

ПОДНИМАЯСЬ НА НОВЫЕ ВЫСОТЫ

Технологии и наука подпитывают друг друга,
поднимая глобальную экономику на новые высоты

Джоэль Мокир

В последние годы многие экономисты ставят под сомнение способность технологического прогресса продолжать двигать экономику вперед вопреки сокращению темпов роста населения и увеличению коэффициентов зависимости (Gordon, 2016). По словам сторонников этой идеи, наиболее явные плоды прогресса уже собраны, и дальнейшие успехи станут все более труднодостижимыми (Bloom et al., 2017).

Другие на это возражают, что наука позволяет нам строить все более высокие лестницы, чтобы достать до висящих выше на дереве прогресса плодов. Судя по стремительно углубляющимся научным знаниям, прорывы в области технологий все еще способны изменить жизнь в обозримом будущем так же, как это произошло полтора века назад после гражданской войны в США, — утверждают сторонники этой точки зрения.

Можно ли быть уверенным, что научный прогресс будет продолжать двигаться вперед? Технологический прогресс напрямую влияет не только на производительность; он также сам подтягивает себя, предоставляя науке более мощные инструменты для работы. Люди имеют ограниченные возможности для проведения высокоточных измерений, наблюдения за чрезвычайно малыми объектами, преодоления оптических искажений и прочих иллюзий восприятия, а также быстрого проведения сложных вычислений. Суть технологий отчасти заключается в том, что они помогают нам преодолевать ограничения, наложенные на нас эволюцией, и узнавать о явлениях природы, которые нам самим не дано видеть или слышать, — Дерек Прайс (1984) назвал это «искусственным откровением». В значительной степени научная революция XVII века стала возможной благодаря усовершенствованным приборам и устройствам,



примерами которых являются телескоп Галилея и микроскоп Гука.

Научный прогресс в эпоху нового времени также зависел от инструментов, имевшихся в распоряжении исследователей. Сочетание усовершенствованной микроскопии и более передовых методов проведения лабораторных исследований позволило открыть теорию микроорганизмов, что, возможно, стало одним из важнейших прорывов в области медицины в истории. В XX веке количество примеров, демонстрирующих значение усовершенствованных инструментов и передовых научных методов, многократно увеличилось. Одним из величайших героев современной науки является рентгеновская кристаллография. Этот метод сыграл важную роль в выявлении структуры и функций многих биологических молекул, в том числе витаминов, лекарств и белков. Самым известным достижением в использовании этой технологии несомненно стало открытие структуры молекулы ДНК, но ее применение сыграло ключевую роль в еще 29 других проектах, удостоенных Нобелевской премии.

Из традиционных инструментов, используемых в нашу эпоху, микроскоп по-прежнему остается одним из самых важных, поскольку он имеет основополагающее значение для вездесущей тенденции к миниатюризации, то есть для понимания и манипулирования миром на все более малых уровнях. Благодаря сканирующим туннельным микроскопам, изобретенным в начале 1980-х годов, начались исследования на наноскопическом уровне. Более поздний люминесцентный микроскоп Бетзиг-Хелл со сверхвысоким разрешением, разработчики которого были удостоены Нобелевской премии по химии, по сравнению с микроскопом Левенгука, — это все равно что термоядерное устройство по сравнению с фейерверком-хлопушкой. То же самое можно сказать и о телескопии, где революционный телескоп «Хаббл» вскоре будет заменен гораздо более продвинутым космическим телескопом имени Джеймса Вебба.

Два мощных научных инструмента, которые только недавно стали доступными и представляют собой полный разрыв с прошлым, — это быстрая вычислительная обработка данных (в том числе практически неограниченные возможности для хранения и поиска данных) и лазерные технологии. Оба, разумеется, нашли бесчисленное количество прямого применения для создания средств производства и потребительских товаров. Влияние компьютеров на науку вышло далеко за пределы анализа крупных баз данных и стандартного статистического анализа: наступила новая эра науки о данных, в которой модели заменены мощными машинами для обработки мега-данных. Мощные компьютеры используют алгоритмы машинного обучения для выявления схем, которые не способен был

бы придумать человеческий мозг. Вместо работы с моделями, закономерности и корреляции обнаруживаются мощными компьютерами, даже если они «настолько извилистые, что человеческий мозг не может их ни узнать, ни предсказать» (Weinberger, 2017, 12).

Но компьютеры могут делать больше, чем просто обрабатывать данные: они также проводят моделирование, и тем самым могут приближать решение невероятно сложных уравнений, которые позволяют ученым изучать все

Технологический прогресс напрямую влияет не только на производительность; он также сам подтягивает себя, предоставляя науке более мощные инструменты для работы.

еще слабо понимаемые физиологические и физические процессы, разрабатывать новые материалы и моделировать математические модели естественных процессов, которые было невозможно раскрыть аналитическим методом. Такое моделирование породило совершенно новые «вычислительные» области исследований, в которых моделирование и обработка больших массивов данных дополняют друг друга при работе с задачами высокой сложности. В течение всей истории многие ученые мечтали о таком инструменте, но только в самое последнее десятилетие у них появилась возможность делать свою работу на уровне, который неизбежно повлияет на наши технологические возможности и, следовательно, окажет воздействие на производительность и, вероятно, на экономическое благосостояние.

С появлением квантовых технологий вычислительная мощность во многих из этих областей может увеличиться многократно. Точно так же искусственный интеллект, все еще являющийся источником большого беспокойства относительно того, что он заменит не только разнорабочих, но и образованный квалифицированный персонал, может стать самым эффективным в мире помощником ученых, даже если он так сам никогда и не станет лучшим в мире исследователем (Economist 2016, 14).

Лазерные технологии являются не менее революционным научным инструментом; когда были разработаны первые лазеры, его изобретатели считали, что этой технологии

Если в истории первых двух промышленных революций доминировала энергия, то в будущем мы можем стать свидетелями действительно коренного прорыва в области появления новых материалов.

«еще только предстоит найти свое применение». Но в 1980-х годах лазеры уже использовались для охлаждения мельчайших частиц до сверхнизких температур, что привело к значительным достижениям в области физики. В настоящее время использование лазеров в науке имеет невероятно широкий диапазон. Одним из наиболее важных видов применения этой технологии является спектроскопия возбуждения лазерным пробоем — чрезвычайно универсальный инструмент, используемый в широком спектре областей, требующих быстрого химического анализа на атомном уровне без подготовки образца. Лидар (лазерный локаатор) — это основанный на использовании лазерной съемки метод исследований, который позволяет создавать высокоточные трехмерные изображения, используемые в геологии, сейсмологии, дистанционном зондировании и физике атмосферы, а недавно с его помощью удалось радикально пересмотреть наши оценки размера и уровня развития доколумбовой цивилизации майя на территории Гватемалы. Но лазеры также являются механическим инструментом, который может аблировать (извлекать) материалы для анализа. В случае лазерной абляции любой тип твердого образца может быть извлечен для анализа; отсутствуют требования к размеру образца и процедуры его подготовки. Также лазерные интерферометры были использованы для обнаружения гравитационных волн, предсказанных Эйнштейном, что стало крупнейшим открытием современной физики, к которому ученые давно стремились.

Век биологии

Но примеров еще очень много. Как заметил Фриман Дайсон, если XX век был веком физики, то XXI век будет веком биологии. Последние разработки в области молекулярной биологии и генетики означают революционные изменения в способности человека манипулировать другими живыми существами. Из них особенно выделяются снижение стоимости определения последовательности геномов со скоростью, по сравнению с которой закон Мура кажется медленным: стоимость определения последовательности геномов снизилась с 95 миллионов долларов в 2001 году до примерно 1250 долларов в 2015 году за один геном.

Особенно многообещающим является метод редактирования базовой пары в генетической последовательности благодаря недавнему усовершенствованию методики CRISPR Cas9. Еще одно перспективное направление — синтетическая биология, которая позволяет производить органические продукты без участия живых организмов. Идея бесклеточного производства белков существует уже около десяти лет, но ее огромный потенциал стал известен широкой общественности совсем недавно, пусть даже на его реализацию потребуется еще много лет.

Симбиотическая взаимосвязь

Что бы ни говорилось в Книге Екклесиаста, в мире много совершенно новых вещей. Если в истории первых двух промышленных революций доминировала энергия, то в будущем мы можем стать свидетелями действительно коренного прорыва в области появления новых материалов. Называть экономическую эпоху по преобладавшему в ней материалу («Бронзовый век») — это вековая традиция среди историков. Многие технологические идеи в прошлом не могли быть реализованы, потому что материалы, которые были доступны изобретателям, просто не были подходящими для того, чтобы сделать их проекты реальностью. Но последние научные достижения в области материальной науки позволяют ученым разрабатывать новые синтетические вещества, о создании которых природа никогда и не помышляла. Такие искусственные материалы, разработанные на нанотехнологическом уровне, открывают дорогу разработке материалов, которые будут соответствовать заданным свойствам с точки зрения твердости, упругости, эластичности и так далее. Новые смолы, перспективная керамика, новые твердые вещества и углеродные нанотрубки — все это находится в процессе разработки или совершенствования.

Искусственный интеллект, лазеры и генная инженерия, по-видимому, классифицируются как технологии общего назначения (ТОН), которые имеют множество вариантов применения в широком круге видов использования в производстве и исследованиях. Похоже, что существует общее мнение относительно того, что обычно ТОН (таким как машинное обучение) требуется время для того, чтобы в полную силу оказать влияние на экономику, потому что,

по определению, они требуют дополнительных инноваций и инвестиций. Но они открывают возможности для преобразующих изменений в плане условий существования человечества по множеству направлений.

Ни одно из предсказаний в области технологий нельзя сделать с какой-либо определенностью, так же как неизбежно появление достижений, которые никто не прогнозировал, в то время как другие многообещающие достижения закончатся разочарованием. Продолжение технологического прогресса на головокружительной скорости не зависит от той или иной конкретной технологической области. Оно основано на наблюдении, что технологии и наука совместно эволюционируют как симбиоз, предоставляя в распоряжение научных исследователей гораздо более мощные инструменты для работы. Некоторые из этих инструментов известны в более примитивной форме на протяжении веков; другие являются радикальными нововведениями, у которых не было явных предшественников.

Так же как новые инструменты и устройства XVII века «гремели» во время научной революции и в эпоху пара и электричества, мощные компьютеры, лазеры и многие

другие инструменты нашего времени приведут к технологическим достижениям, которые нам сегодня невозможно себе даже представить, так же как и Галилей когда-то не мог предвидеть появление локомотива. **ФР**

ДЖОЭЛЬ МОКИР — профессор экономики Северо-Западного университета на стипендии им. Роберта Штротца.

Настоящая статья основана на работе «Прошлое и будущее инноваций: некоторые уроки экономической истории», которая будет опубликована в издании «Explorations in Economic History».

Литература:

Bloom, Nicholas, Charles I. Jones, John Van Reenen, and Michael Webb. 2017. "Are Ideas Harder to Find?" Unpublished working paper, Stanford University, Stanford, CA.

Economist. 2016. "The Return of the Machinery Question." June 25, 1–14.

Gordon, Robert J. 2016. *The Rise and Fall of American Growth*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Price, Derek J. de Solla. 1984. "Notes towards a Philosophy of the Science/Technology Interaction." In *The Nature of Knowledge: Are Models of Scientific Change Relevant?* Edited by Rachel Laudan. Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

Weinberger, David. 2017. "Alien Knowledge: When Machines Justify Knowledge."

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВАЛЮТНЫЙ ФОНД ПОДКАСТЫ

