

## Загадка и статус алгоритмов в научном познании

В. И. Шалак

Институт философии РАН

shalack@mail.ru

**Аннотация.** Понятие алгоритма, вопреки тезису Чёрча — Тьюринга, далеко от окончательной формализации, поскольку охватывает не только символичные преобразования, но и многие другие. Важными характеристиками алгоритмов являются их законоподобность, целенаправленность, обратная причинность и антиэнтропийность, что позволяет применять их во многих сферах. Это требует дополнительного изучения роли понятия алгоритма в научном познании.

DOI: 10.52119/LPHS.2024.22.56.009.

**Ключевые слова:** алгоритм, закон науки, целенаправленность, обратная причинность, антиэнтропийность.

**1. Загадка алгоритмов.** Одним из самых недооцененных и интересных понятий науки является понятие алгоритма.

Понятие алгоритма обычно связывают с именем персидского математика Аль-Хорезми, жившего в IX в. н. э. Но не он ввел в оборот этот термин. Когда появился латинский перевод его сочинений, произошла рефлексия над предложенными им правилами решения определенных классов математических задач, после чего для наборов таких правил стал применяться связываемый с именем Аль-Хорезми термин *алгоритм*.

Всякое понятие характеризуется объемом и содержанием. Явления, составляющие объем понятия алгоритма, вошли в научный обиход задолго до Аль-Хорезми. Теоремы евклидовой геометрии [1] делятся на два вида: построения и доказательства. Теоремы о построении заключаются в нахождении правил построения геометрических фигур, обладающих требуемыми характеристиками. Напомним, что Евклид жил и творил более чем за тысячу лет до Аль-Хорезми.

Широкое применение алгоритмов в математике привело к тому, что в настоящее время понятие алгоритма считается математическим. Этому способствовали формализации алгоритмов А. Черча и А. Тьюринга, которые выдвинули тезис о том, что *функция, определенная на натуральных числах, эффективно вычислима, е. и т. е. она вычислима на универсальной машине Тьюринга*. Тьюринг, решая проблему разрешимости логики предикатов, в качестве подразумеваемой модели рассматривал символичные преобразования, которые способен произвести человек-вычислитель, ограниченный в доступных ресурсах лишь неограниченным запасом бумаги, карандашом и ластиком. Многочисленные комментаторы науки смело обобщили тезис Черча — Тьюринга на любые алгоритмы. Но это неверно. Даже элементарный алгоритм Евклида деления отрезка пополам не представим с помощью машины Тьюринга.

Обратимся к содержанию понятия алгоритма.

В интуитивном, содержательном смысле под алгоритмом понимают общепонятное и однозначное предписание, какие и в каком порядке производить действия, чтобы получить искомый результат. [2]

Открыв «Книгу о вкусной и здоровой пище» [3], обнаруживаем, что ее содержанием являются общепонятные предписания приготовления различных блюд. Гончарное производство,

ведение сельского хозяйства также могут быть описаны как следование тем или иным наборам правил, в которых фиксируются конкретные приемы упорядоченной хозяйственной деятельности. Таким образом, предыстория понятия алгоритма уходит своими корнями гораздо глубже времен не только Аль-Хорезми, но и Евклида.

**2. Законоподобность алгоритмов.** Важной характеристикой алгоритмов является их законоподобность.

Наблюдения, делаемые нами в повседневной жизни, так же как более систематические наблюдения в науке, обнаруживают в мире определенную повторяемость или регулярность. За днем всегда следует ночь; времена года повторяются в том же самом порядке; огонь всегда ощущается как горячий; предметы падают, когда мы их роняем, и т. д. Законы науки представляют не что иное, как утверждения, выражающие эти регулярности настолько точно, насколько это возможно. [4, с. 39]

Универсальные законы выражаются в логической форме, которая в формальной логике называется «универсальным условным утверждением».  $\langle \dots \rangle$  В качестве примера рассмотрим закон самого простого возможного типа. Он утверждает, что, каков бы ни был  $x$ , если  $x$  есть  $P$ , тогда  $x$  есть также  $Q$ . Это записывается символически так:  $(x)(Px \supset Qx)$ . [4, с. 40]

Наборы правил для решения классов задач не ограничиваются исключительно математическими приложениями. Устойчивое существование этих правил имеет смысл лишь в том случае, если они представляют закономерную связь между явлениями и потому по своему статусу не отличаются от законов. Если обычные законы науки имеют вид утверждений о связях между явлениями, то алгоритмы — это предписания для выполнения определенных действий, включающих инициирование внешних физических процессов, результатом чего является решение задачи или достижение нужного состояния окружающей среды, описываемого некоторым предложением [5].

**3. Целенаправленность алгоритмов.** В предложенном выше определении алгоритма как «общепонятного и однозначного предписания, какие и в каком порядке производить действия» содержится указание на его направленность — «получение искомого результата». Искомый результат — это цель  $G$  (goal).

В отличие от универсальных условных утверждений для традиционного представления законов науки «Каковым бы ни было  $x$ , если  $x$  есть  $P$ , тогда  $x$  есть также  $Q$ » общее понятие алгоритма может быть представлено как набор правил «Если имеет место  $C$ , выполни действия  $d$  для достижения искомого результата  $G$ », или  $(C \Rightarrow d : G)$ . Стрелка « $\Rightarrow$ » связывает не два утверждения, а утверждение  $C$ , которое называется предусловием, и императив  $d$ , направленный на достижение цели  $G$ .

Любой алгоритм выполняется некоторым агентом. Именно благодаря ему реализуется связь между предусловием  $C$  алгоритма и целью  $G$ , ради достижения которой он и выполняется. Уточненная с учетом присутствия агентов форма правил примет вид  $(C \Rightarrow d_a : G)$ , где действие  $d_a$  содержит явное указание на агента, который его выполняет. В ситуации единственности агента его можно не указывать.

Цель, ради достижения которой выполняется алгоритм, заставляет вспомнить понятие целенаправленного поведения. Определение алгоритма одновременно адекватно описывает целенаправленное поведение. Что это, если не заранее предусмотренная последовательность шагов для получения искомого результата? Если наука объясняет окружающий нас мир, то алгоритмы являются носителями информации о том, как этот мир может быть изменен в нужную нам сторону [6].

Из представления алгоритмов в виде  $(C \Rightarrow d_a : G)$  можно перейти к их обобщению, если допустить, что частным случаем действия  $d$  может быть пустое действие, т. е. воздержание от какого-либо реального действия, когда все отдается на откуп *Природе*. Тогда правила алгоритма превращаются в утверждения о существовании обычной условной связи между  $C$  и  $G$ , т. е. в обычный универсальный закон  $(C \supset G)$ , где в качестве агента, выполняющего алгоритм, выступает *Природа*. Иными словами, законы природы могут быть редуцированы к алгоритмам с правилами особого вида  $(C \Rightarrow \emptyset : G)$ , где  $\emptyset$  обозначает пустое действие [5].

**4. Обратная причинность.** Правила, из которых состоит алгоритм, имеют вид «Если имеет место  $C$ , выполни действия  $d$  для достижения искомого результата  $G$ ». Каждое из них выполняется для достижения цели  $G$ , а для этого предписывается совершить вполне определенное действие  $d$ , которое во времени предшествует реализации целевого состояния. Иными словами, удаленная в возможное будущее и еще не существующая цель  $G$  детерминирует действия  $d$ .

Может показаться, что здесь мы встречаем забавный тип каузальности, в котором причина и следствие перевернуты во времени. Причина — это вещь в будущем, производящая следствие в настоящем или прошлом. [7, с. 14; цит. по 8, с. 27].

Еще не существующее будущее целевое состояние через посредство агента поведения приводит к изменениям уже сегодня. Обратная причинность — это вовсе не какая-то экзотика, она является предметом научных дискуссий [9]. Высказывается даже точка зрения о том, что обычно приписываемая временная упорядоченность причинно-следственных связей является случайной характеристикой понятия причинности.

**5. Антиэнтропийность алгоритмов.** Вспомним школьные уроки математики. Дано  $ax + b = 0$ . Требуется найти, чему равен  $x$ . Ответом будет  $x = -b/a$ . Когда нам даны условия задачи, мы находимся в состоянии неопределенности относительно значения  $x$ . Найдя решение, мы избавляемся от этой неопределенности, что на языке теории информации означает уменьшение энтропии. Такое же уменьшение энтропии происходит, когда мы по одному из известных алгоритмов собираем кубик Рубика, каждая грань которого имеет свой цвет, или когда гончар из бесформенного куска глины создает кувшин. Тем самым действия агента, выполняющего алгоритм, могут приводить к уменьшению энтропии. Это происходит не всегда, так как в некоторых случаях целью агента является увеличение энтропии, когда он, например, случайно перемешивает кубик Рубика [5; 6].

**6. Социальные алгоритмы.** Поведение людей и функционирование социальных институтов не причинно обусловлено, не хаотично, а целесообразно, т. е. направлено на достижение конкретных целей [10].

Программы обучения в школе или в вузе, планы научных исследований, планы производства на промышленных предприятиях, принятие бюджета также являются алгоритмами. В медицине различные виды алгоритмы именуется правилами диагностики, лечебными процедурами и протоколами лечения.

Таким образом, многие явления и закономерности функционирования социума также могут быть описаны в терминах выполнения различных алгоритмов.

**7. Заключение.** Понятие алгоритма проникло в язык науки относительно поздно и использовалось в узком смысле подчиняющихся правилам символьных преобразований. Но оно является более общим и как частный случай включает в себя понятие закона науки. Проблема заключается в адекватном переосмыслении его действительного научного статуса, избавлении его от той шелухи, которая маскирует суть.

## Литература

1. Евклид. *Начала Евклида. Книги I–VI*. М. — Л.: ОГИЗ, 1948.
2. Смирнов В. А. Алгоритмы и логические схемы алгоритмов. *Проблемы логики*. М., 1963, с. 84–101.
3. *Книга о вкусной и здоровой пище*. М.: Пищепромиздат, 1952.
4. Карнап Р. *Философские основания физики: Введение в философию науки* / пер. с англ., предисл. и коммент. Г. И. Рузавина. 4-е изд. М.: Издательство ЛКИ, 2008.
5. Шалак В. И. Естественное обобщение тьюринговой модели вычислимости. *Логические исследования*, 2023, т. 29, № 2, с. 9–35.
6. Шалак В. И. Телеология и целенаправленное поведение: логический анализ. *Логические исследования*, 2022, т. 28, № 2, с. 9–39.
7. Ruse M. *Darwin and Design: Does Evolution Have a Purpose?* Cambridge, MA; London: Harvard University Press, 2003.
8. Евлампиев И. И., Куприянов В. А. *Телеология в классической и неклассической философии*. СПб.: РХГА, 2019.
9. Faye J. Backward Causation. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2021 Edition) / ed. by E. N. Zalta. URL: <https://plato.stanford.edu/archives/spr2021/entries/causation-backwards/> (accessed: 02.06.2024).
10. Шалак В. И. Алгоритмическая модель социальных процессов. *Философские проблемы информационных технологий и киберпространства*, 2021, № 1, с. 46–62.