? Новое в зарубежной лингвистике. М.: Прогресс, 1986. Вып. 17: Теория речевых актов. С. 151–169.
6. Серль Дж.Р. Классификация иллокутивных актов. Новое в зарубежной лингвистике. М.: Прогресс, 1986. Вып. 17: Теория речевых актов. С. 170–194.
7. Серль Дж.Р. Косвенные речевые акты. Новое в зарубежной лингвистике. М.: Прогресс, 1986. Вып. 17: Теория речевых актов. С. 195–222.
8. Кургаев А.Ф. Проблемная ориентация архитектуры компьютерных систем. Киев: Сталь, 2008. 540 с.
9. Непейвода Н.Н. Прикладная логика: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск, Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. 521 с.
10. Войшвилло Е.К., Дегтярев М.Г. Логика как часть теории познания и научной методологии (фундаментальный курс). М.: Наука, 1994. Кн. I. 312 с.; Кн. II. 332 с. URL: [http://platon.net/load/knigi\\_po\\_filosofii/logika/vojshvillo\\_degtjarev\\_logika\\_kak\\_chast\\_teorii\\_po\\_znaniya\\_nauchnoj\\_metodologii/18-1-0-734](http://platon.net/load/knigi_po_filosofii/logika/vojshvillo_degtjarev_logika_kak_chast_teorii_po_znaniya_nauchnoj_metodologii/18-1-0-734).
11. Логико-философские труды В.А. Смирнова. Под ред. В.И. Шалака. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 592 с.

12. Кривоносов А.Т. Язык, логика, мышление: умозаключение в естественном языке. Москва Нью-Йорк: Валанг, 1996. 682 с.
13. Баженов Л.Б. Строение и функции естественнонаучной теории. М.: Наука, 1978. 232 с.
14. Милль Дж.Ст. Система логики силлогистической и индуктивной: Изложение принципов доказательства в связи с методами научного исследования. М.: Изд. Г.А. Лемана, 1914. 880 с.
15. Никифоров А.Л., Тарусина Е.И. Виды научного объяснения. *Логика научного познания. Актуальные проблемы*. Отв. ред. Д.П. Горский. М.: Наука, 1987. С. 180–196.
16. Никифоров А.Л. Семантическая концепция понимания. *Тр. Междунар. симп. «Исследования по логике научного познания»*. М.: Наука, 1990. С. 4–18.
17. Ильин В.В. Теория познания. Эпистемология. М.: Изд-во МГУ, 1994. 136 с.
18. Кун Т. Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 300 с.
19. Лакатос И. Доказательства и опровержения. Как доказываются теоремы. М.: Наука, 1967. 152 с.
20. Степин В.С. Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция. М.: Прогресс-Традиция, 2003. 744 с.
21. Вапник В.Н. Восстановление зависимостей по эмпирическим данным. М.: Наука, 1979. 448 с.
22. Ивахненко А.Г. Индуктивные методы самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наук. думка, 1982. 296 с.
23. Минто В. Дедуктивная и индуктивная логика: Екатеринбург: Деловая книга; Бишкек: Одиссей, 1997. 432 с.
24. Асмус В.Ф. Логика. М.: Огиз, 1947. 388 с.
25. Кэррол Л. История с узелками. М.: Мир, 1973. 408 с.
26. Ивлев Ю.В. Логика. М.: Изд. корп. «Логос», 1997. 272 с.
27. Kurgaev A., Grygoryev S. Metalanguage of Normal Forms of Knowledge. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2016. **52**(6). P 839–848. doi: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10559-016-9885-3>.
28. Кургаев А.Ф., Григорьев С.Н. Нормальные формы знаний. *Допов. нац. акад. наук Укр.* 2015. №11. С. 36–43.

*Получено 30.05.2019*