

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ В РАЗВИТИИ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Авдейчик Евгений Валерьевич

магистрант механико-математического факультета
Белорусского государственного университета

***Аннотация.** Появление компьютеров и увеличение их вычислительных мощностей привело к снижению во второй половине XX в. востребованности разработки математических моделей для описания частных случаев физических процессов. Вместо этого всё большую значимость приобретает усовершенствование аппарата вычислительной математики и создание на его основе специализированных программных пакетов, предназначенных для решения конкретных задач тех разделов физики, для которых уже построена общая математическая модель. Более того, использование нейронных сетей при наличии значительной экспериментальной базы делает возможным уже в наше время создание компьютерных программ, способных решать задачи из тех областей, для которых ещё не составлена основная замкнутая система уравнений, граничных и начальных условий, вариационных принципов и т. д. Как правило, для работы с обоими видами программ от пользователя не требуется знание используемой математической модели, а в случае применения нейронных сетей такое знание практически невозможно из-за большого количества различных параметров. Таким образом, по мере развития алгоритмов обучения, повышения производительности вычислительных машин и увеличения доступности программ, способных самостоятельно создавать математическую модель из некоторого набора данных, практическая значимость математической гипотезы — одного из основных методов создания математических моделей в теоретической физике — будет уменьшаться. Однако она будет продолжать играть важную роль в научном познании, поскольку продуцируемые с её помощью математические модели отражают связи и закономерности в физических процессах более понятным для человека способом. В данной работе будут предложены некоторые математические гипотезы, относящиеся к наименее изученным областям механики, и произведён анализ данных гипотез с точки зрения соблюдения при их разработке основных принципов и общих правил.*

***Ключевые слова:** компьютерная форма знания; численные методы; метод математической гипотезы; пластичность; турбулентность; диаграмма Вороного; граничные условия; начальные условия.*

THE ROLE OF MATHEMATICAL KNOWLEDGE IN THE DEVELOPMENT OF
MODERN SCIENCE

Avdeychik Evgeniy Valeryevich

Master student, Mechanics and mathematics faculty,
Belarusian State University

Abstract. *The appearance of computers and the increase in their computing power led to a decrease in the second half of the XX century in the demand for the development of mathematical models for describing particular cases of physical processes. Instead, it is becoming increasingly important to improve the apparatus of computational mathematics and create specialized software packages based on it, designed to solve specific problems of those sections of physics for which a general mathematical model has already been built. Moreover, the use of neural networks with a significant experimental base makes it possible in our time to create computer programs that can solve problems from those areas for which the main closed system of equations, boundary and initial conditions, variational principles, etc. has not yet been compiled. As a rule, to work with both types of programs, the user does not need to know the mathematical model used, and in the case of neural networks, this knowledge is almost impossible due to the large number of different parameters. Thus, as learning algorithms develop, computer performance improves, and programs that can independently create a mathematical model from a certain set of data become more accessible, the practical significance of the mathematical hypothesis — one of the main methods for creating mathematical models in theoretical physics — will decrease. However, it will continue to play an important role in scientific knowledge, since the mathematical models produced by it reflect connections and patterns in physical processes in a way that is more understandable to humans. In this paper, we will propose some mathematical hypotheses related to the least studied areas of mechanics, and analyze these hypotheses in terms of compliance with the basic principles and general rules in their development.*

Keywords: *computer form of knowledge; numerical methods; mathematical hypothesis method; plasticity; turbulence; Voronoi diagram; boundary conditions; initial conditions.*

По мере роста вычислительных мощностей и доступности компьютеров, возможностей запоминающих устройств, а также по мере усовершенствования алгоритмов обработки данных, в том числе и алгоритмов обучения нейросетей, можно наблюдать увеличение популярности компьютерной формы научного знания, особенно в прикладных областях [1, с. 195–196]. Таким образом, методы, связанные с генерацией новых математических моделей, могут оказаться невостребованными для решения конкретных практических задач, поскольку подавляющая часть необходимых вычислений выполняется с использованием компьютеров, в следствие чего наиболее удобным вариантом является получение на основе набора эмпирических данных не

математических моделей, представляющих собой формулы, а алгоритмов обработки этих и новых вводимых данных.

При этом следует отметить, что активное использование вычислительной техники не уменьшило необходимости поиска математических моделей для описания явлений в рамках различных областей науки с точки зрения научного познания в целом. Любое знание в области теоретической физики должно подвергаться дедуктивной проверке на соответствие основным принципам (законам сохранения, принципам соответствия, ковариантности и т. д.) [2, с. 139]; технологии на данном этапе своего развития ещё не позволяют осуществлять подобную проверку без непосредственного участия человека. Окончательные алгоритмы, определяемые нейросетями, как правило, представляют собой большие массивы данных — строгая проверка надёжности этих алгоритмов является очень сложной задачей для человека. Трудности могут возникнуть также с интеграцией такого вида знания в существующую научную картину мира и в образовательную программу, поскольку данная его форма является удобной лишь для дальнейшей компьютерной обработки.

В частности, математическая гипотеза как метод познания, а не решения конкретных задач, не испытывает конкуренции со стороны методов, основанных на использовании машинного обучения, поскольку интуитивное построение аналогий в процессе генерации гипотез и последующая интерпретация теории позволяют обнаружить связи между различными явлениями действительности, часто не имеющие объективного обоснования, однако облегчающие наше представление и понимание объектов и процессов, с которыми человек не имеет дело в повседневной жизни (например, относящимся к микро- или мегамиру). Также имеет место рост популярности метода математической гипотезы по сравнению с методом построения теоретического знания на основе выдвижения содержательных гипотез. Это связано с тем, что изучаемые объекты становятся всё более сложными для понимания (объекты квантовой механики, наномеханики и т. д.), при этом в исследовании требуется всё большая точность, что ведёт к усложнению как необходимого математического аппарата, так и необходимых идеализаций. В связи с этим разработка корректных и адекватных содержательных абстракций изучаемых объектов может вызывать большие трудности. Поэтому часто оказывается удобным максимально редуцировать данный шаг, предшествующий переходу исследования в математическое поле.

Также нужно отметить важную роль субъективного аспекта, заключающегося в том, что акт научного открытия, одной из основных форм выражения которого является корректная гипотеза, ценится в научной среде намного выше, чем описание и обобщение эмпирических данных и результатов вычислительных экспериментов.

Кроме того, использование вычислительной техники способствует облегчению проверки выдвигаемых гипотез на соответствие опытным данным и основным принципам, что увеличивает продуктивность при создании новых математических моделей. Стоит отметить, что активное использование численных методов, связанное с их широким использованием в программных пакетах, предназначенных для быстрого решения прикладных задач в рамках некоторого раздела науки, также требует выдвижения новых математических гипотез для разработки наиболее эффективных модификаций численных моделей с учётом природы описываемых ими эффектов.

В подтверждение последнему в рамках данной работы была продемонстрирована возможность математической экстраполяции достаточно популярной модели, основанной на использовании диаграммы Вороного, на теорию пластичности и нелокальную теорию среды (например, при рассмотрении объектов наноуровня), путём выдвижения предположений, представляющих собой «каркасы» математических гипотез, относящихся к этим областям научного знания. Так, для описания пластических эффектов предлагается применять упругие модели, но в комбинации с использованием диаграмм Вороного для описания процесса разрыва и образования связей; для нелокальных теорий предлагается использовать клетки Вороного с целью простого выражения пространственного отношения между частицами в условиях существенного влияния характеристик всей среды на взаимодействие между двумя любыми её точками.

Метод математической гипотезы может использоваться не только при повышении вычислительной эффективности уже существующих теорий, что, как правило, подразумевает максимальное упрощение в рамках допустимой погрешности, но и при необходимости повышении точности математических моделей. Последнее часто достигается путём добавления в метаматематическую модель новых членов, а иногда и новых уравнений (и, соответственно, новых переменных). В физическом смысле это означает учёт некоторых эффектов, которыми пренебрегали ранее. Отсюда следует, что такое изменение нужно не только если имеется цель

сделать погрешность теории очень маленькой, но и, если необходимо принимать во внимание возможность случаев, когда роль таких эффектов становится существенной в сравнении с влиянием эффектов, отражённых в исходной, неутончённой модели.

Если изменение модели сопровождается включением в модель дополнительных неизвестных (а именно — их производных), а также введением новых членов, содержащих производные более высоких порядков, то требуется увеличение числа требуемых начальных и граничных условий. Существует множество способов определения новых условий: простые содержательные или формальные предположения о виде зависимостей между некоторыми параметрами, введение в рассмотрение новых характеристик с формулированием для них избыточного числа начальных и граничных условий, использование вариационных принципов. Все эти способы имеют свои недостатки, поэтому в рамках данной работы предлагается возможность их комбинации с использованием метода математической гипотезы на всех трёх уровнях (при определении формулы величины, исследуемой на экстремум; вида граничных условий, накладываемых на эту величину; вида простого уравнения, решение которого заменит процедуру поиска экстремума).

Данный подход требует серьёзной экспериментальной проверки, но в общем случае как методологическое направление демонстрирует достаточно широкое поле для формирования и верификации математических гипотез и, соответственно, огромный потенциал математической экстраполяции при уточнении моделей.

Список литературы

1. Зеленков, А. И. Философия и методология науки: учебное пособие для аспирантов и магистрантов / А. И. Зеленков [и др.]; под ред. А. И. Зеленкова. — Минск: ГИУСТ БГУ, 2011. — 479 с.
2. Стёпин, В. С. Методы научного познания / В. С. Стёпин, А. Н. Елсуков. — Минск: Вышэйшая школа, 1974. — 152 с.

References

1. Zelenkov, A. I. [Filosofiya i metodologiya nauki: uchebnoe posobie dl'a aspirantov i magistrantov] / A. I. Zelenkov [et al.]; edited by A. I. Zelenkov. — Minsk: SIMST BSU, 2011. — 479 p.
2. Styopin, V. S. [Metody nauchnogo poznaniya] / V. S. Styopin, A. N. Yelsukov. — Minsk: Vysheyshaya shkola, 1974. — 152 p.