

Гусев Сергей Сергеевич

инженер-энергетик

ПАО «Ростелеком»

г. Москва

ОБЗОР ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

***Аннотация:** в статье приводятся теоретические аспекты и информационный подход к методу решения задач в области идентификации систем управления. Подробно описывается сам процесс идентификации, основоположниками которой стали К. Остром и П. Эйкхофф. Приводится первоначальный вариант такого понятия как идентификация. Также рассматривается процесс изучения идентификации систем управления в теоретических аспектах для студентов высших учебных заведений и научных сотрудников как основного понятия теории управления сложными системами. То есть приводятся теоретические аспекты в изучении понятия идентификации систем управления как для студентов, так и для научных сотрудников ВУЗов.*

***Ключевые слова:** идентификация систем управления, актуальность, экспертная оценка, теоретические рамки, ИФАК.*

Работа, представленная к рассмотрению ниже, предполагает повышение квалификации подготовки аспирантов и инженеров в технических ВУЗах, специальности которых соответствуют требованиям подготовки инженеров технических наук в области идентификации систем управления.

Идентификация объектов управления составляет существенную часть общей теории управления. Модели, построенные с помощью идентификации, используются как для прогноза выхода, так и для корректировки самой системы управления. Идентификация является одной из наиболее динамически развивающейся дисциплины в теории управления. По этой тематике сегодня публикуется несколько тысяч статей в научных журналах. Однако проблема остается актуальной, а спрос на результаты в этой области увеличивается. Все увеличи-

вающаяся мощность вычислительных машин открывает перед теорией идентификации новые алгоритмы, реализация которых еще совсем недавно была невозможна. В работе рассмотрены такие вопросы как математическое моделирование, прогноз динамического объекта, история развития идентификации. Дан критический анализ известных работ по теории управления.

В одном из первых обзоров публикаций по идентификации, первоначальный вариант которого был представлен (в виде приглашенного обзорного доклада) на 2-м симпозиуме ИФАК в 1970 г., а переработанный вариант опубликован в журнале «Automatica» в 1971 г., его авторы, К. Острем и П. Эйкхофф, написали: «The field of identification is at the moment rather bewildering, even for so-called experts. Many different methods and techniques are being analysed and treated. «New methods» are suggested en masse, and, on the surface, the field appears to look more like a big of tricks than a unified subject. On the other hand, many of the so-called different methods are in fact quite similar. It seems to be highly desirable to achieve some unification of the field. This means that an abstract framework to treat identification problems is needed» [1].

Изложенная экспертная оценка, по нашему мнению, в свободном переводе означает: «В настоящее время область исследований по идентификации приводит в замешательство даже высококвалифицированных специалистов. Для решения проблем идентификации исследовано и использовано много различных подходов, методов, алгоритмов. Предлагаемые «новые методы» в целом и все проведенные исследования с точки зрения формы воспринимаются скорее как набор слабо связанных результатов с неожиданными способами решения, чем как единый предмет (или: чем как предмет, основанный на единых принципах и форме). С другой стороны, много так называемых различных методов, которые, в сущности, очень похожи. Поэтому в данной области знания весьма желательно достигнуть определенного единообразия. Это означает, что необходимы определенные теоретические рамки для исследований проблем идентификации» [1].

Для нас приведенная экспертная оценка особенно значима, так как одним из ее авторов является П. Эйкхофф. В предисловии к русскому изданию его книги [2] написано: «... профессор П. Эйкхофф ... является известным специалистом в области теории управления и принимает активное участие в работе международной организации по автоматическому управлению (ИФАК). Эйкхофф – почетный редактор ИФАК, один из организаторов и член программного комитета трех симпозиумов ИФАК по идентификации и оцениванию параметров и состояния (Прага, 1967 и 1970 гг.; Гаага, 1973 г.); он неоднократно выступал с обзорными докладами по идентификации на конгрессах (Лондон, 1966 г.) и симпозиумах ИФАК (1967 и 1970 гг.)».

Если учесть, что выражение «new methods» взято в кавычки, использован оборот «so-called different methods», а выражение «a big of tricks» буквально переводится как мешок с фокусами, то обеспокоенность авторов обзора состоянием теоретических основ идентификации проявляется достаточно отчетливо. В приведенной цитате указана главная проблема обозреваемой области знания: необходимо разработать определенные теоретические рамки, которым должно удовлетворять любое исследование по идентификации. Иными словами, с точки зрения авторов обзора [1] главная проблема – это проблема разработки общих теоретических основ решения задач идентификации.

При этом, конечно, актуальность и значимость самой проблемы идентификации не подвергается сомнению. На это, в частности, указывает предложение, которое следует после приведенной цитаты. В нем отмечается, что определение идентификации, данное Заде, может рассматриваться как в целом верная «стартовая» точка зрения для поиска теоретических основ.

Тем самым отмечается не только важность определения, но и опосредованно роль самого Заде в формировании представления об актуальности и значимости проблемы идентификации. Заде приводит перечень 12 основных проблем теории систем. Проблема идентификации помещена в самом начале перечня: на третьем месте. Он пишет: «То, что в перечне основных проблем теории систем проблемы описания, классификации и идентификации систем по»

мещены в начале, отражает скорее их значение, чем труд, который затрачивался или затрачивается на их решение. В самом деле, работы, в которых эти проблемы сформулированы и решены, особенно для систем с конечным числом состояний, появились только в последнее десятилетие. Тем не менее несомненно, что проблемы, относящиеся к описанию, классификации и особенно к идентификации систем, а также сигналов и образов, будут в будущем играть все возрастающую роль в теории систем».

Через 12 лет после публикации обзора [1] на актуальность проблемы разработки общих теоретических основ идентификации указано в работах Х. Акаике [3] и В. Петерка [4]:

1. «В обзорной работе К. Острема и П. Эйкхоффа, представленной на симпозиуме ИФАК в 1971 г., отмечалось, что широта предмета идентификации стала приводить в замешательство даже так называемых специалистов. Авторы указали, что весьма желательно провести в этой области некоторую унификацию. Эта мысль представляется вполне уместной, так как излишняя разнородность усилий исследователей мало способствует прогрессу практических приложений идентификации».

2. «Приходится согласиться с высказанным в работе [2] мнением, что область идентификации систем в ходе своего естественного развития «выглядит скорее как мешок с фокусами, чем единый предмет» и что «представляется чрезвычайно желательным достигнуть некоторой унификации»; ссылка [2] в цитате соответствует обзору [1] настоящего доклада.

В работе [5] предлагаются новые подходы к разработке общих теоретических основ решения задач идентификации:

1. «Довольно быстро было понято, что практически многие довольно важные статистические задачи можно решать путем задания множества моделей и оценивания параметров каждой модели методом максимального правдоподобия с последующим выбором модели, обладающей минимальным значением ИКА. Эта процедура, получившая название метода оценивания по минимуму ИКА, дает новый подход к идентификации статистических моделей, который мог бы

обеспечить решение с единых позиций задач, обсуждавшихся К. Остремом и П. Эйкхоффом» [5].

2. «Не будет преувеличением утверждать, что область идентификации все еще быстро расширяется. Тем не менее верно и то, что в настоящее время для применения в практических задачах существует множество различных процедур и моделей. Введение ОМИКА обеспечивает единый подход к идентификации. Если задать подходящий класс моделей, то единственная задача состоит в том, чтобы максимизировать различные функции правдоподобия» [5].

Желательность изложения методов и алгоритмов идентификации с единой точки зрения отмечено в работе [3], в которой также приведена одна из возможных интерпретаций выражения «a big of tricks». Как уже отмечалось, к настоящему времени по проблемам идентификации опубликовано много работ, однако не было книги, в которой бы систематически излагались различные методы и подходы, а также приложения в этой области. Как образно было отмечено на 2-м симпозиуме по идентификации, состояние в этой области таково, что каждого из авторов новой работы можно сравнить с фокусником, который из волшебного ящика достает новый алгоритм решения задачи. Систематическое изложение с единой точки зрения многочисленных методов и алгоритмов является большой удачей автора [3].

Отметим следующее. Мы не можем объединить разработанные алгоритмы под общим названием только в том случае, когда не знаем их общей теоретической основы. Поэтому приведенная выше цитата как бы подводит итог: отсутствуют общие теоретические рамки, область знания не воспринимается как единый предмет.

В 1984 г. П. Эйкхофф детально изложил свои взгляды на проблемы идентификации в открытой лекции, прочитанной по приглашению, на IV Симпозиуме ИМЕКО по измерению и оцениванию. В этой лекции он, на наш взгляд, указал основной источник трудностей, связанных с построением системы научных знаний по идентификации. Это двойственная природа процесса идентификации: присутствие в идентификации, как рациональных продуктов научной дея-

тельности человека, так и интуитивных творческих мыслительных процессов, объединенных общей идеей и направленностью на решение практических проблем.

Приведенная цитата в вольном переводе означает: «Время от времени идентификацию систем называют: измерением «неизмеряемых» количеств. Она характеризуется замечательной двусмысленностью. С одной стороны, некоторое число теоретических аспектов четко относится к сфере науки; с другой стороны, при обращении к практическим проблемам, идентификация демонстрирует особенности, которые позволяют отнести ее также к искусству. В этом заключается двойственность, которая, в частности, является причиной широкого разнообразия и большого числа публикаций, отличающихся между собой по сфере охвата, по глубине, по возможности применения на практике и по интересу.

В данной статье несколько аспектов этой двойственности ее природы, рассматриваются следующим путем:

– с одной стороны, указывается некоторая связь между многими схемами оценки параметров, которые предлагались и обосновывались в литературе; это дает пример такой части области идентификации, которая четко развивается в направлении «научных» основ;

– с другой стороны, выявляются существенные особенности процедур идентификации, связанные с как с практическим применением, так и с ограничениями, которые все еще могут характеризоваться как относящиеся к «искусству» экспериментатора и разработчика модели.

Цель настоящей работы – выявить и вербально зафиксировать основные проблемы идентификационного подхода, в рамках которого термин «идентификация» обозначает определенный вид познавательной деятельности в процессе построения конкретной системы управления. В частности, рассмотреть:

а) проблему разработки статистических задач на построение алгоритма предварительного выбора значений неизвестных размерностей в математическом описании объекта автоматизации;

б) проблему разработки методов организации идентификации на уровне оперирования математическими средствами для различных типов практических приложений теории автоматического управления;

в) проблему формирования понятия «идентификация» для различных типов практических приложений теории автоматического управления.

В настоящей работе научные исследования по идентификации рассматриваются, в первую очередь, как внешние проявления (результаты) идентификационного подхода к практическим проблемам построения систем с управлением. Основная идея этого научного подхода – проведение (в рамках процесса решения практической проблемы) специально организованного поиска адекватной математической модели объекта автоматизации (иными словами, идентификации), на основе результатов которого можно было бы сконструировать математическое описание системы с управлением, используя язык и аппарат соответствующих фундаментальных и прикладных дисциплин из области науки об управлении.

Постоянное присутствие методологических исследований в работах по идентификации, по нашему мнению, означает наличие в рамках идентификационного подхода трудных проблем, которые сначала необходимо осознать на гуманитарном и техническом уровнях строгости, прежде чем приступить к формализации и применению математических методов. В качестве названия для процесса, который реализуется на выделенном этапе анализа проблемы, лучше всего подходит слово «концептуализация». Это слово можно понимать как переход от эмпирического описания к связному объяснению (целостности знания). Концептуализация – понятийная классификация – один из важнейших процессов познавательной деятельности человека, заключающийся в осмыслении поступающей к нему информации и приводящий к образованию концептов, концептуальных структур и всей концептуальной системы в мозгу человека.

Слово «методологические», используемое в предыдущем абзаце, рассматривается как производное от термина «методология», понимаемого в самом широком смысле, как учение об организации любой человеческой деятельно-

сти. Поэтому методологические исследования, по сути дела, – это работы в области организации идентификации, или, иначе, в области организации поиска адекватной математической модели объекта автоматизации. Методологические исследования, в первую очередь, осуществляют концептуализацию эмпирического содержания трудных проблем. В ходе концептуализации создается система содержательных понятий и их имен, с помощью которой можно сформулировать интуитивно ясные описания различных компонент проблемы. В частности, разработать описания:

- цели, трудности достижения которой вызвали появление проблемы;
- условий, в которых происходит приближение к цели;
- трудностей, которые возникают при использовании традиционных средств для достижения цели;
- идеи поиска новых средств.

В настоящей работе слово «идентификация» используется для обозначения определенным образом организованного процесса порождения нового знания об объективной реальности в форме математической модели, совершаемого в рамках проектирования реальной системы с управлением или создания условий, обеспечивающих ее нормальное функционирование. Слову «идентификация» припишем следующий смысл (смысловое значение): идентификация – это познавательная деятельность специалиста или группы специалистов, направленная на опытное изучение определенного фрагмента объективной реальности и построение на основе этого изучения математической модели, необходимой для отыскания приемлемого приближения к решению одной из двух практических проблем управления:

- проблемы построения требуемой системы с управлением;
- проблемы сохранения требуемых показателей системы с управлением в условиях нормального функционирования.

В изложенном выше Определении словосочетанием «познавательная деятельность» обозначена не только мыслительная деятельность человека, но и вся его внешняя предметно-орудийная деятельность, направленная на изменение

состояния и свойств предметов объективной реальности; требуемыми показателями называются требуемые значения нормируемых характеристик. Слово «опытное» употреблено в качестве одной из характеристик процесса изучения. Это слово указывает, что изучение объекта автоматизации может быть не только экспериментальным (то есть с помощью эксперимента), но и без проведения эксперимента путем научного наблюдения. Здесь слово «научное наблюдение» означает целенаправленное и организованное восприятие объектов и явлений внешнего мира, связанное с решением определенной научной проблемы или задачи.

Что представляет собой идентификация в смысле данного Определения? Предварительно можно указать на следующие свойства. Идентификация не является научным исследованием, а представляет собой познавательную деятельность, не выделившуюся из непосредственного процесса труда. Продуктом идентификации является новое эмпирическое (опытное) знание об объекте автоматизации в форме математической модели. Идентификация, как познавательная деятельность, всегда содержит человеческий фактор, то есть человеческую деятельность, и, в частности, мыслительную деятельность человека на осознаваемом или неосознаваемом уровнях. Усвоенное теоретическое знание об идентификации и личностный эмпирический опыт, понимаемый в самом широком смысле, выступает в качестве ориентировочной основы для собственных (внутренних и внешних) действий человека в процессе идентификации.

Список литературы

1. Astrom K.J., Eykhoff P. System identification – a Survey // Automatica. – 1971. – Vol. 7, №2. – P. 123–162.
2. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975. – 685 с.
3. Райбман Н.С. Предисловие к русскому изданию // Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. – М.: Мир, 1975. – С. 5–9.

4. Заде Л. От теории цепей к теории систем // Труды Института радиоинженеров. Ч. I. – 1962. – №5. – С. 876–888.

5. Акаике Х. Развитие статистических методов / Эйкхофф П., Ванечек А., Савараги Е. [и др.] // Современные методы идентификации систем / под ред. П. Эйкхоффа. – М.: Мир, 1984. – С. 148–176.