

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

A.V. Palagin, N.G. Petrenko,
F.N. Gorin

ONTOLOGY-ORIENTED METHODOLOGICAL SCI- ENTIFIC EXPERIMENTS

The methodological basis of system-ontological approach to the organization of a scientific experiment are investigated. Ontology-based method of promodel experiments is proposed.

Key words: methodological basis, scientific experiment, ontology method.

Досліджено методологічні основи системно-онтологічного підходу до організації наукового експерименту. Запропонована онтолого-орієнтована методика проведення типових експериментів.

Ключові слова: методологічні основи, науковий експеримент, онтологічний підхід.

Исследованы методологические основы системно-онтологического подхода к организации научного эксперимента. Предложена онтолого-ориентированная методика проведения типовых экспериментов.

Ключевые слова: методологические основы, научный эксперимент, онтологический подход.

© А.В. Палагин, Н.Г. Петренко,
Ф.Н. Горин, 2012

УДК 004.2: 004.3

А.В. ПАЛАГИН, Н.Г. ПЕТРЕНКО, Ф.Н. ГОРИН

ОНТОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Введение. Главными компонентами информатизации современного общества, включая отрасль науки, являются интеллектуально-информационная технология, информационный ресурс, т. е. вся информация (знания), которыми обладает общество на современном этапе развития, и, наконец, технические средства, представленные двумя составляющими: средствами обработки информации – интеллектуально-информационными системами и средствами передачи информации – телекоммуникациями [1]. Сам же процесс информатизации при этом можно представить формулой:

$$И = ИИТ(ИР \xrightarrow{T} ИИС \rightarrow П), \quad (1)$$

где ИИТ – интеллектуально-информационная технология; ИР – информационный ресурс; ИИС – интеллектуально-информационные системы; Т – телекоммуникации; П – приложение результатов.

Результатом этого процесса в общем случае является либо 1) увеличение ИР путем производства новых знаний, либо 2) актуализация ИР путем решения определенных задач управления всевозможными материальными процессами. Случай 1) как раз и является целью научных исследований в широком плане.

Знание-ориентированная концепция развития общества соотносится с когнитивной парадигмой информатики, в соответствии с которой любые процессы обработки и использования информации рассматриваются в терминах знаний, с которыми оперирует

ИИС, что может быть представлено формулой Брукса [2]:

$$K(S) + dI = K(S + dS), \quad (2)$$

где $K(S)$ исходная структура знаний; dI – порция информации, модифицирующая исходную структуру; $K(S + dS)$ – новая структура знаний; dS – новая порция знаний.

В соответствии с ней в процессе функционирования ИИС исходная структура $K(S)$ знаний, содержащихся в ней, модифицируется, по результатам обработки порции информации dI , образуя новую структуру $K(S + dS)$, т. е. создавая новую порцию знаний dS . Данная формула с ее составляющими и интерпретирующими процедурами отображает существо научно-исследовательской работы (НИР) и всех ее этапов, определяя главный смысл ее результатов [1].

Рассмотрим более подробно формулу (2) с точки зрения ее онтологической интерпретации.

Любая система знаний является системной и логической структурой по определению. Ее можно представить в онтологическом виде, сочетающем в себе графическую и аналитическую формы представления знаний. С другой стороны, известно, что статические знания представляются множеством понятий, множеством отношений между понятиями и множествами свойств, признаков для каждого понятия. В свою очередь, понятия делятся на понятия-объекты и понятия-процессы, отношения также делятся на отношения между понятиями-объектами и отношения между понятиями-процессами, множества функций интерпретации также различны для понятий-объектов и понятий-процессов.

Более сложным видом знаний являются динамические знания. Это такие знания, когда совокупности понятий-процессов упорядочиваются в последовательности произвольной мощности, формирующие определенные методологии, методы и методики. Последние обязательно содержат указания на совместное использование понятий-объектов и понятий-процессов. Кроме того, для них могут быть заданы множества аксиом, содержащие дополнительные интерпретации связок “объект↔процесс” и ограничения.

В общем случае новые знания могут быть получены в результате теоретических исследований с использованием системы статических знаний. Вместе с тем реальный практический интерес представляют исследования с использованием системы динамических знаний. В результате в обоих случаях получается порция новой информации dI .

Далее в процессе анализа (интерпретации) полученной информации может быть выявлена порция новых знаний dS , представляющая собой:

- 1) новые понятия-объекты и/или понятия-процессы;
- 2) новые связи (отношения) между понятиями;
- 3) новые интерпретации понятий;
- 4) новые совокупности взаимосвязей между понятиями-объектами и понятиями-процессами, что в результате приводит к новым методикам, методам и методологиям.

Пункты 1) – 3) относятся к новым статическим знаниям, а пункт 4) – к динамическим.

Основная часть. В работе [1] с учетом специфики реализации интеллектуальной информационной поддержки НИР выделено четыре основных этапа НИР. Кратко опишем их, включая и подэтапы.

1. Постановка научной проблемы. Этот этап разбивается на ряд подэтапов:

- изучение исходного состояния предметной области (ПдО) (этот подэтап целесообразно выполнить на основе системно-онтологического анализа [2]);
- выбор инновационной стратегии; планирование НИР (и совокупности научных экспериментов (НЭ));
- формулирование научно-технической проблемы, включающей, в том числе, множество гипотез проведения НЭ.

Основную работу начального этапа можно выполнить с помощью инструментального комплекса онтологического назначения (ИКОН) [3], реализующего соответствующие ИИТ.

2. Проведение собственно научно-исследовательской работы или решение научно-технической проблемы. Этот этап условно разбивается на такие подэтапы:

- уточнение модели проблемной ситуации;
- формирование, интегрирование и уточнение исходных знаний (на этом подэтапе, очевидно, также могут быть полезными результаты работы ИКОН по обработке больших объемов текстовой информации);
- проведение эксперимента;
- процесс приращения новых знаний, позволяющих получить искомые решения научной проблемы (этот подэтап непосредственно связан с вышеописанным процессом выявления новых знаний по формуле Брукса).

3. Обобщение, оформление и презентация результатов НИР. Этап непосредственно связан с эффективным обобщением и представлением результатов НИР в компьютерном виде. Одним из возможных таких представлений является формальное онтологическое представление, которое ИКОН формирует автоматически.

4. Внедрение результатов НИР. Этап представляет комплекс технико-экономических и организационных мероприятий по обеспечению внедрения результатов НИР. Основой указанных мероприятий являются маркетинговые исследования и разработанный на их базе бизнес-план.

Применение системного подхода при разработке методологической базы научных исследований, научных экспериментов в частности, уже давно стало нормой. Но если для методик общего характера он работает довольно эффективно, то для специфических НЭ требуется адаптация (уточнение) его положений и рекомендаций. А такое уточнение уже выполняется конкретным исследователем в силу его профессиональных навыков и степени освоения им предметных знаний (“...поскольку экспериментальная деятельность очень разнообразна, сочетает в себе множество методик и приемов, которые часто изобретаются ad hoc и не универсальны, постольку невозможно дать общее описание экспери-

ментирования раз и навсегда [4])”. Отсюда следуют разного рода противоречия при проведении экспериментов по методикам, составленным разными исследователями.

Вышесказанное предопределяет разработку (или применение подходящего известного) некоторого видového (по отношению к родовому системному подходу) подхода, который позволил бы, с одной стороны, достаточно “легко” разрабатывать методики для однотипных экспериментов, а с другой – был общезначимым, в том смысле, что методики, разработанные на его основе, удовлетворяли бы большинство экспериментаторов.

Одним из таких подходов является системно-онтологический подход [2]. При этом онтология объектов и онтология процессов определяются предметной областью, в рамках которой проводятся НЭ, а онтология задач определяет процедуру проведения ряда однотипных экспериментов.

Далее будут рассмотрены онтологические аспекты разработки методологической базы проведения НЭ, безотносительно к их технологической базе.

В работе [5] предлагается классификация этапов эксперимента, в основе которой лежит логическое отношение теории и эксперимента. Это отношение связывает все этапы эксперимента: выдвижение гипотезы, подготовку аппаратуры, проведение эксперимента, обработку и интерпретацию данных, а также обеспечивает их единство и место в эксперименте. При этом известна разветвленная система критериев, каждому из которых будет соответствовать свой уровень стратифицированного описания (или уровень понятий в онтографе процедуры описания проведения эксперимента).

Общая схема проведения экспериментов в заданной ПдО показана на рис. 1.

Сущность приведенной схемы заключается в следующем. Исследователь формирует цель научного эксперимента НЭ (рабочая гипотеза или предполагаемый результат). Для этого он использует существующую априорную информацию (лингвистический корпус текстов в заданной ПдО – отчеты об исследованиях, научные статьи и т. п.) Проектируется и изготавливается первоначальный вариант экспериментальной установки (ЭУ), разрабатываются тематическая и рабочая программы эксперимента, а также методика обработки экспериментальных данных. Для достаточно большого количества однотипных экспериментов может быть разработана онтология проведения экспериментов на основе уже известных методик. Традиционный способ представления экспериментальных данных – таблицы, графики, используемые исследователями для интерпретации полученных результатов. Далее проводится анализ данных и проверка критерия достижения цели НЭ. Если он достигнут, то экспериментальные исследования (ЭИ) прекращаются, если нет, то уточняется рабочая гипотеза, дорабатывается экспериментальная установка (ЭУ) и технологический цикл ЭИ повторяется.

Немаловажную роль в комплексе мероприятий по проведению НИР играет система автоматизации НЭ. Этапы (стадии) ее разработки могут быть сформулированы на основе вышеописанных общих этапов проведения НИР.

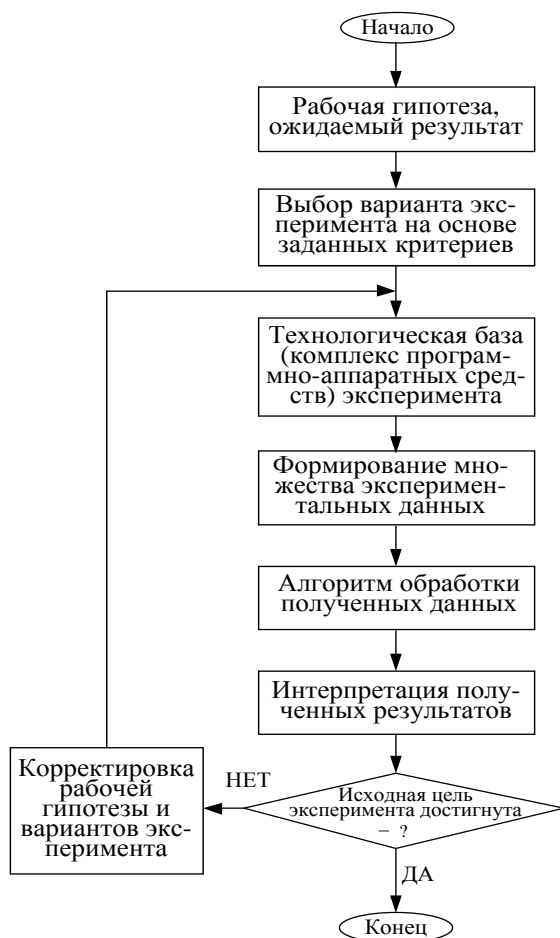


РИС. 1. Общая схема проведения экспериментов

Стадия предпроектного обследования ЭУ как объекта автоматизации. Цель данной стадии – получение объективных материалов для обоснованной разработки и поэтапного внедрения системы автоматизации НЭ. Конечный результат стадии – формулировка и систематизация технологических требований к системе, а также обоснование экономической целесообразности ее создания.

Стадия разработки ТЗ. Разработка ТЗ соответствует поставленной цели создания системы автоматизации НЭ, а также отражает следующие вопросы: установление и обоснование функций и задач, предъявляемых к основным компонентам системы; перечень работ и исполнителей; этапы создания системы автоматизации НЭ и сроки их исполнения и др.

Стадия разработки технического проекта. Цель технического проекта – определение основных технических решений по созданию системы. При разра-

ботке технического проекта необходимо провести комплекс НИР по выбору оптимального варианта будущей системы.

Стадия разработки рабочего проекта. В него входят вопросы описания структуры автоматизированной системы и организации управления ею; информационной базы системы, математического обеспечения, программного и методического обеспечения, комплекса технических средств, экономико-организационных методов управления, экономической эффективности; плана-графика организационно-технических мероприятий по внедрению системы.

Стадия внедрения системы автоматизации НЭ. Эта стадия имеет свою специфику по сравнению с другими автоматизированными системами. Здесь на ранних стадиях предпроектных исследований предполагается участие специалистов по проектированию автоматической системы научных исследований (АСНИ), что позволяет правильно прогнозировать и формулировать цель автоматизации, а также корректировать последовательность решения задач проектирования в соответствии со стадиями создания системы автоматизации НЭ.

Экспериментальные исследования – это, прежде всего, множество процессов, одним из самых важных среди них является процесс анализа хода проведения НЭ.

Анализ применяется и на стадии предпроектного обследования ЭУ как объекта автоматизации для изучения существующей и планирования новой организации ЭИ, оценки технико-экономической целесообразности создания системы автоматизации НЭ и формирования совокупности исходных требований к функциям и структуре системы. Необходимо:

- изучить технологию ЭИ и структуру экспериментальной лаборатории;
- проанализировать и классифицировать исследуемые объекты;
- прогнозировать развитие ЭИ;
- получить количественные показатели объекта автоматизации;
- проанализировать материалы по существующему методическому и программному обеспечению;
- проанализировать и обобщить данные о связях между исследуемыми объектами, процессами исследований и структурой организации исследований;
- сформулировать требования к организации и технологической базе проведения НИ.

Алгоритм такого процесса анализа показан на рис. 2.

Содержательное описание процессов на рис. 2, и процессов реализации других стадий создания системы автоматизации НЭ изложено в [6].

С позиций онтологического инжиниринга представляется интересным анализ блоков “Анализ типовых экспериментов” и “Выбор технологии исследований”, показанных на рис. 2, так как онтологически упорядоченные последовательности процедур этих блоков могут существенно упростить соответствующие этапы анализа и “предложить” исследователю соответствующие эффективные методы, методики и технологии проведения НЭ.

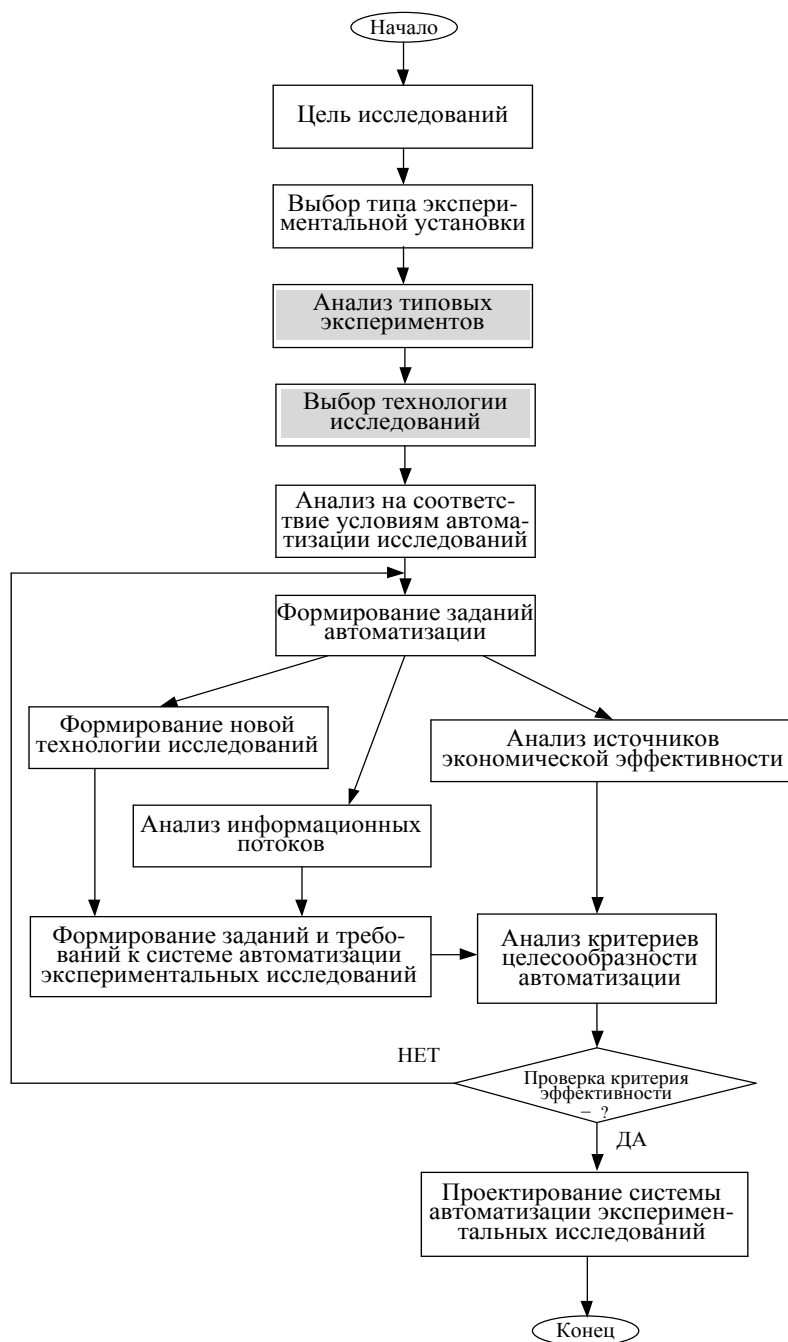


РИС. 2. Алгоритм процесса анализа НЭ

Онтологический граф анализа типовых экспериментов показан на рис. 3. Он позволяет уяснить характеристики оборудования и исследуемого процесса, а главное, – их взаимосвязи. Для этого необходимо представить их количественные и качественные показатели: временные режимы работы ЭУ; окружающую среду; каналы контроля и регулирования, уровни автоматизации. Необходимо также сформировать и обосновать цели контроля и регулирования, диапазоны измеряемых и управляющих параметров, каналы контроля и регулирования, допустимые погрешности, содержание информации, характер и формы представления информации, функции контроля, регулирования и управления.



РИС. 3. Онтограф анализа типовых экспериментов

Экспериментальные данные обрабатываются с помощью определенных методик, которые в свою очередь используют математические методы. Поэтому на следующем этапе анализа выполняется онтологическое описание теоретической базы НЭ (рис. 4).

Теоретические работы целесообразно рассматривать относительно выделенных типовых экспериментов, характерных для конкретной задачи. Здесь рассматриваются: характеристики входной и выходной информации для БД системы; задачи и методы их решения; формы представления результатов; частота запросов (обращений) к системе для обеспечения некоторого эксперимента. Характеристики входной и выходной информации должны включать не только перечень и типы данных, но и длины массивов данных, а также классификацию наборов данных. Задачи и методы должны включать основные характеристики используемых (планируемых) методов: математической теории планирования эксперимента; статистической обработки; специальных научно-технических

расчетов; математического моделирования; анализа графической информации; идентификации и т. п.

Для анализа задач автоматизации необходимо выделить качественные признаки. На первом шаге автоматизируется процесс сбора, обработки и управления НЭ; анализируется новое качество, которое приобретает эксперимент с внедрением системы. На втором шаге выясняются возможности алгоритма: а) алгоритм обеспечивает решение любой задачи и приемлем для системы; б) алгоритм обеспечивает решение ограниченного круга задач и не приемлем для системы в целом; в) алгоритм не обеспечивает решение задач. Адаптация к условиям эксперимента и взаимодействие с пользователем в диалоговом режиме составляют суть третьего шага анализа.

Рассмотренные (частично) характеристики определяют требования ко всем видам обеспечения системы автоматизации НЭ. Совокупность организационного, технического, программного и информационного обеспечения системы автоматизации НЭ и образует ее функциональную структуру.

Этапы технического и рабочего проектирования системы автоматизации НЭ, а также оценка ее экономической эффективности подробно рассмотрены в работе [6].

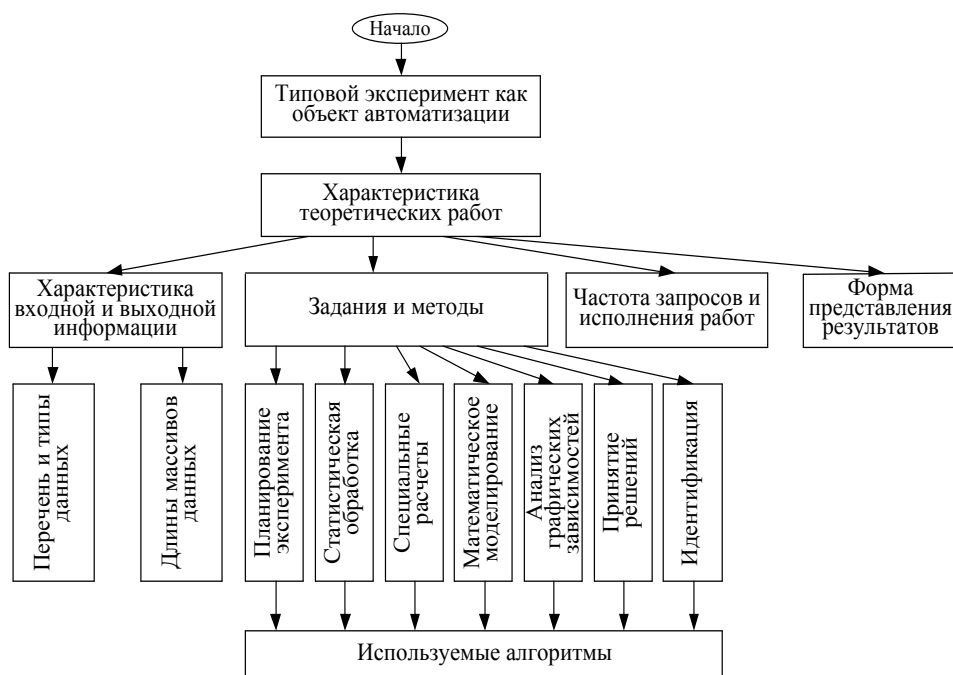


РИС. 4. Онтологическое описание теоретической базы НЭ

Выводы. Предложенная в работе онтолого-ориентированная методика проведения научных экспериментов ориентирована, в первую очередь, на поддержку методологической базы для типовых НЭ. При этом создаются онтология объектов, участвующих в типовых экспериментах, онтология процесса проведения НЭ и онтология задач (конкретного эксперимента), которая выбирает метод проведения эксперимента и формирует соответствующий алгоритм. Для повышения эффективности технологии проведения типовых экспериментов необходимо разработать программную оболочку (Решатель задач), который бы в автоматическом режиме формировал необходимые объекты, процессы и процедуры (алгоритмы) для заданных экспериментов.

1. *Палагин А.В.* Современные информационные технологии в научных исследованиях // Искусственный интеллект. – 2005. – № 2. – спец. выпуск. – 14 с.
2. *Палагин А.В., Петренко Н.Г.* Системно-онтологический анализ предметной области // УСиМ. – 2009. – № 4. – С. 3–14.
3. *Палагин А.В.* Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / А.В. Палагин, С.Л. Крытый, Н.Г. Петренко – [монография] – Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 323 с.
4. *Хакинг Я.* Представление и вмешательство. Введение в философию естественных наук. Пер. с англ. / Перевод Мамчур Е.А. – М.: Логос, 1998. – 296 с.
5. *The philosophy of scientific experimentation.* – Pittsburgh.: Univ.of Pittsburgh Press, 2003. – 328 p.
6. *Египко В.М., Акимов А.П., Горин Ф.Н.* Процедуры и методы проектирования автоматизированных систем в научных исследованиях. – Киев: Наук. думка, 1982. – 175 с.

Получено 12.10.2012