



УДК 004.82

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕ-ФАКТОРОВ — ОСНОВА  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**Ю.Р. ВАЛЬКМАН, В.С. БЫКОВ, А.Ю. РЫХАЛЬСКИЙ**

Рассмотрены некоторые проблемы моделирования НЕ-факторов в компьютерных системах. Приведен краткий обзор соответствующих публикаций. Показана ключевая роль НЕ-факторов в процессах образного мышления и введена их трехмерная классификация. Основная цель статьи — обоснование необходимости моделирования НЕ-факторов при разработке передовых интеллектуальных технологий XXI века.

**ВВЕДЕНИЕ**

НЕ-факторы буквально «пронизывают» всю нашу жизнь и деятельность. И, конечно, они существовали всегда. Но обратили на них внимание тогда, когда начали исследовать применение формальных аппаратов в сложных предметных областях.

Явно и неявно моделированием НЕ-факторов занимались многие философы, логики, математики, психологи (например, Ф. Бекон, Д.С. Миль при разработке индуктивных методов вывода). Общеизвестно, что любой индуктивный вывод всегда носит правдоподобный или вероятностный характер. То же относится и к выводу по аналогии. Курт Гедель раз и навсегда вынес приговор всем формальным системам: созданным, создаваемым и планируемым к разработке. Они всегда будут «страдать» либо *неполнотой*, либо *противоречивостью*, либо и тем и другим. Мы здесь не будем анализировать это, быть может, главное достижение формальных наук нашего времени. Для нас важно то, что любой формальный аппарат представления знаний в вычислительной среде априори обладает НЕ-факторами.

Целенаправленные исследования в данной предметной области начались с работ А.С. Нариньяни [1, 2], в которых он не только ввел и определил понятие НЕ-факторов, но и дал содержательную, обоснованную их трактовку. В работах [1–3] им была сделана попытка сравнительного рассмотрения комплекса факторов, активно моделируемых в инженерии знаний и некоторых технических приложениях, но недостаточно изученных или вообще игнорируемых в традиционной математике. Названы они были **НЕ-факторами**, поскольку каждый из них лексически и содержательно от-

рицает одно из традиционных свойств формальных систем — *точность, полноту, определенность, корректность* и т.п. Иначе, НЕ-факторы — *это попытка* (часто на лингвистическом уровне) *зафиксировать учет наших НЕ-знаний при абстрагировании, переходе к формальным системам и интерпретации выводов, полученных на формальном уровне.*

Заметим, что понятие НЕ-факторов введено еще в 1982 г. Было дано и его достаточно строгое определение. Но почему-то научная общественность и после доклада [3] не обратила внимания на это открытие чрезвычайно важного научного направления в области искусственного интеллекта. Соответствующие работы стали появляться лишь в нынешнем веке.

В проблематике искусственного интеллекта (ИИ) моделирование НЕ-факторов имеет первостепенное значение. Это обусловлено тем, что интеллектуальные технологии направлены на решение творческих задач. А задачи такого класса всегда решаются в условиях *противоречивости, неполноты, неточности, нечеткости* исходных данных, отношений между ними, операций их обработки (алгоритмов, процессов решения).

Ранее одним из основных приложений систем ИИ считали решение так называемых *неформализованных* задач [10] со следующими особенностями:

- ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью исходных данных;
- ошибочностью, неоднозначностью, неполнотой и противоречивостью знаний о проблемной области и решаемой задаче.

В настоящее время уже пришло понимание того, что одной из основных проблем создания современных интеллектуальных систем является учет и использование НЕ-факторов в моделировании соответствующих предметных и проблемных областей знаний. Не случайно эти области знаний часто называются *слабоструктурированными, плохоструктурированными, полуструктурированными.*

Вместе с тем часто средства нечеткой математики, нейросети, генетические алгоритмы, методы математической статистики используются без должного анализа природы моделируемых НЕ-факторов. В результате получаем неадекватные модели. Кроме этого, иногда предметную область искусственно «размывают» в конъюнктурных целях. С нашей точки зрения, перед выбором метода моделирования необходимо содержательное исследование НЕ-факторов, характеризующих соответствующую проблемную область. Такое исследование должно ответить на вопросы: «Каковы НЕ-факторы моделируемых объектов, явлений, процессов?», «Что они собой представляют?», «Насколько они значимы в соответствии с целью моделирования?», «Как их представлять в моделях?», «Как интерпретировать полученные результаты?». Привлечение внимания научной общественности к этим проблемам — одна из целей данной публикации.

## **ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕ-ФАКТОРОВ**

С нашей точки зрения, исследования в данной проблемной области целесообразно разделить на *явный* и *неявный* учет НЕ-факторов. Здесь под явно-

стью мы понимаем четкую ориентацию разрабатываемых методов на моделирование определенного НЕ-фактора.

Конечно, неявно моделированием НЕ-факторов занимаются разработчики и пользователи методов статистической обработки данных, в частности, метода группового учета аргументов (МГУА) (см., например, [11]), средств Data Mining (Knowledge Discovery) [33], ДСМ-технологии [35] и т.д. Все методы поиска скрытых закономерностей, фактически, носят индуктивный характер. Поэтому «вычисленные» (выведенные на основе априори *неполных* исходных данных) закономерности являются *неточными, правдоподобными*.

1. Многорядные алгоритмы МГУА применяются для решения некорректных или недоопределенных задач моделирования, т.е. в случае, когда число точек в таблице опытных данных меньше числа аргументов, входящих в синтезируемую модель. В Украине, в частности в КПИ, эти алгоритмы широко известны и успешно применяются в самых различных приложениях. Ю.П. Зайченко разработал даже нечеткий МГУА [34].

2. В начале 80-х годов в ВИНТИ были начаты исследования (см., например, [35]) по созданию логических средств систем искусственного интеллекта. Главным результатом этих исследований стало создание ДСМ-метода автоматического порождения гипотез (ДСМ-АПГ) в базах данных с неполной информацией (метод назван так в честь одного из основателей индуктивной логики Джона Стюарта Милля).

ДСМ-метод АПГ состоит из:

- аксиоматизируемых условий применимости;
- правдоподобных рассуждений типа ДСМ, формализуемых посредством бесконечнозначных логик предикатов, истинностными значениями которых являются степени правдоподобия порожденных гипотез;
- представления знаний (в базах знаний) в виде квазиаксиоматических теорий;
- дедуктивной имитации правдоподобных рассуждений;
- алгоритмов порождения сходства фактов;
- индукции в базе фактов (БФ);
- интеллектуальных систем типа ДСМ.

В настоящее время ДСМ-технологии широко используются в социологических исследованиях (см., например, [35]), в решении медико-биологических проблем, в прогнозировании различных процессов, развития ситуаций и т. д. Конечно, с помощью его средств возможно моделирование некоторых НЕ-факторов неявно, так как они не определяются конкретно и содержательно.

3. Вообще, первые НЕ-факторы были определены и изучались в рамках проблематики нечеткой математики, основателем которой является Лотфи Заде [37]. Все они назывались *нечеткостью*. Иногда и сейчас они не разделяются на соответствующие категории. В настоящее время опубликовано множество работ по этой тематике. Ранее в ее рамках рассматривались:

- способы формализации нечеткости;
- нечеткие отношения и их применение в анализе сложных систем;

- показатели размытости нечетких множеств;
- нечеткие меры и интегралы;
- нечеткие числа, уравнения и аппроксимация лингвистических значений;
- нечеткая логика и приближенные рассуждения;
- порождение и распознавание нечетких языков;
- нечеткие алгоритмы;
- нечеткие модели оптимизации и принятия решений;
- методы построения функции принадлежности.

Теперь тематика значительно расширилась и объединена в проблему под названием «мягкие вычисления (Soft Computing)» [38], сущность которых состоит в том, что в отличие от традиционных, жестких вычислений, они нацелены на приспособление к всеобъемлющей неточности реального мира. Руководящие принципы мягких вычислений: терпимость к неточности, неопределенности и частичной истинности для достижения удобства манипулирования, робастности, низкой стоимости решения и лучшего согласия с реальностью [38]. Исходной моделью для мягких вычислений служит человеческое мышление. Мягкие вычисления не являются отдельной методологией. Это, скорее, объединение, партнерство различных направлений. С точки зрения Л. Заде [38], главные партнеры в этом объединении — нечеткая логика, нейровычисления, генетические и вероятностные вычисления с более поздним включением хаотических систем, сетей доверия и разделов теории обучения.

4. Термин Data Mining, появившийся в 1978 г., оказался удачным и приобрел высокую популярность в современной трактовке примерно с первой половины 90-х годов. Поэтому вполне понятным оказалось стремление разработчиков аналитических приложений, реализующих самые различные методы и подходы, отнести себя к данной категории. В настоящее время, иногда безосновательно, к этому классу методов относят:

- объединение (association, иногда используют термин affinity, означающий сходство, структурную близость) — выделение структур, повторяющихся во временной последовательности. Обнаруживает правила, по которым присутствие одного набора элементов коррелирует с другим;
- анализ временных рядов (sequence-based analysis, другое название — sequential association) — нахождение временных закономерностей между транзакциями. Например, можно ответить на вопрос, покупки каких товаров предшествуют покупке данного вида продукции;
- кластеризацию (clustering) — группировку записей, имеющих одинаковые характеристики, например, по близости значений полей. Используется для сегментации рынка и заказчиков. Могут использоваться статистические методы либо нейросети;
- классификацию (classification) — отнесение записи к одному из заранее определенных классов. Используется, например, при оценке рисков при выдаче кредита;
- оценивание (estimation);
- нечеткую логику (fuzzy logic);

- статистические методы, позволяющие находить кривую, наиболее близко расположенную к набору точек данных;
- генетические алгоритмы (genetic algorithms);
- фрактальные преобразования (fractal-based transforms);
- нейронные сети (neural networks) — данные пропускаются через слои узлов, «обученных» распознаванию тех или иных образов. Используются для анализа предпочтений и целевых рынков, удержания заказчиков, а также для обнаружения мошенников.

Заметим, к методам Data Mining относят многие средства, разработанные и создаваемые в рамках различных наук и технологий. Средства, модели и методы Data Mining в настоящее время четко не ограничены. Видимо, в ближайшее время тематика останется открытой. В основном, перечень методов содержит средства, ориентированные на бизнес-процессы, их анализ и проектирование. Поэтому эти методы в большей степени ориентированы на моделирование НЕ-факторов, так как они «приближены» к конкретным предметным и проблемным областям (в отличие от методов фундаментальной и прикладной математики).

Если математики занимаются моделированием НЕ-факторов в своих системах неявно, то в области интеллектуальных технологий такие исследования проводятся явно.

Вместе с тем, в рамках проблематики искусственного интеллекта также можно выделить исследования, неявно направленные на моделирование НЕ-факторов: разработка методов и средств нейросетей, генетических алгоритмов, распознавания образов, нечеткой математики, моделирования образного мышления и т.д. Но здесь мы кратко коснемся только тех работ, в которых НЕ-факторы упоминаются в названиях непосредственно. Конечно, любой (тем более, поверхностный) анализ носит субъективный характер, т.е. мы находим в чужих работах те аспекты, которые созвучны нашим интересам. Также естественно, что исследователи НЕ-факторов смотрят на данную проблематику через призму своих областей научных и прикладных исследований.

5. А.С. Нариньяни в [1–3] рассматривает четыре НЕ-фактора: *неточность, недоопределенность, неоднозначность и нечеткость*. Этот выбор определен тем, что формальное представление данных факторов связывается обычно с использованием *интервала знаний*. Такое внешнее сходство делает более наглядным обсуждение их взаимосвязи, а, главное, содержательных различий в их прагматике.

Последние работы автора НЕ-факторов [4,5] носят, с нашей точки зрения, фундаментальный характер, так как в них делается попытка определить понятийную базу изучения этих категорий, без чего двигаться дальше трудно. И здесь на первый план действительно выходят когнитивные и коммуникационные процессы. Видимо, и моделирование процессов понимания в интеллектуальных технологиях в значительной степени основано на представлении НЕ-факторов в вычислительной среде.

6. Любой НЕ-фактор всегда является оценкой (отрицательной) некоторого качества (свойства, характеристики) рассматриваемого объекта, от-

ношения или операции (процесса). Эта оценка может измеряться бинарно, вектором (множеством допустимых значений), значениями на некоторой шкале, может быть интервальной, приближительной, лингвистической и т. д. Поэтому особо значимы исследования в области разработки шкал для моделирования НЕ-факторов.

Решению этих проблем посвящена работа В.Б. Тарасова [14]. Видимо, в большей мере для моделирования НЕ-факторов подходят полярные шкалы. Автор анализирует виды таких шкал для НЕ-факторов, показывает, что естественными алгебраическими структурами для представления оценок на шкалах являются решетки, строит соответствующую алгебру и рассматривает меры противоречивости.

Заметим, при проектировании любых систем мы используем *весьма грубые модели*. Например, законы Ньютона, Фурье, уравнения Навье-Стокса и т.д. Мы привыкли пренебрегать трением, сопротивлением и другими существенными, с нашей точки зрения, влияниями внешней среды на исследуемые процессы и явления. Но ведь созданные артефакты (поезда, автомобили, самолеты, корабли и т.д.) ездят, летают, плавают, т.е. эффективно функционируют. Следовательно, при создании сложных систем далеко не всегда целесообразно моделировать НЕ-факторы с высокой точностью. И успешные решения иногда принимаем в условиях *неполноты* и *противоречивости* информации. Поэтому весьма необходимы шкалы учета значимости НЕ-факторов [14].

7. В.Н. Вагин в работах [15, 16] содержательно определил и исследовал методы моделирования в интеллектуальных системах следующих НЕ-факторов: *противоречивость, немонотонность, неточность, неопределенность, нечеткость*. Важнейшим аспектом построения интеллектуальных систем является обеспечение открытости системы знаний, представляемой в вычислительной среде. Переход от дедуктивно замкнутых систем к семиотически открытым приводит к необходимости использования нетрадиционных логик [15, 16]. В этом отношении значительный интерес представляют исследования *немонотонности, правдоподобности* выводов. Заметим, что В.Н. Вагин трактует *неполноту, нечеткость* и подобные НЕ-факторы несколько иначе, чем А.С. Нариньяни. С нашей точки зрения, это обусловлено тем, что он смотрит на данную проблему с позиций логики и в большей степени анализирует соответствующие формальные аппараты для представления НЕ-факторов.

8. В работе [17] исследуются проблемы извлечения, представления и обработки знаний с НЕ-факторами при построении интегрированных экспертных систем. В [18] приводятся примеры получения от эксперта *нечетких, неопределенных неточных и недоопределенных* знаний; исследуются лингвистические аспекты проявления НЕ-факторов. В [19] предлагается разделить НЕ-факторы на две большие группы, первая из которых содержит НЕ-факторы, проявляющиеся в рассуждениях эксперта в эксплицитном виде (*недоопределенность, неопределенность, нечеткость, неточность*), а вторая — НЕ-факторы, выделить которые в процессе интервьюирования эксперта не представляется возможным, так как для их выявления требуются специальные механизмы и подходы, например, интервьюирование нескольких экспертов, анализ специальной литературы. Ко второй группе

Г.В. Рыбина отнесла *неполноту, немонотонность, (НЕ НЕ) противоречивость, некорректность, недетерминированность, ненормированность*. В [19] также введены интересные, с нашей точки зрения, определения НЕ-факторов.

Особенностью исследуемых проблем является то, что значения НЕ-факторов передаются непосредственно через интерфейс *эксперт – когнитолог*. Тогда как чаще, с нашей точки зрения, значения НЕ-факторов порождаются человеком в процессе анализа исходной информации, данных, знаний. Заметим, в определениях, введенных Г.В. Рыбиной [19], эксперт присутствует непосредственно. Сленговое выражение «отлавливание НЕ-факторов» соответствует целенаправленности процесса их выявления и разработке специальной технологии. Разумеется, интеграция знаний нескольких экспертов способствует, с одной стороны, минимизации меры значимости НЕ-факторов, с другой — появлению новых НЕ-факторов: *противоречие, несоответствие, несогласованность* их точек зрения на моделируемые объекты, процессы, отношения.

Такие прикладные исследования, как [17–19], во-первых, должны выявлять новые НЕ-факторы, во-вторых, апробировать методы и средства, создаваемые на основе исследований, описанных в работах [1–5, 14–16].

## НЕ-ФАКТОРЫ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Известно негативное отношение математиков–ортодоксов к использованию в их формальных аппаратах каких-либо нечеткостей: *как математика может быть нечеткой или мягкой?* Отсюда и неприятие многими из них методов искусственного интеллекта.

Чаще они занимались моделированием НЕ-факторов *неявно*. Традиционно с недетерминированными системами математики работали посредством методов теории вероятностей. При этом основным понятием в описании ограничений на переменные является понятие вероятностной меры. Несмотря на то, что это наиболее развитый и важнейший математический инструмент, в настоящее время вероятностная мера рассматривается только как частный случай более общего класса мер, называемых *нечеткими* мерами.

Любая мера ставит в соответствие подмножествам заданного множества какие-либо действительные числа, *измеряющие* (характеризирующие) количество некоторого свойства, связанного с каждым подмножеством. Любой класс мер определяется некоторыми математическими свойствами, задаваемыми набором правил вычисления, которые относятся к соответствующему классу мер. Для соотношения этих математических свойств с общепринятыми понятиями различным классам мер были даны содержательные названия: *вероятность, возможность, правдоподобие, доверие*. Дж. Клир в работе [6] рассматривает некоторые свойства этих мер и приводит диаграмму, изображающую отношение включения для некоторых мер (рис. 1). Так, например, класс вероятностных мер входит в классы мер правдоподобия и мер доверия, но не пересекается с классами мер возможности или необходимости.

Разумеется, до создания некоторой общей теории мер еще далеко, хотя некоторые шаги в этом направлении делаются давно (например, [7]). Но для

нас важно, что понятия *возможности, правдоподобия, убежденности, уверенности*, идентифицированные *лексическими этикетками* «снабжаются» математическими свойствами и тем самым приближаются к формальным терминам. Правда, может возникнуть вопрос о правомерности рассмотрения этих свойств в рамках проблематики моделирования НЕ-факторов. Положительный ответ на него для нас очевиден.

Особый интерес представляет разработка строго формальной (математической) теории интервального анализа [8]. Впрочем, использование этого аппарата для моделирования НЕ-факторов детально обсуждалось в [1–3] и даже с его использованием создан ряд эффективных компьютерных комплексов (не с этого ли когда-то начались конструктивные исследования НЕ-факторов?).

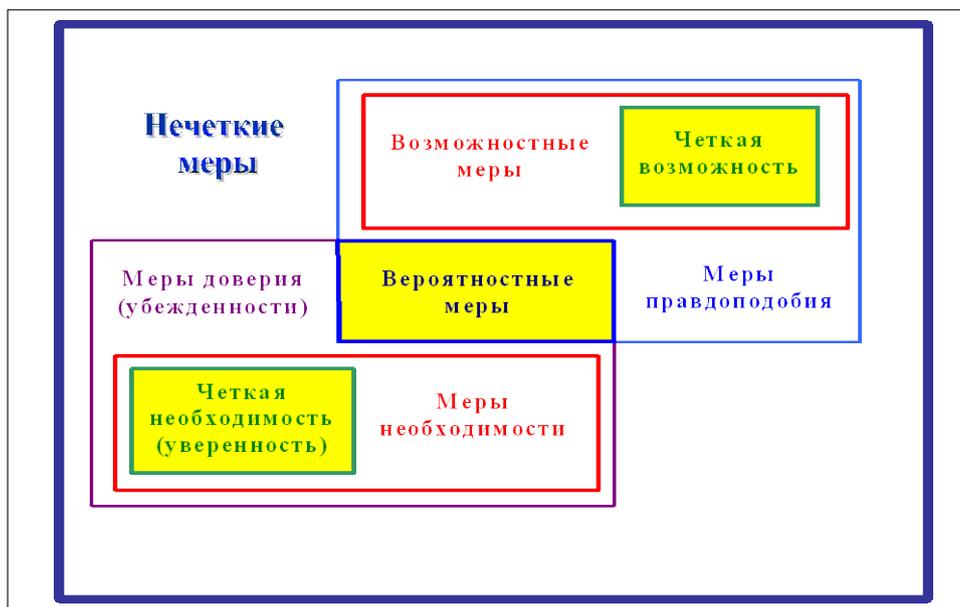


Рис. 1. Некоторые классы нечетких мер

Когда-то А. Эйнштейн высказал такую мысль: *Законы математики настолько нечетки, насколько они связаны с реальностью, и настолько четки, насколько не связаны с ней*. Обратим внимание на аналогию этого тезиса с названием статьи [3]. Общеизвестно шуточное изречение о том, что математики часто слишком быстро освобождаются от семантики (на стадиях абстрагирования) и начинают играть в «синтаксические игры». Но и к прагматике нельзя переходить быстро, так как можно потерять значимую семантику. Не этими ли факторами обусловлено уточнение названия работы [4]: «доформальное исследование»?

Сложность создания интеллектуальных компьютерных технологий заключается в необходимости отражения максимума семантических аспектов и структур с прагматикой их использования в вычислительную среду. И, конечно, мощности разработанных к настоящему времени математических аппаратов для этого не достаточно.

Интересна в этом отношении точка зрения на эти проблемы специалистов в области теории управления. В частности, С.Н. Васильев [9] утверждает

ет, что до недавнего времени постановка и решение задач управления опирались на более или менее традиционные математические модели, как правило, в форме тех или иных уравнений динамики управляемого процесса (дифференциальных, конечно-разностных и других).

Будучи всегда *неточен*, результат моделирования, как известно, может содержать даже в явной форме *следы недомоделированной динамики* (еще один НЕ-фактор?!). Например, в правой части уравнений динамики могут оставаться неизвестные члены, именуемые *постоянно действующими возмущениями*. Понятия адаптивности, робастности и другие также были призваны учитывать *немоделируемую динамику* путем получения недостающей информации на этапе обучения или в режиме реального времени.

Для моделирования этого НЕ-фактора предлагается [9] использовать логические исчисления, гарантирующие определенную свободу выхода в рамках соответствующего *исчисления возможностей* (рис. 1).

## НЕ-ФАКТОРЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

### Отношения «объект — модель»

Приведем в сокращенном варианте некоторые определения из работы [20], необходимые для понимания дальнейшего изложения.

*Параметр* — формальная модель свойства или характеристики моделируемого сложного объекта.

*Модель* — отношение между параметрами, отражающее структуру или закономерность.

*Текст модели* — формальная запись этого отношения в любой доступной нам нотации, имеющей средства анализа.

*Контекст модели* — формальные условия адекватности и корректности интерпретации модели. Чаще контекст строится на областях допустимых значений параметров (их доменов).

*Модельно-параметрическое пространство* — множество всех моделей, параметров, отношений между ними, характеризующих свойства проектируемого и/или исследуемого объекта.

На основе анализа диаграммы (рис. 2) и учета специфики операций исследовательского проектирования (ИП) [20] можно выделить, по крайней мере, четыре уровня использования НЕ-факторов:

1) отображения *свойства* → *параметры* (спецификации, экспликации, формализации, параметризации свойств — см. ниже замечание 1);

2) отображения *параметры* → *модели* (синтез «отношений свойств» — замечание 2);

3) отношения *модели* — *модель* (трансформации и интеграции моделей — замечание 3);

4) отображения *параметры* → *свойства* и *модели* → *свойства* (интерпретации, трактовки моделей — замечание 4).

Поскольку нам не всегда удается полностью моделировать НЕ-факторы посредством формальных систем, то практически всегда формальные отно-

шения сопровождаются текстовыми описаниями (на естественно-языковом уровне), в которых фиксируются соответствующие ограничения, допущения, определения, доопределения (например, [20]).

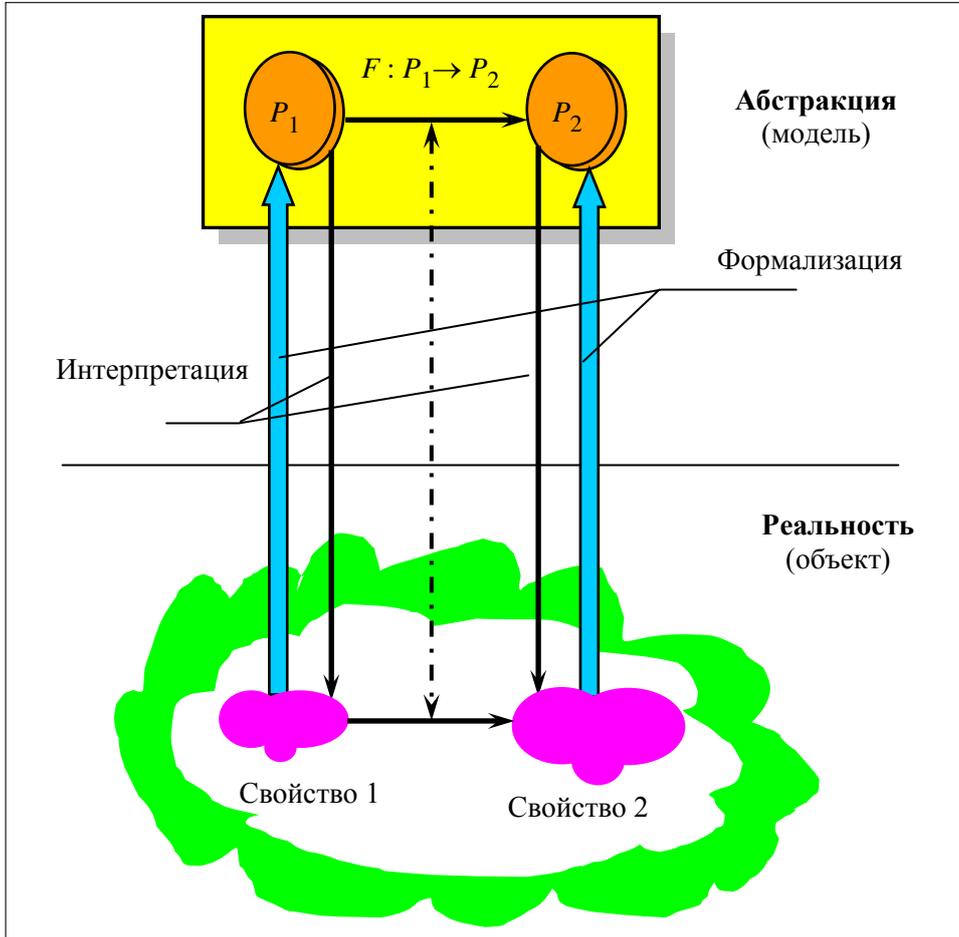


Рис. 2. Классическая диаграмма отношений моделирования

В работах [1–5], фактически, приводятся принципы построения формального аппарата учета НЕ-факторов на первом уровне и частично на четвертом. Поэтому НЕ-факторы А.С. Нариньяни в большей степени касаются использования этой категории в приложении к свойствам сложного объекта, их измерениям, данным, их параметризации и в некоторой степени их интерпретации (четвертый уровень). Точнее, трактовки знаний, «закодированных» в параметрах и моделях.

Когда мы говорим о втором уровне, то на первый план выступают проблемы анализа и определения необходимых и достаточных условий адекватности, корректности, точности, полезности синтезируемых моделей. Эти проблемы исследуются И.Г. Захаровым в работе [26].

Третий уровень в большей степени связан с контекстами моделей, т.е. с определением возможности их интеграции и корректного анализа. Заметим, что НЕ-факторы всех четырех уровней взаимосвязаны. Так, аспекты, выде-

ленные явно А.С. Нариньяни и неявно И.Г. Захаровым, находят свое отражение на всех определенных выше уровнях.

В связи с этим необходимо сделать несколько замечаний.

1. Целесообразность учета НЕ-факторов возникает на уровнях моделирования одних отношений другими. И чаще всего они являются следствием абстрагирования (отбрасывания несущественных свойств-параметров), необходимостью описания и формализации контекстов создаваемых моделей, *кодирующих соответствующие данные и знания*.

2. В приложении к различным категориям данных и знаний НЕ-факторы *трактуются по-разному*. Так, например, *нечеткость* данных — это одно, *нечеткость* вывода — другое, *нечеткость* постановки задачи — третье и т.д. Поэтому, НЕ-факторы целесообразно рассматривать как определение каких-либо процессов, объектов, явлений. А когда речь идет о моделировании, то, возможно, что НЕ-факторы характеризуют и отношения между объектом и моделью.

3. Нельзя прямолинейно относить к категории НЕ-факторов любые характеристики объектов рассматриваемой предметной области с приставкой НЕ. Например, по крайней мере, странно к НЕ-факторам относить понятия *непрерывности, независимости, недетерминированности, неравномерности, неявности* и т.д., равно как и НЕ-факторы могут определяться без приставки НЕ: *противоречивость* и т.п.

4. При моделировании НЕ-факторов формальными средствами некоторые из них могут иметь меру (например, целесообразно говорить о степени точности данных или об уровне адекватности модели исследуемым процессам), а другие — не иметь (так, модели могут быть согласованы по *входным* — *выходным* параметрам или НЕ согласованы).

5. Многие модели носят субъективный характер. У них есть автор, который преследует собственные цели при синтезе модели. Часто многие допущения, упрощения не эксплицируются и остаются на уровне неявного контекста модели. Поэтому выявление многих НЕ-факторов в исследовательском проектировании во многом относится к проблемам отчуждения или извлечения знаний.

6. В исследовательском проектировании НЕ-фактором можно сделать почти любое определение качества используемых данных, информации, знаний (*их зеркального противопоставления*). Однако далеко не каждое из них в настоящее время моделируется формальными средствами. Например, трудно формализовать понятие *несбалансированности* (или степени сбалансированности) моделей в модельно-параметрическом пространстве [20]. Поэтому многие НЕ-факторы пока, по крайней мере, останутся в моделях, синтезируемых и анализируемых в процессах ИП, на уровне текстовых комментариев. И их важно учитывать в формальных преобразованиях и интерпретациях.

Таким образом, выделим следующие категории НЕ-факторов на характерных, с нашей точки зрения, для процессов ИП уровнях:

- отображения свойство → параметр: неточность, нечеткость, недоопределенность, неоднозначность измерений свойств;

- отображения параметры → модель: немультимпликативность доменов параметров в модели, необратимость модели, неортогональность параметров в модели;
- отношений «модели — модель» (синтез-анализ методик [20]): неоднородность формальных аппаратов, неполнота модельно-параметрического пространства, несогласованность моделей, их противоречивость [20, 21];
- отношений «модель — объект» (интерпретация моделей): некорректность модели, ее неточность, неадекватность моделируемому объекту, неоднозначность трактовки результатов моделирования (рис. 2).

Заметим, что мы не говорили о *неполноте*, *недостаточности* и *неоднозначности* наших знаний, *противоречивости* оценок исходных данных различными исследователями, *размытости* задания на проектирование, словесности (вербального уровня) описания целей и т.п. категориях НЕ-факторов, которые нам представляются слишком общими и подлежащими детализации.

В настоящее время зародилось и развивается новое научное направление, названное *квалиметрией моделей*. В его рамках исследуются проблемы разработки научных основ, методологии, методов и методик количественной оценки показателей качества, характеристик и свойств как самих моделей, так и вычислительных экспериментов. При этом рассматриваются модели, определенные в самой различной нотации: дифференциальные, интегральные уравнения, регрессионные функции, сети Петри, конечные автоматы и т.д. В показателях качества моделей выделяются: *адекватность*, *степень универсальности*, *сложность*, *адаптивность*, *надежность*, *чувствительность* и т.п. Таким образом, в некоторой степени квалиметрия моделей также должна «поставлять» средства моделирования НЕ-факторов в процессы исследовательского проектирования сложных изделий новой техники.

### Отношения «модель — модель»

На уровне интеграции моделей или их совместного анализа мы выделили следующие НЕ-факторы [20]:

- неоднородность формальных аппаратов объединяемых моделей;
- несогласованность объединяемых моделей;
- противоречивость и неполнота модельно-параметрического пространства.

Неоднородность формальных аппаратов, используемых в ИП для синтеза-анализа моделей, заключается в том, что *тексты моделей (которые необходимо рассматривать совместно) пишутся на разных формальных языках*. Этот НЕ-фактор, по сути, представляет проблему, которая состоит в том, что нет специалистов, обладающих глубокими знаниями во всех предметных областях, имеющих отношение к проектируемому объекту, и в том, что невозможно использовать для описания различные аспекты сложного изделия одного формального аппарата. Для его моделирования предлагается некий метаязык, обеспечивающий единую форму определения моделей в виде их текстов и контекстов. При этом в тексте отражается синтаксис (знаковое выражение) моделируемого отношения между параметрами-

свойствами, а в контексте — семантика, необходимая и достаточная для совместного анализа моделей и/или их интеграции.

*Несогласованность объединяемых моделей* выражается в том, что область допустимых значений выходного параметра модели «нижнего уровня» не имеет общих значений с доменом соответствующего параметра модели «верхнего уровня».

Определение, свойства, структура модельно-параметрического пространства рассматриваются в работе [20]. Здесь остановимся на проблеме учета *неполноты* и *противоречивости* его фрагментов.

Под *неполнотой* понимается недостаточность моделей для исследования каких-либо подсистем или агрегатов сложного изделия. При этом предполагается, что на основе своего опыта проектировщик знает параметрический базис соответствующей компоненты сложного объекта. И тогда посредством анализа областей допустимых значений этих параметров мы можем определить подмножество моделей, где они используются в качестве контекста. Затем выявить оставшиеся непокрытыми фрагменты доменов параметров. После этого можно сформировать контексты моделей, которые необходимо синтезировать для обеспечения функциональной полноты исследуемого процесса, объекта, явления.

Под *противоречивостью* моделей в модельно-параметрическом пространстве понимается наличие в *модельном покрытии* какого-либо компонента сложного изделия моделей, которые генерируют различные значения для одного и того же параметра в идентичных условиях (полностью совместимом контексте). Выявив такие фрагменты контекстов и текстов (по сути, автоматически), мы предоставляем пользователю возможность анализа ситуации, выявления и идентификации причин и принятия решений. Заметим, что он имеет возможность зафиксировать необходимые характеристики в контексте модели.

На уровне интерпретации моделей были выделены следующие НЕ-факторы: *некорректность, неточность, неадекватность модели и неоднозначность трактовки результатов моделирования*.

В работах [20, 21] предлагается три формальных аппарата для моделирования НЕ-факторов в операциях синтеза-анализа моделей в процессах ИП: *интервальный анализ, традиционные механизмы оценки адекватности и других качеств моделей, алгебра и логика текстов и контекстов моделей*.

## НЕ-ФАКТОРЫ В ОБРАЗНОМ МЫШЛЕНИИ

### Образы и их отношения в когнитивных процессах

В работе [24] предлагается отдельно рассматривать *образы*, которые формируются у нас в памяти, и *образы*, находящиеся вне нашего сознания. Первые назовем **MIm** (memory image), остальные — **Im** (image). При этом **Im** могут быть представлены на различных языках (жестов, мимики, естественных, математических, языках химической, музыкальной нотаций и т.д.) и в различных формах (текстовой, графической, зрительной, звуковой, вкусовой, осязательной и т.д.). Тексты будем трактовать весьма широко — фрагменты

записи в любой знаковой системе. Образ **Im** почти всегда субъективен, так как у многих текстов есть авторы.

Традиционно анализ процессов образного мышления основан на противопоставлении операций мышления, происходящих в левостороннем и правостороннем полушариях головного мозга. При этом левому полушарию соответствуют формальные, логические, алгоритмические, алгебраические, синтаксические преобразования, а правому — образные, невербальные, семантические операции. Соответствующие образы назовем **MIm<sub>L</sub>** и **MIm<sub>R</sub>**. В самом общем виде схема отношения характеристик **MIm<sub>L</sub>** и **MIm<sub>R</sub>** изображена на рис. 3.

Вообще, в когнитивных процессах целесообразно рассматривать объекты четырех классов:

- 1) правополушарные **MIm<sub>R</sub>** (ментальные образы);
- 2) левополушарные **MIm<sub>L</sub>** (ближе к **Im**, ментальные образы);
- 3) образы **Im** (реальный мир);
- 4) образы мира внешней действительности (реальный мир).

На рис. 4 показаны отношения между ними. Кроме этого, условно вверх рисунка изображена система образов собеседника (например, эксперта) для демонстрации коммуникационных процессов.



Рис. 3. Отношения **MIm<sub>L</sub>** — **MIm<sub>R</sub>**

С нашей точки зрения, **Im** всегда полностью и четко определены, независимо от формы представления (графика, текст, рисунок, звук, формула, таблица и т.д.). Все *неопределенности* и *нечеткости* формируются в нашей памяти (системе **MIm**) на основе анализа соответствующих **Im**. Иногда **Im** называют данными, а **MIm** — знаниями.

На рис. 4, помимо **Im**, в качестве внешней среды для **MIm** представлен «объектный мир». Под этим объектом понимается окружающая нас (непосредственная) действительность, которая не отражена в форме какого-либо образа **Im**. Поэтому **MIm** могут являться не только результатом трактовки **Im**, но и результатом непосредственной интерпретации окружающей действительности. В семиотике **Im** и объектный мир относят к денотату, но **Im** также является знаковой моделью **MIm**. Сам образ **MIm**, видимо, соотносится с концептом, который далеко не всегда мы можем знаково выразить. Поэтому постоянно разрабатываем все новые языки представления знаний.

В верхней части рис. 4 (вертикальные стрелки) изображена схема общения, например, когнитолога и эксперта. В нижней части, слева — схема получения информации от модели знаний, информации, данных в формах книги, графика, таблицы и т.п. (**Im** → **MIm<sub>R</sub>**). Обратная стрелка отображает процесс создания различных текстов. Фактически, при этом производится последовательность отображений **MIm<sub>R</sub>** → **MIm<sub>L</sub>** → **Im**. Справа внизу рис. 4 показано получение информации о внешнем мире (посредством зрения, слуха, осязания и других органов чувств).

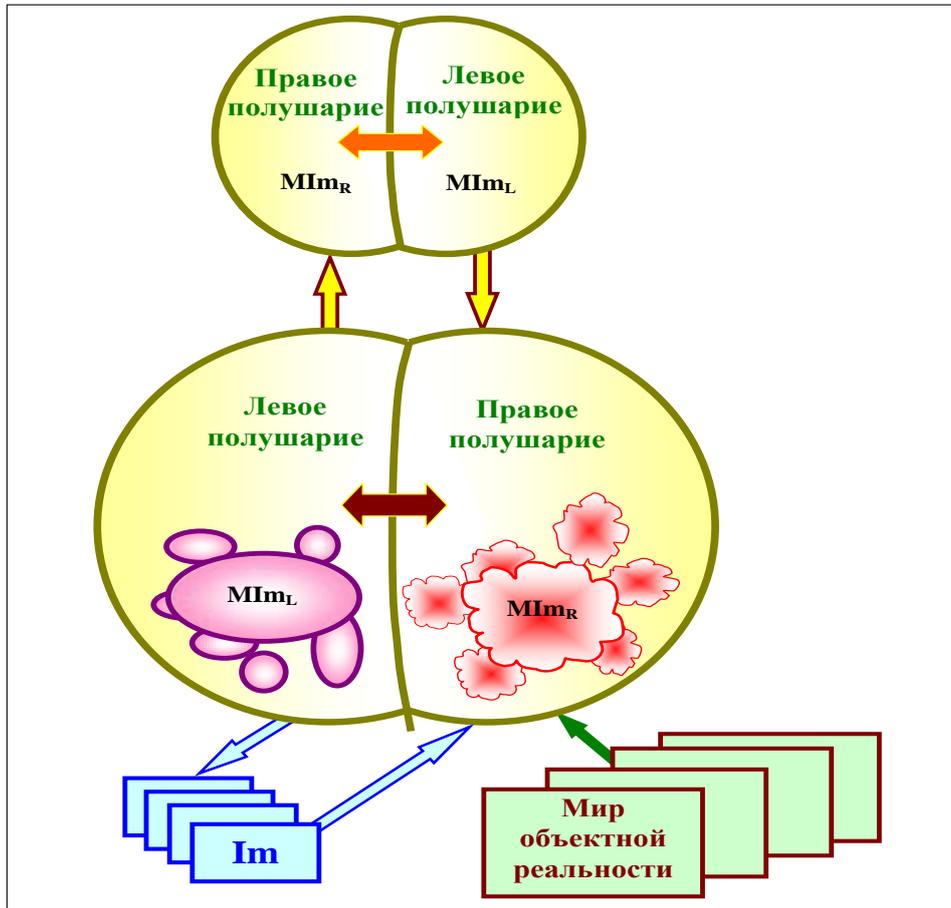


Рис. 4. Схема отношений образов в когнитивных процессах

Всем этим процессам в различной степени сопутствуют НЕ-факторы, которые мы явно или неявно учитываем в своей жизнедеятельности. Без их

отражения в вычислительной среде невозможно моделирование образного мышления. А их разнообразие в приложении к конкретным объектам, отношениям, операциям необходимо отразить в классификаторе НЕ-факторов, чтобы определить адекватные методы и средства их моделирования.

При моделировании НЕ-факторов формальными средствами некоторые из них могут иметь меру (например, целесообразно говорить о степени точности данных или об уровне адекватности модели исследуемым процессам), а другие — не иметь (образы **МIm** могут быть согласованы или не согласованы по некоторым параметрам).

В дальнейших исследованиях мы намерены ввести, содержательно интерпретировать и систематизировать в приложении к образному мышлению следующие НЕ-факторы: *неполнота, несовместимость, неправдоподобность, неточность, неоднозначность, недоопределенность, нечеткость, необоснованность, неоднородность, незамкнутость, противоречивость.*

Все эти НЕ-факторы должны характеризовать:

- отображения «объект — образ **МIm**»;
- образы **МIm**;
- отношения между образами;
- операции мышления;
- отношения между операциями.

Так, например, можно говорить о *неполноте* отображения, интерпретации образа, *несовместимости* образов, *неправдоподобности* вывода и т. д.

### НЕ-факторы и образное мышление

Вполне очевидно, что практически любой текст имеет множество смыслов. Читатели после интерпретации некоторого текста сформируют у себя различные системы **МIm**. Заметим, что один известный писатель категорически запрещал иллюстрировать свои произведения рисунками, справедливо считая, что тем самым читателям навязывается некоторая интерпретация.

1. Из герменевтики известно, что *тексты пишутся для посвященных (принцип когениальности)*. Это означает, что если мы в тексте встречаем неизвестное нам понятие, то интерпретация будет *неполная*. Но нам иногда этого достаточно. Таким образом, мы можем жить и работать в условиях *неполноты* наших образов **МIm**.

2. Образ в памяти, чтобы им можно было пользоваться, обязательно должен быть *нечетким*. Если бы **МIm** были полностью детализированы, как фотографии, они не могли бы служить для хранения *неполной* информации, которой мы в основном оперируем. Контексты всегда определяются одной или несколькими фразами. С помощью ассоциативных отношений мы сами «дополняем» и строим соответствующие образы. Следовательно, и контекст всегда *неполон, неоднозначен, неточен*.

3. С нашей точки зрения, эта *нечеткость МIm* (текстов и контекстов) является основной характеристикой, отличающей их от остальных видов образов. Любой образ **Im**, представленный (зафиксированный) на каком-либо носителе с помощью некоторого языка или системы знаков, всегда является *четким*. *Нечеткость* образов, которые возникают у нас при воспри-

ятии (и интерпретации) тех или иных данных, является результатом их трактовки.

4. Именно *нечеткость* **MIm** обеспечивает возможность хранения в памяти человека таких огромных объемов знаний.

5. *Нечеткость* и *неполнота* **MIm** обуславливают множественность их связей между собой. Поэтому можно говорить о сильной взаимосвязанности различных **MIm** множеством отношений, которая является основой ассоциативных, интуитивных выводов и образного мышления. Именно множественность, *неоднозначность* и *неопределенность* отношений **RIm** обеспечивает эвристические процедуры мышления.

6. *Нечеткость, неполнота, неоднозначность* и *неопределенность* отношений операций между собой **RIP** — база для нетривиальных решений, творчества, преодоления стереотипов.

7. Такие операции, как *концентрация* и *вытеснение*, выявления *сходства-различия* (и, видимо, все остальные операции образного мышления), в качестве операндов используют только *неполные, неточные, неоднозначные, недоопределенные, нечеткие MIm*. Такие же образы являются результатом этих операций.

8. *Нечеткость, неполнота, неоднозначность* и *неопределенность* **MIm** обеспечивают возможность работы и достижения взаимопонимания с определениями объектов на уровне «договорной семантики». Определенных таким образом объектов большинство.

Специалисты в области когнитивной психологии выделяют три основных типа (семантической) репрезентации понятий в нашей памяти:

- 1) с помощью прототипа (эталона);
- 2) характерных признаков;
- 3) множества типичных объектов.

Все три типа **MIm** *нечетки, неполны, недоопределены, неточны.*

9. Эталон строится так, чтобы ему соответствовало множество **Im**. Поэтому необходима *вариабельность* эталонного **MIm**. Можно говорить и о *неоднозначности, неточности, неполноте* эталона.

10. Синтез **MIm** на основе базовых признаков предполагает существование других характеристик объектов. Следовательно, **MIm** обладает *неполнотой* и *недоопределенностью*. Фактически этот тип образа представляет собой агрегатное отношение **RIm**.

11. Третий тип репрезентации — родо-видовое отношение. Множество типичных объектов *неполно* и *недоопределено*.

Заметим, что НЕ-факторы и образное мышление в компьютере мы в настоящее время вынуждены моделировать «левополушарными» методами. А, как известно, самое мощное средство моделирования — естественный язык. И теперь общий вывод:

*Образное мышление в значительной степени (если не полностью) опирается на НЕ-факторы как в представлении объектов и их отношениях, так и в операциях с ними.*

*Быть может — это главная характеристика образного мышления.*

***Не-факторы и работа в их условиях не слабость (или недостаток) образного мышления, а его сила!***

## О КЛАССИФИКАЦИИ НЕ-ФАКТОРОВ

Выше мы уже частично касались классификации НЕ-факторов в приложении к исследовательскому проектированию сложных объектов и образному мышлению. Рассмотрим классификацию НЕ-факторов в условной трехмерной системе координат *<НЕ-факторы, методы (средства) их моделирования, моделируемые объекты>*. Обозначим их, соответственно, **MT**, **NF**, **Ob** (рис. 5). Вероятно, желательно добавить еще четвертое измерение — предметную (проблемную) область. При этом в моделируемых объектах выделим понятия (сущности), их свойства (характеристики, признаки), отношения между объектами, операции их обработки.

Но критериев классификации НЕ-факторов намного больше, чем показано на рис. 5. Сложность структуры классификатора обусловлена еще и тем, что каждой из координат **MT**, **NF**, **Ob** соответствует свой классификатор.

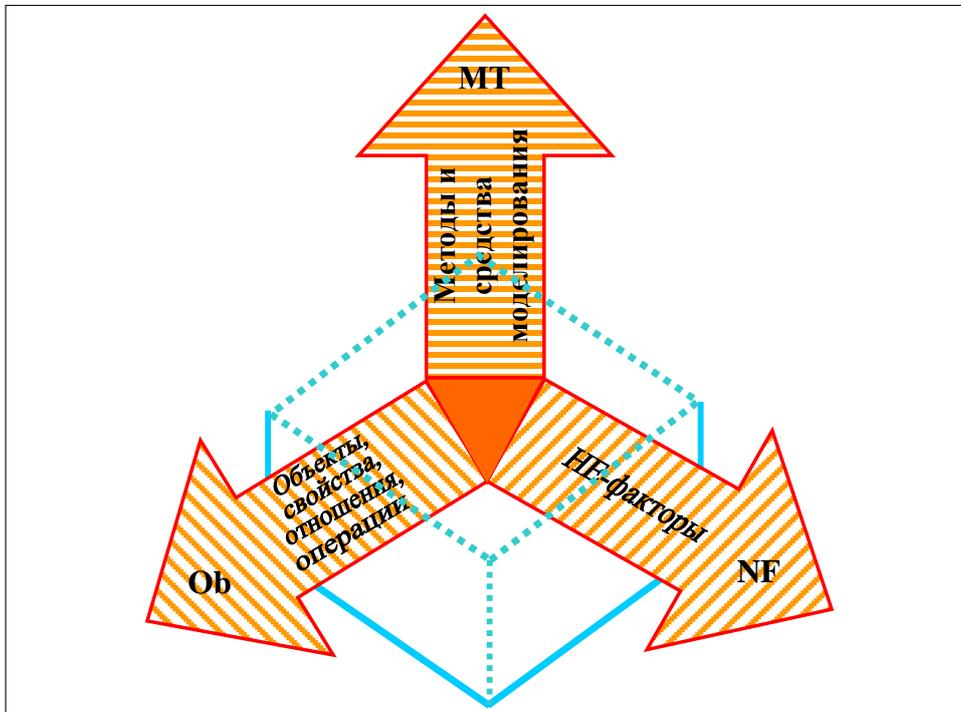


Рис. 5. Условная система координат НЕ-факторы — методы — объекты

Рассмотрим каждую условную координатную ось отдельно. Это вызывает определенные трудности, так как, например, исследовать знаковое выражение (**NF**) в отрыве от денотата (**Ob**) означает анализировать синтаксис обозначения НЕ-фактора без связи его с содержанием.

**NF**. Последние работы А.С.Нариньяни [4,5] направлены на систематизацию отношений между различными обозначениями НЕ-факторов и их содержательной компонентой. В значительной степени эти исследования, с нашей точки зрения, являются определяющими, фундаментальными в данной проблемной области, поскольку на их основе в дальнейшем можно систематизировать все лексические этикетки НЕ-факторов, определить отно-

шения (пересечения, объединения, включения, разъединения) между ними, построить агрегатные и родовидовые их структуры.

**Об.** НЕ-факторы могут использоваться в моделировании самых разнообразных объектов, их свойств, отношений, операций.

На рис. 2 и 4 приведены некоторые объекты (параметры, модели, образы), отношения между ними (включения, объединения, причинно-следственные, отражения), операции (формализации, интерпретации, трансформации, преобразования, анализа, синтеза, передачи понимания).

**МТ.** Здесь под средствами моделирования НЕ-факторов понимаются инструментальные программно-информационные комплексы, используемые при разработке интеллектуальных технологий. Разумеется, далеко не все методы моделирования НЕ-факторов реализованы в компьютерных системах.

В классификаторе **МТ** необходимо выделить два основных уровня: методы и средства. Затем рассмотреть методы «непрерывной» и дискретной математики. Потом исследовать логики (классические и нетрадиционные), методы нечеткой математики, интервального анализа и т.д.

В настоящее время моделирование НЕ-факторов в интеллектуальных технологиях основано на применении следующих методов и средств:

- нечеткой математики;
- интервального анализа;
- мягких вычислений;
- нейронных сетей;
- индуктивных методов (в том числе построения деревьев решений);
- генетических алгоритмов;
- эволюционного моделирования;
- мультиагентных систем (интеллектуальных агентов).

В частности, широко используются методы теории вероятностей, технологии МГУА, ДСМ-методология и другие средства автоматизации индуктивных рассуждений, многомерного статистического анализа данных, обеспечивающих поиск скрытых в них знаний, закономерностей.

Разумеется, не все методы и средства непосредственно ориентированы на моделирование того или иного НЕ-фактора. Необходимо еще провести классификацию этих методов и средств с ориентацией не только на НЕ-факторы, но и на моделируемые объекты, свойства, отношения, операции.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы о **NF, Об, МТ**.

1. Видимо, для различных предметных и/или проблемных областей, помимо универсальных НЕ-факторов, характерны свои, специальные НЕ-факторы.

2. Возможно, они пересекаются с универсальными или являются их частным случаем.

3. Вероятно, их необходимо исследовать по аналогии с анализом и в соответствии с технологиями, изложенными в работах [4, 5].

4. Специальные НЕ-факторы также имеют и характеризуют свои денотаты, которые тоже могут выступать в роли объектов, отношений или опе-

раций, но теперь выделяются в соответствующей прикладной области знаний.

5. Возможно, для их моделирования в вычислительной среде необходима разработка собственных формальных аппаратов.

Здесь к универсальным НЕ-факторам мы относим те, которые приложимы к любой предметной области [1–5].

Очевидно, исследование НЕ-факторов необходимо начинать с анализа и построения классификатора в *плоскости*  $\langle \mathbf{NF}, \mathbf{Ob} \rangle$ . Она является базисом для определения отношений методов (средств) с моделируемыми НЕ-факторами. Исследование в плоскостях  $\langle \mathbf{NF}, \mathbf{MT} \rangle$  и  $\langle \mathbf{Ob}, \mathbf{MT} \rangle$ , а лучше, по возможности, во всем пространстве  $\langle \mathbf{NF}, \mathbf{Ob}, \mathbf{MT} \rangle$  позволяет определить, какие НЕ-факторы каких объектов (отношений, операций), какой предметной области адекватны соответствующему формальному аппарату. И, наоборот, какие методы более приспособлены для моделирования данного НЕ-фактора. Например, где лучше использовать интервальный анализ и когда больше подходит нечеткая математика или теория вероятностей.

Таким образом, мы, фактически, строим отношения *НЕ-фактор — моделируемый объект — метод моделирования*.

Тогда *пространство классификации*  $\langle \mathbf{NF}, \mathbf{Ob}, \mathbf{MT} \rangle$  будет в некоторой степени заполнено. Мы не питаем иллюзий, что оно будет когда-либо полностью определено. Но полагаем, что система координат  $\langle \mathbf{NF}, \mathbf{Ob}, \mathbf{MT} \rangle$  — это некоторая база для построения многокритериального классификатора НЕ-факторов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время специалисты в области искусственного интеллекта все больше внимания акцентируют на проблемах моделирования в вычислительной среде НЕ-факторов. Об этом свидетельствует возникновение новых направлений в этих исследованиях: системы индуктивного вывода, нейронные сети, когнитивное моделирование, прикладная семиотика, генетические алгоритмы, мягкие вычисления, эволюционное моделирование. На эти проблемы начинают обращать внимание «традиционные математики» и «классические логики». Видимо, скоро эта проблематика (вместе с образным мышлением) займет соответствующее ей центральное место в ИИ. Тогда будет правомерен вопрос: *Может ли система называться интеллектуальной, если она не моделирует какие-либо НЕ-факторы?* В настоящее время этими проблемами заинтересовались и разработчики поисковых машин Интернета, так как они ищут знания, а не данные. **Моделировать знания без учета НЕ-факторов невозможно.**

Мы надеемся, что рассуждения, доводы и выводы, приведенные в данной статье, соответствуют ее названию. В других случаях речь идет о *жестких алгоритмах* или об интеллектуальных системах, которые А. Эндрю в [12] в шутку назвал надувательством.

В 1990 г. И. М. Яглом, анализируя развитие математики, писал, что математика будущего займется обработкой информации. В 1991 г. к такому же

выводу пришел А.В. Чечкин. Так, может, математика будущего — это *математика НЕ-факторов*?

Мы не хотим занимать боевых позиций в защиту правомерности использования понятия НЕ-факторы в различных исследованиях и проблемных областях. Представляется, что на начальных стадиях это понятие ждет неминуемое «размывание», обусловленное конъюнктурными соображениями (слишком удачный и красивый термин).

Такие процессы мы наблюдали уже многократно. На вторую конференцию по базам данных (Ташкент, 1983 г.) прибыло более тысячи человек: все файловые системы срочно стали базами данных. Затем многие информационно-поисковые системы превратились в экспертные. После выхода известной книги А.А. Зенкина многие специалисты, занимающиеся компьютерной графикой, стали говорить о когнитивности синтезируемых ими графических образов. Но со временем все стало на свои места. Да и теперь мультиагентной системой без каких-либо оснований называют некоторые программные комплексы, интеллектуальным агентом — обычную программу, виртуальной организацией — различные рабочие коллективы (иногда даже гражданские браки), онтологией — базы знаний и весьма простые компьютерные словари, говоря о том, что это — прикладные онтологии или онтологии предметных областей.

Впрочем и нас здесь могут обвинить в необоснованном использовании этого понятия. Но представляется, что только интеграция, объединение различных точек зрения на проблему может способствовать созданию поля ее видения. Именно тогда появится «таблица Менделеева» для НЕ-факторов, о которой говорит родоначальник данного направления исследований [5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нариньяни А.С. Недоопределенные модели и операции с недоопределенными значениями / ВЦ СО АН СССР. — Препр. — М., 1982. — № 400. — 64 с.
2. Нариньяни А.С. Недоопределенность в системе представления и обработки знаний // Технич. кибернетика. — 1986. — № 5. — С. 3–29.
3. Нариньяни А.С. НЕ-факторы и инженерия знаний: от наивной формализации к естественной прагматике // Сб. науч. тр. конф. «Искусственный интеллект–94» (КИИ–94). — Рыбинск, 1994. — С. 3–18.
4. Нариньяни А.С. НЕ-факторы: неоднозначность (доформальное исследование) // Новости искусственного интеллекта. — 2003. — № 5. — С. 58–69. — № 6. — С. 5–12.
5. Нариньяни А.С. НЕ-факторы 2004 // Тр. IX Национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ-2004). — Тверь, 2004. — 1. — С. 420–432.
6. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. — М.: Радио и связь, 1990. — 544 с.
7. Некоторые приложения теории меры // Сб. тр. ин-та математики и механики. Свердловск: Уральский науч. Центр АН СССР, 1974. — Вып. 13. — 140 с.
8. Шокин Ю.И. Интервальный анализ. — Новосибирск: Наука, 1981. — 256 с.
9. Интеллектуальное управление динамическими системами / С.Н. Васильев, А.К. Жерлов, Е.А. Федосов, Б.Е. Федун. — М.: Физматлит, 2000. — 352 с.

10. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. — М.: Наука, 1987. — 288 с.
11. Ивахненко А.Г., Степашико В.С. Помехоустойчивость моделирования. — Киев: Наук. думка, 1985. — 216 с.
12. Эндрю А.М. Реальная жизнь и искусственный интеллект // Новости искусственного интеллекта. — 2000. — № 1–2. — С. 93–101.
13. Тарасов В.Б. Моделирование психических образов: как совместить дискретное и непрерывное? // Новости искусственного интеллекта. — 1998. — № 3. — С. 86–100.
14. Тарасов В.Б. Анализ и моделирование НЕ-факторов на полярных шкалах // Сб. тр. Междунар. науч.-практич. семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». — 17–18 мая 2001 г. — М.: Наука, 2001. — С. 65–71.
15. Вагин В.Н. НЕ-факторы знания и нетрадиционные логики // Третья Междунар. школа-семинар по искусственному интеллекту для студентов и аспирантов (Браславская школа – 1999). — Сб.науч. тр. — Минск: БГУИР, 1999. — С. 10–14.
16. Вагин В.Н. Знание в интеллектуальных системах // Новости искусственного интеллекта. — 2002. — № 6. — С. 8–18.
17. Рыбина Г.В., Душкин Р.В. Об одном подходе к автоматизированному извлечению, представлению и обработке знаний с НЕ-факторами // Изв.РАН ТиСУ. — 1999. — № 5. — С. 84–96.
18. Рыбина Г.В., Душкин Р.В. НЕ-факторы: лингвистические аспекты извлечения знаний // Тр. Междунар. семинара Диалог'02 по компьютерной лингвистике и ее приложениям в 2-х томах. — Т. 2. — М.: Наука, 2002. — С. 484–488.
19. Рыбина Г.В. Модели, методы и программные средства для построения интегрированных экспертных систем: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. — М., 2004. — 44 с.
20. Валькман Ю.Р. Интеллектуальные технологии исследовательского проектирования: формальные системы и семиотические модели. — Киев: Post-Royal, 1998. — 250 с.
21. Валькман Ю.Р., Гаевой С.А. НЕ-факторы в исследовательском проектировании сложных объектов // Тр. Междунар. семинара Диалог'1998 по компьютерной лингвистике и ее приложениям. — Казань, 1998. — 2. — С. 649–659.
22. Валькман Ю.Р., Книга Ю.Н. Анализ понятия «графический образ» // Тр. Междунар. семинара Диалог'2002 «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии». — Протвино, 2002. — С. 41–52.
23. Валькман Ю.Р. НЕ-факторы — основа образного мышления // Тр. II-го Междунар. науч.-практ. семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». — М.: Физматлит, 2003. — С. 26–33.
24. Валькман Ю.Р. Категории «образ» и «модель» в когнитивных процессах // Тр. междунар. конф. «Интеллектуальные системы» (ICAIS'03), Геленджик–Дивноморское. — М.: Физматлит, 2003. — 2. — С. 318–323.
25. Валькман Ю.Р., Исмаилов Л.Р. О языке образного мышления // Тр. Междунар. семинара Диалог'2004 «Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии». — М.: Наука, 2004. — С. 118–130.
26. Захаров И.Г., Постонен С.И., Романьков В.И. Теория проектирования надводных кораблей. — СПб.: Военно-морская Академия, 1997. — 548 с.
27. Фоминых И.Б. Интеграция логических и образных методов отражения информации в системах искусственного интеллекта // Новости искусственного интеллекта. — 1998. — № 3 — С. 76–85.

28. *Поспелов Д.А., Литвинцева Л.В.* Как совместить левое и правое? // *Новости искусственного интеллекта*. — 1994. — № 2. — С. 66–71.
29. *Поспелов Д.А.* Метафора, образ и символ в познании мира // *Новости искусственного интеллекта*. — 1998. — № 1. — С. 94–114.
30. *Иванов В.В.* Чет и нечет. Асимметрия мозга и знаковых систем. — М.: Сов. радио, 1978. — 184 с.
31. *Кобринский Б.А.* К вопросу о формальном отражении образного мышления и интуиции специалиста в слабоструктурированной предметной области // *Новости искусственного интеллекта*. — 1998. — № 3. — С. 64–76.
32. *Грановская Р.М., Березная И.Я.* Интуиция и искусственный интеллект. — Ленинград: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. — 272 с.
33. *Дюк В., Самойленко А.* *Data Mining*. — СПб.: Питер, 2001. — 356 с.
34. *Зайченко Ю.П.* Основы проектирования интеллектуальных систем. — Київ: Вид. дім «Слово», 2004. — 352 с.
35. *Финн В.К.* Правдоподобные рассуждения в интеллектуальных системах типа ДСМ // *Итоги науки и техники. Информатика*. — 1991. — **15**, № 2 — С. 54–101.
36. *Финн В.К., Михеенкова М.А., Бурковская Ж.И.* О логических принципах анализа электорального поведения // *НТИ. Сер. 2*. — 2004. — № 8. — С. 18–22.
37. *Заде Л.А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // *Математика сегодня*. — М.: Знание, 1974. — С. 5–49.
38. *Заде Л.А.* Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/интеллектуальных систем // *Новости искусственного интеллекта*. — 2001. — № 2. — С. 4–10.

*Поступила 13.02.2006*