

У якасці анатацыі да публікуемага ў чарговым выпуску рубрыкі «Інавацыі» артыкула прапануем вытрымку з прадстаўленай на яго рэцэнзіі загадчыка лабараторыі опытка-электронных і магнітных вымярэнняў Інстытута фізікі НАН Беларусі доктара тэхнічных навук В. Н. Ільіна: «В настоящее время во всем мире созданию систем автоматизированного контроля, интеллектуальных сенсорных систем уделяется пристальное внимание. Однако философское осмысление и методологическое освещение вопроса синтеза интеллектуальных и сенсорных процедур как в отечественной, так и в зарубежной литературе представлено довольно слабо. С учетом этого повышается значимость публикации материалов, касающихся анализа такой актуальной и важной проблемы, как методология сенсорно-интеллектуальных технологий». Тэма, якую закранае аўтар артыкула, без сумнення, надзвычай цікавая супрацоўнікам вышэйшай школы многіх спецыяльнасцей.

Рэдакцыя «ВШ»

Синтез сенсорных и интеллектуальных технологий в научном познании

В. М. Колешко,

зав. кафедрой, доктор технических наук,
профессор, лауреат Государственной премии,

А. В. Гулай,

кандидат технических наук, доцент,
лауреат Государственной премии,

В. А. Гулай,

преподаватель;
кафедра «Интеллектуальные системы» БНТУ

Ускорение развития и использование количественных методов в науке, технике и производстве стимулируют интерес к методологическим и теоретическим вопросам измерения, контроля параметров и характеристик объектов окружающего мира, а также к проблемам анализа получаемой информации об изучаемых явлениях. Причем интеграционные тенденции в развитии знания обуславливают перенесение методов и средств, ранее использовавшихся главным образом в естественных науках и технике, в обществоведческие дисциплины. Поэтому в обозначенной области исследований достаточно остро стоит задача осмысления общенаучного и общепсихологического аспектов современных методов познания окружающей действительности, таких, например, как интеллектуальный сенсорный контроль.

В силу того, что сегодня к контролю и анализу данных прибегают не только в традиционных рамках физического эксперимента, но и в таких общественных науках, как психология, социология, педагогика, лингвистика, экономика, проблематика получения и обработки сведений о внешнем мире становится одной из центральных в теории и методологии эмпирических наук. В результате этого чрезвычайно актуальны пони-

мание и истолкование общих концептуальных, теоретических и методологических аспектов современных приемов познания мира, их философское объяснение и обоснование. Проблема приборного получения и обработки сведений о свойствах явлений окружающей действительности настоятельно требует анализа ее в связи с введением интеллектуальных технологий в процедуры измерения, контроля и обобщения данных. Актуальность и новизна поставленной задачи исследования обусловлены все более широким использованием интеллектуальных сенсорных систем, причем как в физических, так и во внефизических научных отраслях.

Рассмотрение вопросов, непосредственно касающихся применимости сенсорно-интеллектуальных технологий в эмпирических науках, не является сугубо теоретической задачей, поскольку оказывает существенное влияние на практическое использование разрабатываемых методик в самых разных областях знания, в технике и производстве. Значение взаимоотношения, взаимовлияния теоретического, методологического и практического в исследовании сенсорного контроля значительно возрастает при сопряжении его с интеллектуальной обработкой получаемых в результате его применения данных. Отсюда вытекает потребность в тщательном подходе к вопросам методологии синтеза сенсорных и интеллектуальных технологий научного познания, в философском осмыслении различных аспектов сенсорно-интеллектуальных процедур.

Сенсорный контроль в интеллектуальных технологиях познания мира: методологические представления

Анализируя значение сенсорных технологий в научном познании, необходимо, по нашему мнению, прежде всего назвать те признаки, которые сближают сенсорный контроль с измерением, и те его особенности, которые дистанцируют данное понятие от изме-

рения. Так, измерение выступает в качестве одной из главных категорий в таких дисциплинах, как метрология и наукометрия, которые, без сомнения, занимают особое место среди исследовательских направлений общенаучного характера [1]. Однако с развитием новых областей знания и практики возрастает необходимость в научных отраслях, ориентированных на аппаратное обеспечение измерений при решении практических задач (причем задач как технической, так и обществоведческой направленности). Поэтому выделяется особое научно-техническое направление – сенсорный контроль, – требующее своих и во многом специфических методов, которые связаны с опирающейся на измерения проблематикой создания специального инструментария контроля изучаемых, проектируемых или управляемых систем и процессов. Создание методов и электронных средств автоматической обработки данных – один из существенных факторов, стимулирующих развитие сенсорного контроля (как параллельного научно-технического направления). Здесь речь идет в первую очередь о компьютерной технике и программировании, теоретической кибернетике и информатике, теории наблюдений и обработки их результатов, теории принятия решений и планирования эксперимента.

Следует отметить, что сенсорный контроль почти не попадает в поле методологического видения и философского осмысления, чему есть определенные объяснения. Дело в том, что сенсорный контроль, будучи востребованным и актуальным во всех современных науках, во многом по-своему интерпретируется, по-иному трактуется в разных научно-технических областях. Вопросы сенсорного контроля, недостаточно отдифференцированные от задач измерения, маскируются уже созданным фоном методологического анализа измерения и анализируются философами преимущественно в контексте измерения, причем в совершенно незначительной степени – в контексте наук об обществе. Достаточно тонкие отличия сенсорного контроля и измерения лежат в области глубокого понимания их специфических технических проблем. Они не всегда доступны для разграничения указанных методов познания на общенаучном и методологическом уровнях.

Рассматривая сенсорную систему в качестве основного варианта реализации технологии интеллектуального сенсорного контроля, в первую очередь определим основные функции и технические признаки, которые отличают ее от измерительных, аналитических устройств. Под сенсорной системой понимается сочетание чувствительных органов, обеспечивающих восприятие информации о параметрах изучаемого объекта и ее собственном состоянии, а также подсистемы переработки сигналов чувствительных элементов (первичных преобразователей) в информационные образы или управляющие команды автоматов. Интеллектуальные

функции сенсорной системе придает наличие интеллектуальной подсистемы обработки сенсорной информации, поставляемой чувствительными элементами, о контролируемых внешних факторах и о внутреннем состоянии системы. В общем случае в качестве сенсорного элемента сенсорно-интеллектуального комплекса можно рассматривать любое устройство ввода, с помощью которого интеллектуальная подсистема получает данные для обработки.

Таким образом, главное отличие сенсорной системы от измерительного устройства, которое является в определенном смысле ее прототипом, заключается в более широком функциональном назначении данной системы: она осуществляет как контрольно-измерительные функции, так и преобразование сенсорных сведений с целью снижения информационной избыточности (рис. 1). Под снижением информационной избыточности здесь понимается решение задач распознавания информационных образов в исследовательской работе или формирование управляющего сигнала в системах автоматического регулирования.



Рис. 1. Взаимосвязь сенсорных и интеллектуальных процедур при контроле параметров изучаемого объекта

Если информация о результатах контроля предназначена для восприятия и анализа человеком, при создании интеллектуальных сенсорных систем учитываются его психофизиологические особенности. Интеллектуальная подсистема формирует информационный образ исследуемого явления в цифровом, буквенном, графическом или ином виде с учетом многообразия контролируемых параметров. В случае использования сенсорного контроля для реализации процедур автоматического управления итогом преобразования сенсорных данных является формирование динамического управляющего параметра. В этом случае сенсорно-интеллектуальная процедура представляет собой ряд сложных опосредований (в электронных контрольно-управляющих устройствах), чаще всего недоступных для отслеживания человеком. Анализу в этом случае подвергается только окончательный результат технологического процесса, автоматически управляемого по сенсорным данным.

Одно из существенных отличительных свойств сенсорной системы заключается в том, что реализация ею сенсорных функций происходит на основе преобразования любого контролируемого параметра в измеряемый электрический сигнал. Именно это обстоятельство позволяет подходить с единых методологических позиций к анализу биологических и технических сенсорных систем и использовать такой метод исследования интеллектуального сенсорного контроля, как биотехнические и психофизические аналогии [2]. Установление данных аналогий в исследовании интеллектуального сенсорного контроля является одним из веских оснований для методологического отмежевания его от измерения, для которого такие аналогии принципиально неопределимы. Всякие попытки поиска подобных аналогий в измерении трансформируют данное понятие (даже в варианте автоматического измерения) в такой степени, что непременно и неизбежно сводят предпринимаемое исследование к анализу категории «интеллектуальный сенсорный контроль».

Наличие интеллектуального модуля в составе сенсорной системы позволяет дополнить ее аналитические функции по контролю внешних факторов функциями рефлексии системы о самой себе, фактически поставив ее в условия сенсорно-интеллектуального самообеспечения. Среди таких возможностей системы в первую очередь следует назвать реализацию функций самодиагностики, самокоррекции и самоаттестации. Введение функции самодиагностики исключает использование сенсорных сигналов с выхода неисправных чувствительных элементов. Реализация функции самокоррекции – это, например, автоматический выбор диапазона контроля при значительном изменении исследуемого параметра. Сопровождение результатов сенсорного контроля дополнительной информацией об их достоверности представляет собой выполнение задачи самоаттестации сенсорной системы.

Следует отметить, что концепция интеллектуального сенсорного контроля в физике и родственных научных направлениях, а также характер интеллектуального контроля в общественных науках (например, в социологии, педагогике, психологии, лингвистике, экономике) выражаются с разной степенью определенности. Так, физический контроль относится к реальным объектам, не зависящим от познающего субъекта, и основан на сравнении физической величины с определенным количеством (выбранным в качестве единицы) однородного параметра. Внефизический контроль концептуально и операционально опосредован человеком и его субъективными свойствами (эмоциями, желаниями, установками) и чаще всего трактуется как классификация явлений, при которой каждой определенной группе объектов приписывается определенный знак, символ. Причем операционально процедура внефизического контроля определяется

весьма нечетко, под измерительными инструментами понимаются концептуальные, специфические средства определенных наук.

Анализ показывает, что сенсорный контроль можно отнести к общенаучным понятиям, отличительная черта которых состоит в том, что, приближаясь к философским понятиям (а иногда и не уступая им) по своей общности и широте применимости, они (в определенных пределах) допускают или требуют уточнения средствами логико-математического аппарата. Методологическая функция понятия «сенсорный контроль» (равно как и понятия «измерение») заключается в его опосредующей роли: оно служит средством опосредования философских идей «количества» и «качества» в отношении реальных свойств явлений и характеристик объектов, изучаемых специальными науками физического и обществоведческого направления. Широкие возможности математической экспликации, заложенные в построении интеллектуальной составляющей процедур сенсорного контроля, отграничивают анализируемые общенаучные конструкты от философских категорий, носящих исключительно содержательный характер.

Значение интеллектуальной составляющей в сенсорной технологии познания окружающей действительности

Ряд существенных особенностей процессу исследования придает наличие интеллектуальной составляющей в системе сенсорного контроля изучаемого явления. Интеллектуальные технологии, многократно пронизывая сенсорный контроль, во многом специфицируют сенсорные системы, придавая им особые функции. Задачи, решаемые с использованием интеллектуальных сенсорных систем, имеют сложный, комплексный характер, их нельзя оценивать исключительно с какой-то одной стороны – только эмпирически или чисто математически. Незменная функция, реализуемая в процессе интеллектуального сенсорного контроля, коренится во взаимосвязях между их концептуальными и операциональными аспектами, в их надлежащей спецификации, которая соотнесена с природой объекта исследования, применяемым способом контроля, используемыми сенсорными средствами, интеллектуальной обработкой результатов.

Именно в этом содержится ответ на вопрос о том, какое место занимает интеллектуальная сенсорная технология в системе современных научных процедур познания мира (рис. 2). Наиболее приемлемой в нашем исследовании является следующая позиция, характеризующая разные аспекты сенсорного контроля, его роль в процессе познания и применение в практике.

Если принять в расчет посредническую функцию сенсорного контроля (как и его прототипа – измерения), выступающего в процессе научного познания в качестве связующего звена между эмпирическими знаниями и их математическим выражением, то интеллектуальный сенсорный контроль можно истолковать как эмпирико-математический метод. С методологической точки зрения он включает в себя на равных началах эмпирико-операциональный и концептуально-математический компоненты, причем данные компоненты определяются в наибольшей степени соответственно сенсорной и интеллектуальной составляющей интеллектуальной сенсорной системы.



Рис. 2. Роль и место интеллектуальных сенсорных технологий в познании окружающей действительности

Здесь следует указать на огромную ориентирующую, а иногда и основополагающую роль теории в процессе осмысления результатов сенсорного контроля. Дело в том, что решение такого важного вопроса, как осмысленность результатов контроля зависит от принимаемой теоретической концепции в построении и использовании интеллектуальной сенсорной системы. Особенно сильно этот фактор проявляется в случае представления результатов контроля в виде объемных и сложных информационных образов или многомерных зависимостей параметров контролируемого объекта. Более того, математическая модель, создаваемая в рамках интеллектуальной системы (как, впрочем, и всякая другая модель [3]), имеет в своей основе определенную гипотезу или теорию.

Поскольку в научной практике термин «сенсорный контроль» используется с разной степенью широты, особый интерес вызывает трактовка объема данного понятия в контексте анализа его интеллектуальных реализаций. По нашему мнению, понимание процедур сенсорного контроля должно осуществляться в самом широком смысле, т. е. включать процессы как основанные на измерении, так и отождествляемые со шкалиро-

ванием (использованием шкал порядка, номинальных шкал). Такой подход позволяет обоснованно говорить о применении интеллектуальных сенсорных технологий не только в физических, но и в общественных науках, в которых сенсорные процедуры методологически связаны в первую очередь с классификацией. Более того, применение специфических математических процедур обработки информации, доступных интеллектуальным системам, например аппарата нечеткой логики, приближает методы классификации к метрологическим технологиям, делая сенсорный контроль доступнее в гуманитарной сфере знания.

Обработка сенсорных данных в интеллектуальной подсистеме очень часто связана с переходом к номинальным шкалам и в физическом контроле, причем в объеме одной сенсорной системы может быть (параллельно и последовательно) использовано несколько таких шкал. Это наблюдается, например, при многокритериальном, многомерном контроле, основанном на одновременном анализе нескольких величин разной физической природы и интеллектуальном формировании информационного образа исследуемого явления и при получении обобщенного управляющего параметра. Такая процедура обработки сенсорных данных реализуется, в частности, с помощью искусственных нейронных сетей.

Таким образом, принятая нами трактовка проблемы синтеза сенсорных и интеллектуальных технологий не требует однозначно соотносить «сильные» виды сенсорного контроля (метризация) только с физической сферой познания, а «слабые» виды контроля (шкалирование) – только с гуманитарным знанием. Так, контроль физических величин может использоваться в «слабом» варианте, когда осуществляется автоматическое управление по величине отклонения контролируемого признака от его эталонного значения. С другой стороны, «сильные» варианты сенсорного контроля реализуются в процессе приборного определения характеристик некоторых процессов в гуманитарной сфере.

Принятая гибкая позиция в данном концептуально-терминологическом вопросе требует признать нецелесообразным ограничение понятия «сенсорный контроль» каким-либо определенным классом процедур. Под это понятие следует подвести и «сильные», и «слабые» виды контроля, причем как в физической, так и во внефизической сфере познания.

Приняв представление сенсорных данных в шкалах порядка в качестве полноценного вида сенсорного контроля, можно сразу отметить ту важную

методологічную ролю, якую в ісследванні інтэлектуальных сенсорных сістэм іграе логічная тэорыя бинарных адношэнняў. Пры аналізе якасных даных іх аґрэгіраванае апісанне інтэлектуальнай сістэмай ажыццяўляецца ў розных некалькіх тэрмінах групіровак і упарадкаванняў. Убедлівым прадстаўляецца прадпалажэнне, што любая якасная інфармацыя аб ісследуемых аб'ектах (у тым ліку номінальныя прызнакі) можа быць прадстаўлена бинарнымі адношэннямі ці іх матрыцамі смежнасці на мностве разглядаемых аб'ектаў. Такай прызнак на мностве аб'ектаў характарызуецца разбіццём гэтага мноства на класы аб'ектаў, імаючых блізкія друг да другога значэння гэтага прызнака. У выпадку, калі сенсорная інфармацыя адносіцца не толькі да упарадкавання значэнняў кантраляванага прызнака, але і да адлегласцям паміж значэннямі, прымяняецца некалькі бинарных адношэнняў і адпаведным чынам задаюцца ўказаныя адлегласці.

Пасколькі інтэлектны сенсорны кантроль можна лічыць фактарызуючай працэдурай (вся абласць кантраляваных велічынь разбіваецца на перасякаючыя класы, у сваёй сукупнасці гэту абласць ісчэрпваючыя), неабходна паказаць тэ інтэлектныя тэхналогіі, з дапамогай якіх праводзіцца гэта разбіццё. Класіфікацыя прызнакаў з'яўляецца адной з традыцыйных аперацый інтэлектнай апрацоўкі даных, напрыклад, з дапамогай штучных нейронных сетей, у якіх існуюць дэталізаваныя алгарытмы навучэння [4]. Заміткава, што лік прызнакаў вызначае памернасць прастранства, з якога выбіраюцца ўсе ўводзімыя аб'екты: для n прызнакаў прастранства з'яўляецца n -мерным. Мадэль штучнай нейроннай сеті з n -входнымі элементамі будзе n -мернай гіперплоскасцю, якая раздзяляе ўсе аб'екты на адпаведныя класы (лінейная задача). У выпадку раздзялення аб'ектаў на класы з выкарыстаннем некалькіх гіперплоскасцей праблема класіфікацыі з'яўляецца нелінейнай. У разглядаемым выпадку адбываецца кіраванае навучэнне нейроннай сеті: яна навучаецца класіфікаваць аб'екты ў адпаведнасці з інструкцыямі – мэтай выхаднага прызнака дае інфармацыю сеті аб тым, да якога класу павінен навучыцца адносіць уваходны параметр.

У выпадку навучэння без кіравання такіх інструкцый няма, і нейронная сетка праводзіць кластэрызацыю аб'ектаў (раздзяленне на групы) самастойна. Раздзяленне аб'ектаў на кластэры задавальняе наступным патрабаванням: аб'екты ўнутры аднаго кластэра ў некаторым сэнсе падобныя; кластэры, падобныя ў вызначаным сэнсе, размешчаюцца дастаткова блізка адна ад другога. У графічнай інтэрпрэтацыі працэсу кластэрызацыі адпаведная аб'екту кропка трапляе ў вызначаны кластэр, калі яна

распалягаецца бліжэй да кропак гэтага кластэра ў параўнанні з кропкамі, прыналежаць іншым кластэрам. Мерай блізкасці (падобія) двух кропак p і q служыць, напрыклад, квадрат еўклідова адлегласці паміж імі: $d_{pq} = \sum (x_{pi} - x_{qi})^2$, дзе x_{pi} , x_{qi} – адпаведна i -я каардынаты кропак p і q ; n – значэнне памернасці.

З атрыманых адказаў на філасофскія пытанні тэорыі сенсорнага кантраля, адказаў, з'яўляючыхся вынікам аналізу тэарэтычных і методалагічных праблем гэтага метаду навуковага ведавання, сапраўды адчэпна выцякаюць наступныя высновы. Інтэлектуальная частка сенсорнай сістэмы служыць эфектыўным тэхнічным сродкам разшырэння рамак сенсорнага кантраля за лік пераадолення абмежаванняў, вызначаемых колькаснымі аспектамі рэальных аб'ектаў і з'яўленняў. Інтэлектуальная сістэма ў найбольшай ступені дапускае параўнанне розных аб'ектаў адносна якога-то агульнага свайства, і гэтае упарадкаванне сведчанняў з'яўляецца дастаткова прадпалажэннем для разшыранага тлумачэння паняцця «сенсорны кантроль». Інтэлектуальная падсістэма звязвае сенсорныя вынікі з мадэлю, пабудаванай на аснове вызначанай гіпотэзы ці тэорыі, і прыдае сенсорнаму кантролю сэнс і функцыі верыфікацыі ці фальсіфікацыі гэтага гіпотэзы ці тэорыі.

Методалагічнае осмысленне праблем інтэлектнага сенсорнага кантраля асабліва актуальна і значыма, пасколькі без інфарматыўнага, багата колькасна адображанага і дастаткова глыбокага ўзровень аўтаматычна апрацаванага сенсорнага матэрыяла з'яўляецца рэалізацыя асноўных магчымасцей сучасных навукаў. Праблемнымі абласцямі, сапраўды патрабуючымі прымянення сенсорна-інтэлектных працэдур, з'яўляюцца: пабудова матэматычных і кібернетычных мадэляў аналізу даных; аўтаматычнае кіраванне буйнымі тэхналагічнымі машынамі; мадэліраванне складаных тэхнічных, прыродных і сацыяльных працэсаў; канцэптуалізацыя ведаў у штучных інтэлектуальных сістэмах. Фактычна гэта азначае, што сенсорны кантроль, дапоўнены інтэлектнымі працэдурамі і рэалізаваны на аснове сучасных тэхналагічных рашэнняў, патэнцыяльна можна лічыць амаль абмежавана прымянімым.

Спісак літаратуры

1. Берка, К. Измерения. Понятия, теории, проблемы / К. Берка. – М.: Прогресс, 1987. – 320 с.
2. Колешко, В. М. Когнитивная многомерность – основа синергизма интеллектуальной технологии поиска знаний / В. М. Колешко, А. В. Гулай, В. А. Гулай // Выш. шк. – 2010. – № 2. – С. 20–25.
3. Шрейдер, Ю. А. Системы и модели / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
4. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 288 с.