

УДК 330.322:004.8
doi:10.35853/vestnik.gu.2026.14-2.02
5.2.3.

Движущие силы инвестиций в большие языковые модели

Николай Михайлович Светлов

ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН», Москва, Россия, nikolai.svetlov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6906-6129>

Аннотация. Мнения, которыми руководствуются участники рынка инвестиций в разработку больших языковых моделей, не имеют иных оснований, кроме мнений других участников. Обзор математических моделей рынков подобного типа в литературе отсутствует. В предлагаемой модели принято, что мнение агента достаточно описать мерой его истинности; каждая транзакция сближает мнения взаимодействующих агентов; доверие к контрагенту как источнику информации определяется исключительно его добросовестностью при исполнении контрактов. В ходе транзакций формируется номинальная добавленная стоимость, тогда как реальная добавленная стоимость зависит от номинальной и от средней истинности мнений агентов. Разность между этими величинами характеризует масштаб формирующегося финансового пузыря, а их отношение служит мерой эффективности. Для изучения свойств модели проведены компьютерные эксперименты. Они позволили выделить четыре фазы эволюции исследуемого рынка: накопление доверия, кластеризацию, конвергенцию и стационарную динамику; показали, что наличие агентов с фиксированным мнением не препятствует конвергенции мнений остальных участников. Выявлено, что длительность и исход конвергенции определяются главным образом начальным распределением мнений. Установлено, что факт доминирования оптимистов на рынке вложений в большие языковые модели недостаточен для вывода о формировании крупномасштабного пузыря. Намечены направления эмпирической проверки предсказаний модели (касающиеся, в частности, динамики технической эффективности и ее дисперсии) и совершенствования прикладных агент-ориентированных моделей.

Ключевые слова: большие языковые модели, искусственный интеллект, вложения в инновации, транзакции, доверие, добросовестность, финансовые пузыри, системный анализ

Для цитирования: Светлов Н. М. Движущие силы инвестиций в большие языковые модели // Вестник Гуманитарного университета. 2026. Т. 14, № 2. С. 19–32. DOI 10.35853/vestnik.gu.2026.14-2.02.

Driving Forces behind Investing in Large Language Models

Nikolay M. Svetlov

The Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, nikolai.svetlov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6906-6129>

Abstract. The opinions that guide participants in the market for investment in large language model development are not based on anything other than the views of other market participants. Mathematical models of such markets are not available in the literature. The proposed model assumes that an individual's perspective can be adequately characterized by a metric of its veracity. Each interaction serves to converge the viewpoints of the interacting parties, with the level of trust placed in a counterparty as an information source being contingent solely on their integrity in upholding agreements. Transactions generate nominal added value, whereas real

added value depends on nominal value and on the average truthfulness of agents' opinions. The difference between these two quantities characterizes the scale of the emerging financial bubble, while their ratio serves as a measure of efficiency. Computer experiments were conducted to study the properties of the model. These experiments revealed four phases in the evolution of the market under study: trust accumulation, clustering, convergence, and stationary dynamics. They also showed that the presence of agents with fixed opinions does not prevent the convergence of opinions among the remaining participants. Both duration and outcome of convergence are shown to depend primarily on the initial distribution of opinions. The fact that optimists dominate the investment market for large language models is shown to be insufficient to claim the presence of a large-scale bubble. Directions are outlined for empirical testing of the model's predictions (concerning, in particular, the dynamics of technical efficiency and its variance) and for further refinement of applied agent-oriented models.

Keywords: large language models, artificial intelligence, investments in innovations, transactions, trust, reliability in fulfilling contracts, financial bubbles, systems analysis

For citation: Svetlov NM. Driving Forces behind Investing in Large Language Models. *Vestnik Gumanitarnogo universiteta = Bulletin of Liberal Arts University*. 2026;14(2):19-32. (In Russ.). DOI:10.35853/vestnik.gu.2026.14-2.02.

Введение

Компания OpenAI, разработчик большой языковой модели (БЯМ) ChatGPT, обещает инвестиционным компаниям 17,5 % годовых в долларах США (см.: [Predin 2026]). Что стоит за этим обещанием¹? Поверят ли инвесторы, что оно будет выполнено?

Эти вопросы заставляют задуматься над истоками доверия к источникам информации (далее – ДкИИ) на высокотехнологичных рынках – там, где инвесторы имеют очень слабое представление о том, что упрятано «под капотом» развивающихся технологий и какие законы природы ограничивают возможности этого «двигателя». Причины усомниться в достижимости обещанных результатов весомы (см.: [Варшавский 2018; Варшавский 2025]), однако инвестиционный бум вокруг технологий искусственного интеллекта, локомотивом которого стали разработки в сфере БЯМ, продолжается. Эта ситуация привлекает внимание многих авторитетных ученых [Agrawal et al. 2019; Acemoglu, Johnson 2024; Дементьев 2025] и их последователей.

Доверие инвесторов к инновации – а значит, и к источникам данных о ее перспективах на рынке – далеко не всегда коренится в понимании ее физического и технологического содержания; степени разработанности; масштабов изменений в экономике, системе образования, обществе в целом, необходимых для ее освоения; ее косвенных последствий. Так обстоит дело и с БЯМ. При этом удачливость основной массы инвесторов в предугадывании успеха новшеств влияет и на продуктивность всей экономики, и на риски крупных экономических потрясений. Из чего следует актуальная сегодня задача изучения информационных процессов, формирующих (не)доверие к БЯМ как объекту вложений. Эта задача относится к проблематике экономической кибернетики. Но пока, в границах известных автору публикаций², теоретико-методологического инструментария, который позволил бы взяться за ее решение, нет даже на уровне замыслов. Существующие подходы к анализу отдачи от вложений в БЯМ (и вообще в инновации) ориентированы, как правило, на поиск отображения влияния того или иного комплекса факторов на результат (или на распределение его вероятностей)³.

¹ Один источник потенциальных доходов – дальнейшее расширение диапазона персональных и иных данных, вовлекаемых в коммерческий оборот на основании добровольных согласий пользователей БЯМ и других информационных систем. Подробнее об этом см.: [Светлов 2021; Оверби, Одестад 2022].

² См.: три вышеуказанные работы; публикации, ссылающиеся на них; источники из приведенных в них библиографических списков.

³ Подобные подходы вполне успешны при изучении поздних фаз становления рынков новых продуктов – когда «физическая» достижимость обещанных технических характеристик уже подтверждена, но в отношении коммерциализации ясности еще нет (см., напр.: [Голиченко 2024]).

В стратегической перспективе подход, представленный в данной статье, закладывает основу инструментария исследования информационных процессов, формирующих ДкИИ на рынках инноваций, в особенности «подрывных» (см.: [Кристенсен 2004, с. 12]): либо в процессе апробации он подтвердит свою плодотворность, либо его аргументированное отрицание приведет к появлению работоспособной альтернативы.

Контурь изученности проблемы доверия к источникам информации в экономической науке

Неоклассическая «чистая» экономическая теория выводит проблему ДкИИ за свои рамки. С конца XIX века [Walras 1896] и примерно до 1960-х годов это упрощение, в ряду многих других, дало экономической науке импульс к поступательному развитию. Ее внимание сосредоточилось на вопросах, поддающихся формализованному описанию и последующей эмпирической проверке с использованием доступных в те времена инструментов. Такой подход отнюдь не равносителен отрицанию значимости ДкИИ в экономике: он лишь фиксирует ДкИИ на некотором неизменном уровне, достаточном для согласования использования ресурсов через цены. В таком качестве ДкИИ ничем не выделяется из ряда других внешних условий (или ограничений) «чистой» экономической теории.

В отличие от Вальраса и его последователей, Адам Смит в явной форме помещал доверие – судя по контексту, не исключая ДкИИ – в ряд факторов, определяющих природу и причины богатства народов. Он обращается к категории доверия, например, в контексте анализа заработной платы [Смит 1962, с. 92], ссудного капитала [Там же, с. 216], сопоставления условий международной и внутренней торговли [Там же, с. 331]. Отсюда следует, что категория доверия входит в число понятий, различающих предметы политической экономии и «чистой» экономической теории.

По мере исчерпания конструктивного потенциала «чистой» экономической теории необходимость глубже понять эволюцию экономики постепенно возвращает проблему ДкИИ в повестку экономических исследований [Khodyakov 2007; Полтерович 2016; Latussek et al. 2016; Трындына, Устюжанина 2023; Институциональные и технологические факторы ... 2025, с. 55–64] – как правило, наряду с иными предметами доверия. Отсюда возникает настоятельная потребность в создании соответствующего формального аппарата, что оказалось непростой задачей (см., напр.: [Макаров 2013]). С одной стороны, существует задел (см.: [Трындына 2023; Моисеев, Трындына 2023]), применимый к задачам изучения «агрегированного» доверия. Он пригоден для встраивания в макроэкономический анализ, где взаимодействие агентов в явном виде не представлено (см., напр.: [Устюжанина, Трындына 2023]). С другой стороны, описание ДкИИ в терминах правил выбора контрагента не приводит к новым выводам в сравнении с другими постановками проблемы выбора контрагентов (см., напр.: [Álvarez, Fernández 2012; Arcaute et al. 2009; Kaskiris et al. 2007; Светлов 2020; Svetlov 2020]). В прикладном отношении к подобному описанию приближается цифровой проект всеобщего социального кредита в КНР (см.: [Козырев, Неволин 2019]), где практика опережает теорию.

Новая идея, изложенная в данной статье, сводится к следующим допущениям. Первое: *транзакции сопровождаются обменом мнениями* (суждениями). Это в какой-то мере (определяемой доверием) сближает мнения обоих участвующих в ней агентов. Второе: *источником ДкИИ является добросовестность агента при исполнении контрактов*.

Первое допущение, в свою очередь, порождает проблему формализации мнений. Предложено следующее ее решение: описать каждое мнение единственной характеристикой – отношением результата следования данному мнению к результату следования мнению, наилучшему в этом отношении из всех возможных. Предполагается, что оба результата выражаются неотрицательным действительным числом, – следовательно, отношение заключено в интервал $[0; 1]$. Далее будем говорить об этом отношении как

о мере *истинности* мнения. Такая терминология отсылает к известному из диамата положению о практике как о критерии истины.

Первая попытка построения теоретической модели на этой основе представлена в статье [Светлов 2026]. Модель, описанная ниже, – более зрелая, чем в предшествующей работе. Она проиллюстрирована результатами компьютерных экспериментов. Основные отличия нового варианта модели следующие:

- на каждом шаге модельного времени каждый агент вступает в транзакции со всеми остальными агентами;
- добросовестность агента в отношениях с разными контрагентами может быть различной – она зависит от исходов транзакций с ними.

Теоретическая модель

Вышеизложенная идея приводит к простой и потенциально плодотворной формализации коэволюции ДкИИ, мнений, добросовестности и экономики.

Рассмотрим абстрактную ситуацию, когда агенты не имеют иного источника информации, кроме мнений других агентов, и лишены возможности проверить мнения, которые становятся им известны только в ходе транзакций. При таких обстоятельствах у агентов остается единственная возможность сформировать свое субъективное отношение к мнениям разных агентов: доверять преимущественно тем своим контрагентам, кто реже обманывает. Обманывает контрагент или нет – агенты судят по фактическим результатам своих транзакций с ним в сравнении с обещанными.

Эту ситуацию можно описать следующей моделью. Рассмотрим множество *агентов*, обозначаемых символом $i \in [1; n] \cap N$, где N – множество натуральных чисел. Между каждой парой агентов⁴ действует двусторонний *контракт*, в соответствии с которым обе стороны в каждый момент модельного времени должны получать фиксированную добавленную стоимость в заданном неизменном размере $a \in (0; 1]$.

Каждому агенту i в каждый момент модельного времени $t \in [0; T]$ приспаны переменные $l_{ij} \in [0; 1]$, характеризующие его *добросовестность*, т. е. склонность к невыполнению или, наоборот, перевыполнению (когда $l_{ij} > a$) контрактных обязательств перед контрагентом j .

Агенты исполняют условия договоров в форме *транзакций*, причем результаты транзакции в общем случае отличаются от условий договора. Транзакция между агентами i и j , где $j \neq i$, описывается добавленной стоимостью, получаемой каждой из сторон, в размерах соответственно α_{ji} и α_{ij} . Размеры эти выбираются из непрерывного распределения вероятностей, заданного на интервале $[0; 1]$, математическое ожидание которого равно соответственно l_{ji} и l_{ij} . Таким образом, отклонение l_{ji} от a обусловлено добросовестностью агента j , тогда как отклонение α_{ji} от l_{ji} вызвано случайными факторами, не зависящими от переменных модели.

Каждый агент в каждый момент модельного времени обладает некоторым мнением (суждением). Оно характеризуется переменной $\mu_i \in [0; 1]$. Эта переменная интерпретируется как мера *истинности* мнения агента, проявляющаяся в его хозяйственной деятельности:

- при единичном значении хозяйственная деятельность данного агента заведомо приносит результат, в точности равный запланированному;
- при нулевом – остается совершенно безрезультатной;
- иные значения меры истинности приводят к результату в соответствующей доле от запланированного⁵.

⁴ В варианте модели, описанном в статье [Светлов 2026], агент на каждом шаге модельного времени заключает и исполняет только один контракт со случайным контрагентом. На свойства, существенные для цели исследования, это различие не влияет. Прежняя спецификация, навеянная моделями выбора контрагентов, дает основу будущим моделям, где вероятность заключения контракта будет зависеть от доверия контрагентов друг к другу.

⁵ Подразумевается натуральная мера продукта.

От конкретного содержания хозяйственной деятельности, от семантики мнения, от исхода транзакций между агентами результат (понимаемый как доля от запланированного выпуска) не зависит. Он всецело определяется мерой истинности мнения агента, что позволяет нам освободить модель от содержательного описания хозяйственной деятельности, мнений и транзакций. Интерпретация μ_{it} как меры истинности используется только при исчислении инфляции (см. ниже).

Любая транзакция обладает двумя косвенными эффектами⁶.

Первый – изменение уровня ДкИИ, т. е., в данном случае, *доверия* агента i к мнению своего контрагента. В момент $t = 0$ задана начальная матрица доверия $C_0 = (c_{ij0})$, $c_{ij0} \in [0; 1]$, $c_{iio} = 1$. Чем больше c_{ijt} , тем более восприимчив агент i к мнению агента j в момент t . Если эта пара агентов осуществила транзакцию, то к следующему моменту времени мера доверия каждого из двух агентов к своему контрагенту корректируется согласно заданной функции $c_{ij,t+1} = f_c(c_{ijt}, \alpha_{ijt}, a)$ в направлении единицы, когда выручка данного агента в результате транзакции превосходит a , или к нулю – в противном случае.

Второй – изменение уровня добросовестности по отношению к контрагенту. Оно происходит аналогично изменению уровня доверия, но с использованием функции $l_{ij,t+1} = f_l(l_{ijt}, \alpha_{ijt}, a)$. Начальная матрица добросовестности $L_0 = (l_{ij0})$ задана.

По завершении всех транзакций, относящихся к шагу t , агенты корректируют свои мнения в меру своего доверия другим агентам согласно еще одной заданной функции $\mu_{i,t+1} = f_\mu\left(\left(\mu_{jt}\right)_{j=1}^n, \left(c_{ijt}\right)_{j=1}^n\right)$, к которой предъявляются следующие требования: множество ее значений представляет собой отрезок $[0; 1]$; чем выше доверие к агенту j , тем ближе, *ceteris paribus*, $\mu_{i,t+1}$ к μ_{jt} , если $c_{ijt} < s$, где $s \in [0; 1]$ – заданный параметр (порог игнорирования), то значение функции не зависит от меры истинности мнения агента j .

Главный предмет интереса – это динамика *валовой добавленной стоимости* (далее – ВДС) в моделируемой системе – номинальной и в особенности реальной. Номинальная ВДС $v_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ijt}$ определяется результатами всех транзакций на шаге t . Роль истинности мнений проявляется в том, что прирост совокупного общественного благосостояния, или реальная ВДС, вычисляемая по формуле $w_t = \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \mu_{jt}\right) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ijt}\right)$, оказывается (за исключением тривиального случая) меньше номинальной, т. е. подвержена инфляции: результаты функционирования экономики оказываются тем хуже, чем более глубоким заблуждением оказываются (в среднем) мнения агентов.

Ряд переменных w_t отражает динамику полезного хозяйственного результата моделируемой экономики; отношений w_t/v_t – эволюцию мнений (с позиций их близости к «истине»), а заодно и продуктивности экономики, которая в данной формализации тождественно равна средней истинности мнений; матриц C_t – эволюцию ДкИИ; матриц L_t – эволюцию добросовестности. Таким образом, изложенный выше формализм, вопреки своей простоте, оказывается довольно богатым в содержательном отношении. Отсюда широкие перспективы создания спецификаций модели для изучения разнообразных хозяйственных систем, динамика которых взаимозависима с ДкИИ.

Обратная связь между w_t/v_t и μ_{it} разорвана в модели умышленно. Логика здесь в том, что каждый агент склонен считать «виновниками» разрыва между реальной и номинальной ВДС других агентов, придерживающихся якобы «неправильных» мнений⁷. Поэтому агенты нечувствительны к данному сигналу.

⁶ В статье [Светлов 2026] предусматривается только первый из них. Уровень добросовестности каждого агента остается инвариантом на протяжении модельного времени.

⁷ Даже если агент допускает, что заблуждается он сам (среди прочих), – он не знает, как следует изменить свое мнение, чтобы приблизиться к истине.

Результаты компьютерных экспериментов

Модели, подобные описанной выше, в известных границах допускают аналитическое исследование. Таковое предпринято в статье [Светлов 2026], и полученные при его помощи результаты остаются в силе (с некоторыми оговорками, мало влияющими на суть дела) и в данной работе. Здесь мы сосредоточимся на тех свойствах модели, которые удалось выявить при помощи компьютерных экспериментов. Из их числа уделим внимание – в большей или меньшей степени – лишь трем, отобранным по критерию наглядности результатов, но не отличающимся в качественном отношении от остальных. Их можно рассматривать как типичные экземпляры соответствующей генеральной совокупности исходов потенциально возможных экспериментов. Возможно, они не исчерпывают все многообразие свойств моделируемого объекта, но раскрывают самые характерные из их числа.

Условия, общие для всех трех экспериментов, следующие.

1) Число агентов $n = 50$.

2) Модельное время завершается шагом $T = 150$.

3) Начальные значения мер истинности мнений:

$$\mu_{i0} \sim B(1,2109; 0,3027)/0,7 + 0,3.$$

Здесь и далее $B(\cdot, \cdot)$ – функция бета-распределения вероятностей.

4) Начальные значения уровней добросовестности:

$$l_{ij0} \sim B(2,24; 2,24)/0,6 + 0,4 \quad \forall i \neq j; c_{i0} = 1.$$

5) Предусмотренная контрактом добавленная стоимость $a = 0,99$.

6) Начальный уровень ДкИИ $c_{ij0} = 0,6$.

7) Пересмотр мнений μ_{it} происходит по правилу, принятому в статье [Светлов 2026]. Параметр консерватизма принят равным 0,9, порог игнорирования – 0,7.

8) Пересмотр ДкИИ, т. е. c_{ijt} , также происходит по соответствующему правилу из статьи [Светлов 2026].

9) Пересмотр добросовестности l_{ijt} происходит аналогично ДкИИ, но параметр a в алгоритме пересмотра замещается параметром s чувствительности ДкИИ к исходу транзакции, который принят равным 0,5: если добавленная стоимость, выручаемая агентом в результате транзакции, превосходит это значение, то его добросовестность по отношению к контрагенту возрастает, и наоборот⁸.

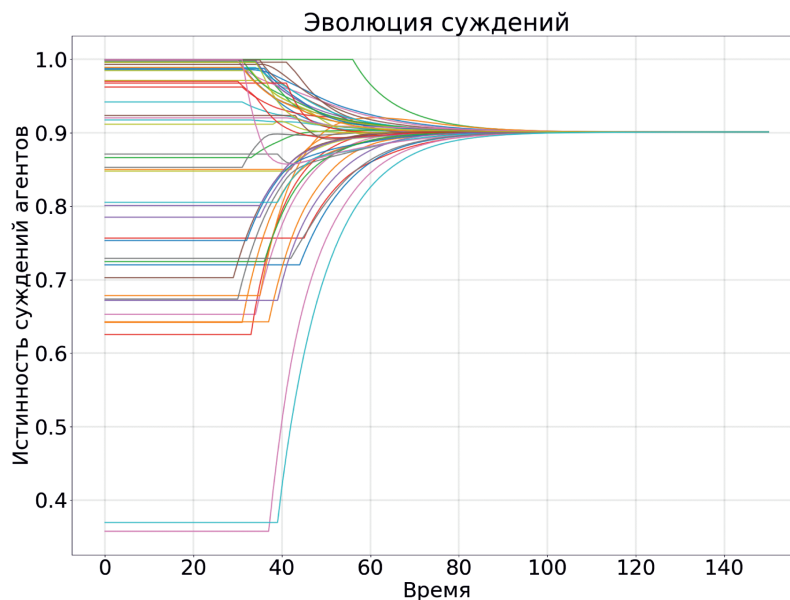
10) Добавленная стоимость от транзакции α_{ijt} выбирается из бета-распределения вероятностей с матожиданием l_{jit} и заданной фиксированной дисперсией 0,05. Если $l_{jit} > 2 \cdot 10^{-7}$, то принимается $\alpha_{ijt} = 1$.

Второй эксперимент отличается от первого только начальными значениями переменных. Третий отличается от обоих предшествующих, помимо начальных значений, особенностями агентов $i \in \{1,2\}$. Эти два агента ни при каких обстоятельствах не меняют мнение: $\mu_{1t} \equiv 1$, $\mu_{2t} \equiv 0,3$. Также для них принято $l_{1j0} = l_{2j0} = 1$.

К моменту T в первом эксперименте значение w_t/v_t составило 0,9012. Меры истинности мнений отдельных агентов практически не отличаются от этой величины (рис. 1). В динамике мнений можно выделить четыре фазы: накопление доверия (примерно 30 шагов); кластеризация мнений агентов (следующие 15–20 шагов); конвергенция кластеров (между завершением кластеризации и шагом 100); и почти стационарная динамика (последние 50 шагов). *На первой фазе* уровень ДкИИ ниже порога игнорирования, и каждый агент остается при своем мнении. Доверие при этом нарастает почти монотонно в силу выбранного правила пересмотра уровня добросовестности. *На второй фазе* вокруг агентов, пользующихся наибольшим средним доверием, формируются кластеры агентов со схожими мнениями. На рисунке 1 сами кластеры раз-

⁸ При выбранных параметрах исходы транзакций, при которых добавленная стоимость оказывается меньше s , редки, в силу чего добросовестность, как правило, возрастает с течением времени. Другими словами, когда контрагенты злоупотребляют доверием агента не чрезмерно (скажем, в мере, которую можно списать на форс-мажор), агент, в свою очередь, старается не злоупотреблять их доверием.

личить трудно, но они хорошо видны в правой части рисунка 2: выделяются кластер «16 агентов в интервале мер истинности от 0,767 до 0,884» и кластер «28 агентов с мерой истинности, превосходящей 0,895». На третьей фазе тенденция сокращения различий между кластерами преобладает над возникновением кластеров, и в итоге все кластеры сливаются в один: начинается четвертая фаза, когда все агенты придерживаются практически одного и того же мнения – даже те, кто ранее был ближе к истине (в ее прикладном понимании).



Каждая из 50 линий соответствует одному агенту

Рис. 1. Пример эволюции мнений⁹
 Fig. 1. An Example of Views Evolution

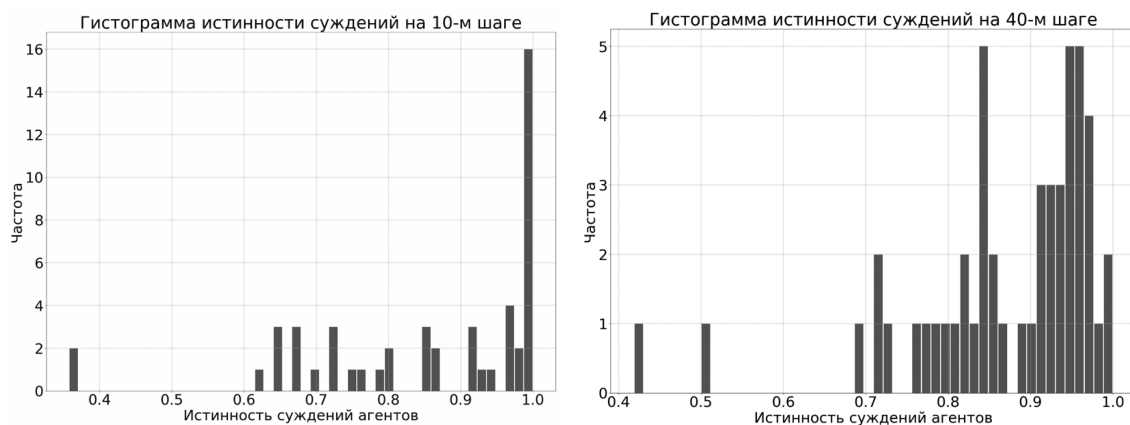
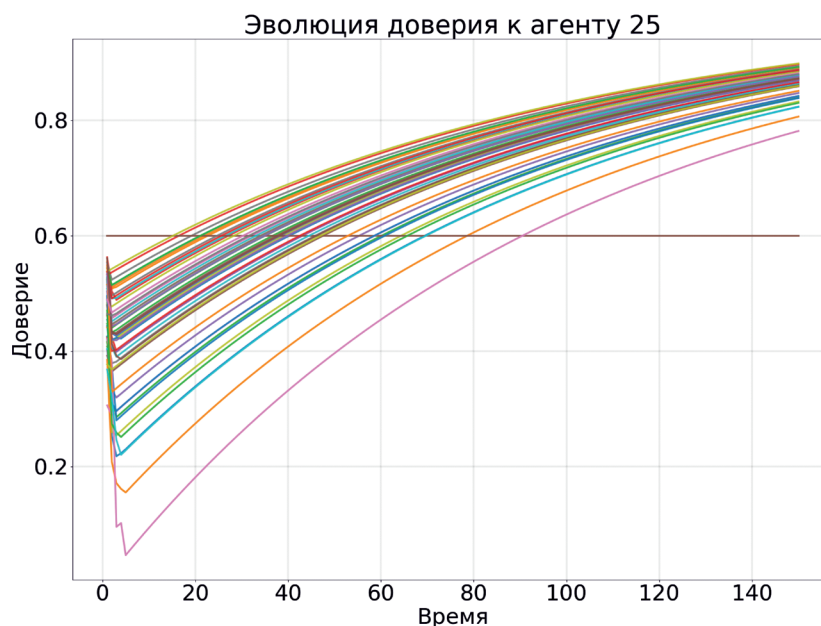


Рис. 2. Эволюция гистограмм мер истинности агентов¹⁰
 Fig. 2. The Evolution of Histograms of Agents' Veracity Assessments

⁹ Источник: результаты компьютерного эксперимента 1.

¹⁰ Источник: результаты компьютерного эксперимента 1.



Каждая из 49 кривых соответствует одному агенту

Рис. 3. Пример динамики ДкИИ¹¹

Fig. 3. An Example of How Trust in Information Sources Fluctuates

Рисунок 3 отображает динамику доверия к одному из агентов со стороны всех остальных. В ней преобладает (в данном эксперименте) монотонный рост, что объясняется сравнительной редкостью ситуаций $\mu_{ijt} < a$ при выбранных условиях компьютерного эксперимента. Лишь в самом начале выделяется период, когда уровень доверия к некоторым агентам по преимуществу снижается из-за частого выполнения неравенства $l_{ijt} < a$. Оба эти эффекта – и снижение ДкИИ на первых нескольких шагах, и его последующий рост – не имманентны системе. Они обусловлены выбранными значениями параметров.

На способность генерировать экономический эффект мнения влияют напрямую, а ДкИИ – через посредство эволюции мнений. Обратимся к рисунку 4, который описывает именно эту способность. Каждая точка на линии означает среднегодовую реальную ВДС за весь предшествующий период. Здесь мы видим, что при выбранных параметрах компьютерного эксперимента система, несмотря на отсутствие какого-либо встроенного механизма «экспериментальной» проверки истинности мнений, способна демонстрировать растущий эффект. На ранних этапах это происходит в основном благодаря тому, что агенты постепенно «отучаются» от недобросовестности, поскольку воспринимают результаты большинства транзакций как соответствующие их ожиданию с учетом неконтролируемых рисков (выражаемых разницей между a и s); на поздних – за счет того, что мера истинности согласованного мнения устанавливается на уровне выше средней истинности мнений за предшествующие периоды.

В конце 3-го «десятилетия» модельного времени на левом графике рисунка 4 отмечается скачкообразный рост второй производной по времени, разбивающий всю динамику на период, когда агенты, верные своему исходному мнению, в системе все еще имеются, и период, когда таковых не остается. В этот момент темпы роста реальной ВДС одномоментно возрастают, после чего возвращаются к замедляющейся положительной динамике, которая определяется процессом с положительной обратной связью. Именно, если к началу четвертой фазы накоплен «капитал добросовестности», достаточный для того, чтобы математическое ожидание исхода транзакции в целом по популяции агентов превосходило a , то добросовестность будет почти наверное накапливаться каждым агентом и далее, асимптотически приближаясь к единице. Как след-

¹¹ Источник: результаты компьютерного эксперимента 1.

ствие, реальная ВДС продолжает рост, причем, в силу стабилизации мнений, почти исключительно за счет роста номинальной.

В противном случае формируется кумулятивный процесс утраты добросовестности (потенциально вплоть до нуля), что приводит к тенденции снижения реальной ВДС за счет снижения номинальной (правый график рис. 4). Такая ситуация сложилась в эксперименте 2, который проведен при тех же условиях, что и первый, – различия всецело обусловлены случайными факторами.

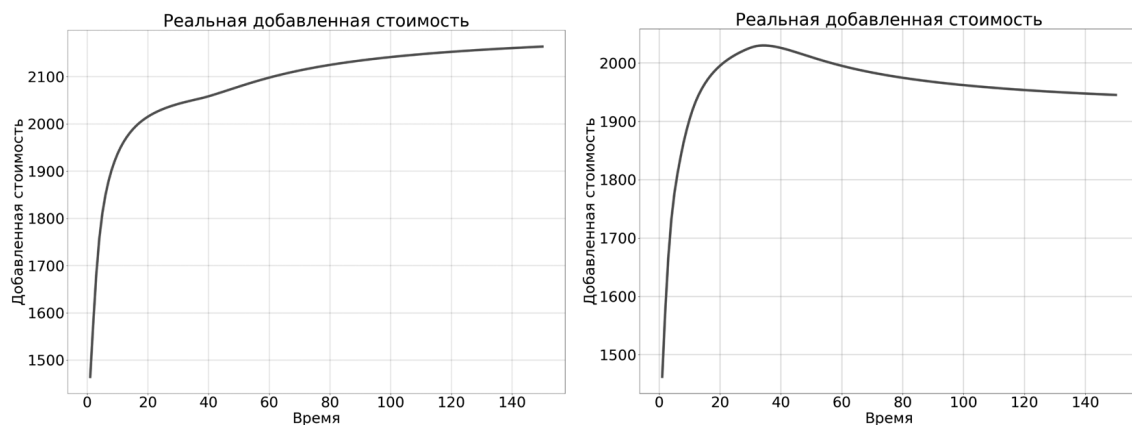
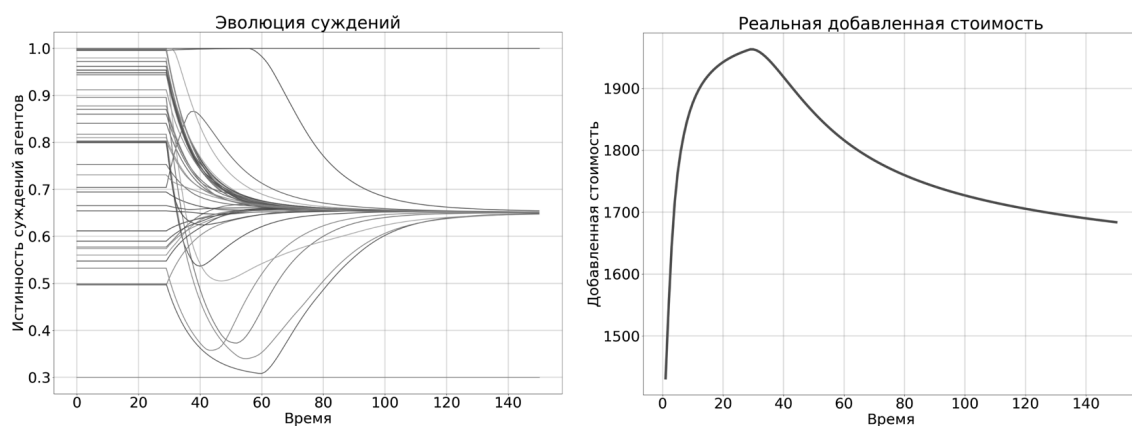


Рис. 4. Примеры динамики реальной среднегодовой ВДС¹²
 Fig. 4. Illustrations of the Dynamics of the Real Average Annual GAV

Эксперимент 3 нацелен на проверку гипотезы о том, что наличие в системе самоуверенных агентов, не меняющих свое мнение в принципе, несовместимо с конвергенцией мнений остальных агентов. Предполагалось формирование двух устойчивых кластеров вокруг мнения каждого из двух «упрямцев». Результаты показали, что эта гипотеза несостоятельна (рис. 5). Конвергенция замедляется, но все равно приводит всех агентов, кроме самоуверенных (которым на рис. 5 соответствуют горизонтальные линии), к согласованному мнению. Замечательно, что аттрактор конвергенции оказывается вблизи (в данном эксперименте – выше на величину порядка сотой) среднего арифметического мер истинности мнений этих двоих. Предшествующие мнения остальных агентов очень слабо влияют на этот исход.



На левом графике каждая из 50 линий соответствует одному агенту

Рис. 5. Пример эволюции мнений и динамики реальной среднегодовой ВДС при наличии двух самоуверенных агентов¹³

Fig. 5. An Example of the Trajectory of Sentiments and the Dynamics of the Real Average Annual GAV in the Context of Two Overconfident Agents

¹² Источник: результаты компьютерного эксперимента 1 (слева) и 2 (справа).

¹³ Источник: результаты компьютерного эксперимента 3.

Хотя динамика реальной ВДС не обязана становиться убывающей, как на рисунке 5, при условиях эксперимента 3 такой исход очень редок. В проведенных экспериментах мы его не наблюдали.

Вопрос о том, возможно ли возникновение устойчивых кластеров вокруг мнений самоуверенных агентов в каких-либо частных случаях, остается открытым. Автору такую динамику пока получить не удалось.

Обсуждение результатов

Вернемся к большим языковым моделям. Чему же нас учит предложенный подход в приложении к инвестиционному буму вокруг них?

Во-первых, тому, что на этом рынке, вероятно, будут формироваться кластеры инвесторов, придерживающихся различных мнений о перспективах этой технологии и выбирающих соответствующие инвестиционные стратегии. Количество кластеров и различия между ними будут определены волей случая, а именно начальным распределением мнений и эволюцией ДкИИ. С течением времени, в отсутствие поддающихся надежной проверке новостей, различия между такими кластерами будут сокращаться вплоть до формирования доминирующего консолидированного мнения.

Во-вторых, тому, что процессы на этих рынках, как правило, имеют определенную временную структуру, в которой можно выделить по крайней мере три фазы, описанные выше. Стационарная фаза в реальности вряд ли наступит из-за появления на реальных рынках источников новых мнений.

В-третьих, тому, что такие рынки могут (хотя и не обязательно) демонстрировать положительную динамику эффективности (performance) вопреки тому, что механизмы обратной связи («штрафа» за ошибочное мнение) на них почти не работают (ведь этот «штраф» возникает с лагом, почти равным сроку жизни рынка). Позитивная динамика может сложиться отчасти благодаря случаю, отчасти – вследствие закономерного ослабления мотивов к недобросовестному поведению, если тому благоприятствуют начальные микропараметры рынка.

В-четвертых (и это, наверное, главное) – тому, что ожидания, сформировавшиеся в ситуации, когда информация, нужная для их объективной верификации, не может существовать, оказываются едва ли не главным фактором обесценивания их материальных носителей – бондов. Расхождение между результатами, которых удастся достичь, и обязательствами, которые в таких условиях берут на себя поставщики БЯМ, может иметь инфляционные последствия. На это центральным банкам придется отреагировать масштабными мерами по связыванию денежной массы, поступившей на рынки под обеспечение этими бондами. *Случайность* при кластеризации и конвергенции мнений оказывается важным фактором масштаба возникающего пузыря: если на рынке доминируют мнения, случайно оказавшиеся близкими к истине, то пузырь остается в пределах привычного инвестиционного риска, в противном же случае он может разрастись до опасных размеров¹⁴. Отсюда вытекает одно из направлений дальнейшего развития модели: наделение агентов мотивацией к манипуляции контрагентами в процессе транзакций, т. е. к дезинформации о своем собственном мнении.

Из вышесказанного следует, что современный рынок инвестиций в БЯМ – это рынок, на котором быстро сформировался доминирующий кластер оптимистов благодаря «ваку-эффекту», связанному с появлением первой удачной реализации архитектуры трансформера и поддержанному усилиями компаний – разработчиков БЯМ. Об истинности мнений, свойственных представителям этого кластера, ничего сказать нельзя:

¹⁴ Интересно, что формирование рынка БЯМ могло на начальном этапе дать сильный контринфляционный эффект вследствие перетока денежных средств мелких инвесторов на счета разработчиков БЯМ, что замедляло оборот, и конкуренции разработчиков БЯМ за коммерческие кредиты, приводящей к удорожанию последних. Но в этом отношении БЯМ не выделяются в ряду других объектов вложений ничем, кроме масштабов рынка.

каждый судит о них, опираясь на ту фрагментарную и непроверенную информацию, которой он владеет, а полной и достоверной не владеет никто.

Между тем масштаб финансовых последствий, связанных с неустранимой недостаточностью информации при вложениях в БЯМ, зависит, как показывает данная модель, именно от этого. Хотя пик инвестиций в БЯМ был пройден в 2021 году (см.: [Большие ... 2025, с. 3]), за 2024-й их поток составил 131,5 млрд долл. США (см.: [Там же, с. 2]). Если средняя мера истинности мнений инвесторов, действующих на этом рынке, составит 90 %, то соответствующая оценка прироста пузыря на этом рынке за тот же период окажется равной $(131,5 \cdot (1 - 0,9)) = 13,2$ млрд долл. Если же средняя мера истинности снизится до 50 % – то она составит 65,8 млрд долл. Каков размер расхождения между номинальной и реальной отдачей на самом деле – покажут предстоящие события.

Перспективы применения разработанного подхода

Разработанная формализация может найти применение при анализе других рынков вложений в разработку инновационных продуктов или услуг, для которых имеет силу главное предположение: принципиальное отсутствие у инвесторов возможности обратиться к объективной оценке перспектив успешного завершения разработки. В этом смысле предложенная модель – это основа последующего системного анализа подобных рынков, т. е. процедуры, извлекающей новое знание об исследуемом объекте:

- 1) из обнаружения расхождений между свойствами модели, выявляемыми аналитически или экспериментально, и наблюдаемыми свойствами объекта;
- 2) осмысления и формализации гипотетических причин таких расхождений;
- 3) совершенствования модели на этой основе;
- 4) возвращения к пункту 1.

Укажем, что будет целесообразно сделать для видоизменения модели в ходе системного анализа. Во-первых, допустить возможность получения агентом i информации о добросовестности других агентов не только из транзакций с его непосредственным участием. Во-вторых, предусмотреть возможность выбора тех контрагентов, кто заслуживает большего доверия. Это, быть может, на второй фазе вытеснит кластеризацию агентов по признаку сходства мнений кластеризацией на основе взаимного доверия. Подобный вариант позволит в дальнейшем обогатить модель новым источником доверия – показателями инфляции в каждом кластере. В-третьих, сделать a переменной величиной и ввести связь (корреляционную или функциональную) между нею и ДкИИ. В-четвертых, уйти от информационно закрытой модели, введя в нее источники мнений помимо транзакций (образование, наука, СМИ и т. п.). Такая модификация позволит с новых позиций подойти к вопросу об оптимальном (в коммерческом смысле) финансировании науки. В дальнейшем ее можно дополнить предположением, что мнения с течением времени деградируют: мера их истинности падает из-за появления новых мнений, ведущих к лучшим практическим результатам. В этом случае транзакции с контрагентами-учеными, не создающие напрямую добавленной стоимости для агентов и оттого невыгодные в краткосрочной перспективе, дают возможность преодолеть эту тенденцию. В-пятых, можно ввести стратегическое поведение агентов при выборе параметра l_p , в том числе с использованием инструментов машинного обучения, для чего агентам потребуется наделить межвременными предпочтениями.

Может оказаться востребованной иная формализация меры истинности мнения. При нынешней агенты, у которых μ_{ii} существенно превосходит аналогичную характеристику мнений большинства других агентов, практически обречены эволюционировать в направлении снижения истинности своего мнения. На деле это не обязательно даже в информационно замкнутой хозяйственной системе. Если, например, от одномерного описания мнения перейти к его представлению в форме точки в гиперкубе $[0; 1]^n$, допустив, что наилучшему мнению соответствует внутренняя точка этого гиперкуба, то эволюция в направлении к истине возможна даже под влиянием далеких от нее мнений. Возможно, окажется достаточным сохранить одномерное представле-

ние мнений, приняв, что истине (т. е. наибольшей результативности) соответствует не единичное значение μ_{it} , а некоторое значение, лежащее между нулем и единицей.

Хотя отсутствие в модели обратной зависимости мнений агентов от разницы между номинальной и реальной ВДС имеет под собой вполне весомый аргумент, применительно к реальной экономике оно все же остается гипотезой. Поэтому свойства систем, в которых подобного рода обратная связь допускается, безусловно, тоже заслуживают внимания исследователей – особенно с точки зрения конструирования механизмов такой обратной связи.

Предложенная формализация в ее нынешнем, крайне упрощенном виде дает сравнительно мало материала для эмпирической проверки теории, положенной в ее основу. Наличие в динамике моделируемого рынка четырех фаз, предсказываемых моделью, напрямую проверить невозможно, так как меры истинности мнений принципиально ненаблюдаемы. Вдобавок каждая из первых двух фаз необязательна, а четвертая на практике не достигается. Быть может, в будущем удастся обнаружить наблюдаемые аппроксиматоры, которые позволят в некоторых случаях идентифицировать фазы динамики, или построить эмпирические спецификации, в которых ненаблюдаемую меру истинности мнений удастся восстановить, исходя из наблюдаемых переменных.

Другое предсказание связано с динамикой технической эффективности агентов, действующих на рынках данного класса: вследствие конвергенции мнений динамика оценок технической эффективности, полученных по «сиюминутной» границе производственных возможностей, будет возрастающей, а дисперсия таких оценок будет иметь снижающийся тренд. Напротив, оценки технической эффективности по границе производственных возможностей, построенной на момент зарождения рынка (на фазе накопления доверия), с течением времени будут падать, так как носители мнений, наиболее близких к истине, будут отказываться от них в пользу более «общепринятых»; притом тренд на сокращение дисперсии технической эффективности будет наблюдаться и в этом случае. Это предсказание сравнительно несложно проверить, но даже если оно подтвердится, ему могут найтись альтернативные объяснения.

Более продуктивным приложением разработки, изложенной выше, может стать совершенствование прикладных агент-ориентированных социально-экономических моделей: те взаимосвязи, которые отражены в предложенном теоретическом описании, но ранее не учитывались разработчиками таких моделей, могут оказаться существенными для повышения их адекватности.

Выводы

Проведенное исследование мотивировано осмыслением специфических информационных процессов, опосредующих принятие решений об инвестициях в разработку больших языковых моделей. Предложен способ преодоления методологической трудности формализации доверия к источникам информации для целей системного анализа коэволюции экономики, мнений, добросовестности и доверия. Способ основан на сопряжении транзакций с обменом мнениями и связывании исхода транзакций с изменениями в доверии. Все разнообразие мнений предложено свести к единственной мере – истинности, понимаемой как практическая результативность. Широкий спектр возможностей адаптации модели к нюансам тех или иных рынков вложений в создание инновационных продуктов или услуг свидетельствует о значительном исследовательском потенциале предложенной формы.

На основе проведенных исследований:

– предсказано наличие четырех качественно различающихся фаз в динамике рынка вложений в БЯМ;

– показано (в границах принятых предположений и данных проведенных компьютерных экспериментов), что эффекты формирующейся финансовой динамики на рынке вложений в БЯМ не поддаются измерению в безусловной форме: они зависят от ряда

случайных факторов, главный из которых – начальное распределение истинности мнений участников рынка;

– даны теоретические предсказания, потенциально поддающиеся проверке, и отмечены трудности, с которыми такая проверка столкнется;

– разработчикам прикладных агент-ориентированных моделей рекомендовано привлечь во внимание предложенный принцип описания мнений и ДкИИ.

Важным представляется феномен бифуркации траектории добросовестности: в зависимости от случайностей, складывающихся на первых трех фазах, при одних и тех же начальных параметрах ее аттрактор может оказаться равным единице или нулю для каждого агента. Этот феномен требует разработки подходов к его эмпирической проверке и может оказаться более реалистичным, по сравнению с иными, объяснением наблюдаемого парадокса: одни национальные экономики устойчиво растут, а другие столь же устойчиво стагнируют, невзирая на сопоставимое конкурентное положение.

Список источников

- Большие языковые модели генеративного ИИ: от штучных изделий к стандартизированному товару. Росконгресс, 2025. 20 с. URL: <https://clck.ru/3SqnLV> (дата обращения: 30.03.2026).
- Варшавский Л. Е. Моделирование влияния искусственного интеллекта на динамику показателей крупных компаний (на примере компаний-гиперскейлеров) // *Цифровая экономика*. 2025. № 4 (34). С. 18–23. DOI 10.34706/DE-2025-04-02.
- Варшавский Л. Е. Социально-экономические проблемы, связанные с технологиями ИКТ и искусственного интеллекта // *Концепции*. 2018. № 1 (37). С. 53–63. EDN VJXWIC.
- Голиченко О. Г. Методология построения и измерения инновационных траекторий: инструментарий и его применение // *Друкеровский вестник*. 2024. № 5 (61). С. 20–49. DOI 10.17213/2312-6469-2024-5-20-49.
- Дементьев В. Е. Институциональные возможности направленного технологического развития искусственного интеллекта // *Журнал институциональных исследований*. 2025. Т. 17, № 2. С. 56–67. DOI 10.17835/2076-6297.2025.17.2.056-067. EDN LBGBNK.
- Институциональные и технологические факторы экономического развития в современных условиях : монография / В. Е. Дементьев, Н. М. Светлов, В. Л. Устюжанин [и др.] ; под ред. А. Г. Петрова, Е. В. Устюжаниной. М. : Русайнс, 2025. 248 с.
- Козырев А. Н., Неволин И. В. Социальный кредит в Китае: Обзор // *Цифровая экономика*. 2019. № 3 (7). С. 70–74. DOI 10.34706/DE-2019-03-09. EDN JTZHND.
- Кристенсен К. М. Дилемма инноватора: как из-за новых технологий погибают сильные компании / пер. с англ. Т. Овсенева. М. : Альпина бизнес букс, 2004. 239 с.
- Макаров В. Л. Социальное моделирование набирает обороты // *Экономика и математические методы*. 2013. Т. 49, № 4. С. 5–17. EDN RIOKGT.
- Моисеев Н. А., Трындына Н. С. Применение регрессионного анализа для моделирования уровня доверия в обществе // *Плехановский научный бюллетень*. 2023. № 1 (23). С. 149–159.
- Оверби Х., Одестад Я. А. Цифровая экономика: как информационно-коммуникационные технологии влияют на рынки, бизнес и инновации / пер. с англ. И. М. Агеевой и Н. В. Шиловой ; под науч. ред. М. И. Левина. М. : Изд. дом «Дело» РАНХиГС, 2022. 288 с.
- Полтерович В. М. Позитивное сотрудничество: факторы и механизмы эволюции // *Вопросы экономики*. 2016. № 11. С. 5–23. DOI 10.32609/0042-8736-2016-11-5-23.
- Светлов Н. М. Динамическая агентная модель поиска деловых связей // *Стратегическое планирование и развитие предприятий : материалы XXI Всероссийского симпозиума, Москва, 10–11 ноября 2020 года*. М. : ЦЭМИ РАН, 2020. С. 292–294. DOI 10.34706/978-5-8211-0783-1-s2-30.
- Светлов Н. М. Недооценка информационных издержек: причины и следствия // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2021. № 6. С. 148–162. DOI 10.26897/0021-342X-2021-6-148-162.

- Светлов Н. М. Обусловленность доверия верностью обязательствам: модель и некоторые следствия // Стратегическое планирование и развитие предприятий : материалы XXVII Всероссийского симпозиума. Москва, 14–15 апреля 2026 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г. Б. Клейнера. М. : ЦЭМИ РАН, 2026. С. 259–266. DOI 10.34706/978-5-8211-0837-1-S1-44. EDN KCHYRV.
- Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов : пер. с англ. М. : Изд-во социально-экономической литературы, 1962. 677 с.
- Трындына Н. С. Анализ подходов к оценке уровня доверия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия : Экономика и управление. 2023. № 1. С. 20–34. DOI 10.17308/econ.2023.1/10962.
- Трындына Н. С., Устюжанина Е. В. Доверие как экономическая категория: подходы к классификации и систематизации // Креативная экономика. 2023. Т. 17, № 1. С. 39–54. DOI 10.18334/ce.17.1.116590. EDN FHODGJ.
- Устюжанина Е. В., Трындына Н. Взаимовлияние различных видов доверия в российском обществе // Экономика и математические методы. 2023. Т. 59, № 4. С. 5–18. DOI 10.31857/S042473880028215-5. EDN MEVLVR.
- Acemoglu D., Johnson S. Learning From Ricardo and Thompson: Machinery and Labor in the Early Industrial Revolution and in the Age of Artificial Intelligence // Annual Review of Economics. 2024. Vol. 16. P. 597–621. DOI 10.1146/annurev-economics-091823-025129.
- Agrawal A., Gans J., Goldfarb A. Economic Policy for Artificial Intelligence // Innovation Policy and the Economy. 2019. Vol. 19 (1). P. 139–159. DOI 10.1086/699935.
- Álvarez C., Fernández A. Network Formation: Heterogeneous Traffic, Bilateral Contracting and Myopic Dynamics // arXiv. Submitted on 26.03.2012. DOI 10.48550/arXiv.1203.5715.
- Arcaute E., Johari R., Mannor S. Network Formation: Bilateral Contracting and Myopic Dynamics // IEEE Transactions on Automatic Control. 2009. Vol. 54, no. 8. P. 1765–1778. DOI 10.1109/TAC.2009.2024564.
- Kaskiris C., Jain, R., Rajagopal R., Varaiya P. Combinatorial Auction Bandwidth trading: An Experimental Study // Developments on Experimental Economics / ed. by S. H. Oda. Berlin : Springer. 2007. (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (vol. 590)). P. 181–186. DOI 10.1007/978-3-540-68660-6_17.
- Khodyakov D. Trust as a Process: A Three-Dimensional Approach // Sociology. 2007. Vol. 41, no. 1. P. 115–132. DOI 10.1177/0038038507072285. EDN JPVMBL.
- Latussek D., Olejniczak T. Development of Trust in Low-Trust Societies // Polish Sociological Review. 2016. Vol. 195 (3). P. 309–325.
- Predin J. M. Why OpenAI Is Courting Private Equity In Its AI Race Against Anthropic // Forbes. 2026. March 23. URL: <https://www.forbes.com/sites/josipamajic/2026/03/23/openai-offers-private-equity-firms-a-175-guaranteed-return-to-win-the-enterprise-ai-race-against-anthropic/> (access date: March 26, 2026).
- Svetlov N. Can farmers earn from selling their data? A theoretical framework // Digital Transformation – Towards Sustainable Food Value Chains in Eurasia (24–26 June 2020). Halle (Saale), Germany : IAMO, 2020. DOI 10.2139/ssrn.3240669.
- Walras L. Éléments d'économie politique pure ou, Théorie de la richesse sociale. 3e édition. Lausanne, 1896. 495 p.

Информация об авторе

Николай Михайлович Светлов, д-р экон. наук, профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник отделения макроэкономики и моделирования региональных систем, ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН» (Москва, Россия).

Information about the author

Nikolay M. Svetlov, Dr. Sci. (Economics), Prof., corresponding member of RAS, Chief Researcher at the Department of Macroeconomics and Regional Systems Modeling, the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences (the CEMI, RAS) (Moscow, Russia).

*Статья поступила в редакцию | Submitted 07.04.2026.
Одобрена после рецензирования | Revised 20.04.2026.
Принята к публикации | Accepted 20.04.2026.*