

Экспансия единорогов: моделирование распространения уникальных стартапов

Бесма Теффахи

Старший преподаватель, basma.toufahi@esct.uma.tn

Ламия Буазиз

Старший преподаватель, lamia.bouaziz@esct.uma.tn

Высшая школа коммерции Туниса (École Supérieure de Commerce de Tunis, ESCT), Университет Мануба (University of Manouba), Тунис, ThEMA_LR16ES10, Campus universitaire Manouba, 2010, Tunisia

Аннотация

Стартапы-единороги стали символом предпринимательского успеха, драйверами инноваций и создания богатства. В круг стран с развитой культурой предпринимательства и значительной концентрацией единорогов входят ведущие мировые экономики: США, Китай, Индия, Великобритания, Германия, Франция, Нидерланды и Швеция. Наибольшее распространение эти компании получили в секторах финтеха, здравоохранения и транспорта, что делает указанные отрасли наиболее релевантными для анализа. Цель работы — моделирование и прогнозирование экспансии единорогов посредством трех- и четырехпараметрических логистических моделей и сигмоидных моделей роста Гомпертца на базе платформы Dealroom. Устранение пробела в изучении численности единорогов предоставит политикам и инвесторам важные сведения о предельной емкости рынка стартапов данного типа и сроках его насыщения.

Результаты исследования показывают, что модель Гомпертца предлагает оптимистичные оценки уровня насыщения рынка единорогами, тогда как прогнозы логистической модели отличаются большей реалистичностью как по текущим данным, так и согласно прогнозной динамике. Трехпараметрическая модель Гомпертца оптимальна для анализа распространения единорогов в Китае, логистическая трехпараметрическая — для США, Великобритании и всех отраслей, а четырехпараметрическая логистическая наилучшим образом объясняет динамику в Индии, Германии, Франции, Нидерландах и Швеции. Прогнозы указывают, что все изученные страны и секторы, за исключением США и финтеха, достигнут точки насыщения к 2030 г. Данные выводы имеют ключевое значение для стратегического планирования, регулирования, разработки политики и формирования инвестиционных портфелей.

Ключевые слова: стартапы-единороги; диффузия инноваций; прогнозирование; предпринимательская деятельность; логистическая модель; модель Гомпертца

Цитирование: Teffahi B., Bouaziz L. (2025) Modeling and Forecasting the Diffusion of Unicorn Startups. *Foresight and STI Governance*, 19(2), pp. 54–67. <https://doi.org/10.17323/fstg.2025.24447>

Modeling and Forecasting the Diffusion of Unicorn Startups

Besma Teffahi

Assistant Professor, basma.toufahi@esct.uma.tn

Lamia Bouaziz

Assistant Professor, lamia.bouaziz@esct.uma.tn

Higher School of Commerce of Tunis ESCT, University of Manouba, ThEMA_LR16ES10, Campus universitaire Manouba, 2010, Tunisia

Abstract

Unicorn startups have become symbols of entrepreneurial success and fundamental drivers of innovation and wealth creation. This study examines the diffusion process of unicorns across eight countries (the US, China, India, the UK, Germany, France, the Netherlands, and Sweden) and three industries (Fintech, Health, and Transport). The aim of this research is to model and forecast the diffusion of unicorn startups using three- and four-parameter Logistic and Gompertz sigmoid growth models, leveraging data from the Dealroom database. By addressing this research gap, the study seeks to provide valuable information for policymakers and investors regarding the ultimate potential number of unicorns and the time to saturation. The findings indicate that the Gompertz model generates highly optimistic estimates of unicorn saturation levels, while the Logistic model produces more realistic projections for both fitting existing data and forecasting future

trends. Specifically, the three-parameter Gompertz model is suited for analyzing unicorn diffusion in China. The three-parameter Logistic model is appropriate for analyzing unicorn diffusion in the USA, the UK, and all studied sectors. Meanwhile, the four-parameter Logistic model is the best model for explaining unicorn diffusion in India, Germany, France, the Netherlands, and Sweden. The results also reveal that India has the highest estimated speed of unicorn diffusion (97%), while the US exhibits the highest saturation level (6,241 unicorns). Sectoral analysis shows that Fintech has the lowest estimated diffusion speed (43.1%), but the highest saturation level (1,630 unicorns). Our forecasting analyses suggest that all selected countries and sectors — except the US and Fintech — are likely to reach unicorn saturation by around 2030. These findings provide critical insights for planning, regulation, policy formulation, and portfolio decision-making.

Keywords: unicorn startups; innovation diffusion; forecasting; entrepreneurial performance; Logistic model; Gompertz model

Citation: Teffahi B., Bouaziz L. (2025) Modeling and Forecasting the Diffusion of Unicorn Startups. *Foresight and STI Governance*, 19(2), pp. 54–67. <https://doi.org/10.17323/fstg.2025.24447>

За последнее десятилетие понятие «стартап-единорог» — частная компания с капитализацией свыше 1 млрд долл. — стало ассоциироваться с предпринимательским успехом и технологическими инновациями. С момента появления данного термина, предложенного венчурным инвестором Эйлин Ли (Aileen Lee) в 2013 г.¹, численность единорогов в мире увеличивалась экспоненциально: если в 2013 г. их насчитывалось лишь 38, то к началу 2023 г. — уже более 2600.² Несмотря на столь стремительный рост, единороги остаются редким явлением. В частности, в Европе только один стартап из 100, получивших «семенное» финансирование, достигает этого уровня капитализации.³

Единороги рождаются на стыке подрывных технологий и масштабируемых бизнес-моделей. Такие компании трансформируют традиционные отрасли, предлагая более эффективные и доступные, преимущественно цифровые решения (Stadler, 2016; Meek, Cowden, 2023; WIPO, 2023). Рост их числа особенно ускорился после пандемии COVID-19: только в 2021 г., на фоне глобальной цифровизации, высокого предложения венчурного капитала и совершенствования нормативной среды, появились 472 новые компании, достигшие этого статуса. В США почти ежедневно возникал новый единорог, в Индии и Китае — примерно каждые 10 дней, в Германии и Великобритании — раз в две недели, во Франции — ежемесячно, а в Нидерландах и Швеции — каждые два месяца.

Как правило, компаниям в среднем требуется не менее пяти лет для достижения подобного уровня капитализации (Venancio et al., 2023), однако отдельные фирмы, такие как ClickHouse (США), Gorillas (ЕС) и iCarbonX (Китай), достигли статуса единорога менее чем за год, что свидетельствует об исключительной адаптивности ряда предприятий в периоды системных кризисов (Kuckertz et al., 2020; Rodrigues, 2021). Столь стремительный рост ставит вопрос о том, *сохранится ли высокая динамика появления единорогов или рынок уже приближается к стадии насыщения.*

Несмотря на высокий уровень банкротств стартапов и усиливающуюся макроэкономическую волатильность, рост числа единорогов открывает стратегические перспективы и инновационные возможности. Хотя концепция творческого разрушения (Schumpeter, 1943) сохраняет актуальность для анализа потенциала таких компаний, масштаб, скорость их возникновения и пространственная неравномерность распределения остаются недостаточно изученными и теоретически омысленными.

Число исследований ключевых детерминант успеха единорогов продолжает увеличиваться. Например, в работе (Guo, Zhang, 2021) на базе методологии нечеткого сравнительного качественного анализа (fsQCA) подтверждено влияние новых отраслей, благоприятных экосистем, платформенных бизнес-моделей и доступа

к капиталу на развитие таких компаний в Китае. В исследовании (Venancio et al., 2023), охватившем 766 единорогов из 39 стран, отмечается роль инновационного потенциала, инфраструктуры и обеспеченности ресурсами. Анализ мобильности основателей показал, что почти 40% единорогов созданы при участии иностранных предпринимателей (Куценко и др., 2022).

Хотя упомянутые работы содержат ценные идеи и эмпирический материал, в них редко применяются инструменты системного моделирования или оценки распространения единорогов в отдельных странах и отраслях. В ряде публикаций отмечается нелинейный и неравномерный характер их роста, однако анализ часто опирается на неverified данные или описание отдельных бизнес-моделей (Urbinati et al., 2018; Trabucchi et al., 2019). Подобный подход оказывается малоприменимым для расчета будущих тенденций и сравнительного анализа национальных инновационных экосистем.

Целью настоящего исследования является заполнение отмеченного пробела путем моделирования динамики распространения единорогов в восьми странах (США, Китае, Индии, Великобритании, Германии, Франции, Нидерландах, Швеции) и трех ключевых секторах — финтехе, здравоохранении и транспорте. На основе данных платформы Dealroom, отслеживающей общую численность единорогов за 2000–2022 гг., была оценена траектория их роста с помощью трех- и четырехпараметрических логистических моделей и модели Гомпертца. Указанный методологический подход имеет очевидные преимущества, предлагая количественный фундамент для анализа нелинейного роста и прогнозирования точек насыщения.

На рассмотрение вынесены следующие вопросы:

1. Возможно ли эффективное моделирование распространения единорогов с применением моделей с S-образной кривой?
2. Какая из моделей — логистическая трехпараметрическая, четырехпараметрическая или Гомпертца — точнее отражает динамику их экспансии в различных странах и отраслях?
3. Чем отличаются траектории роста единорогов в разных национальных или отраслевых контекстах?
4. Какие факторы обуславливают эти различия?
5. Каковы прогнозируемые точки насыщения и предельные значения численности единорогов в разных странах и секторах?
6. Какие практические рекомендации могут быть предложены инвесторам, политикам и участникам инновационных экосистем?

Вклад исследования в существующий массив публикаций по теме связан со следующими аспектами.

Во-первых, логистические модели роста и модели Гомпертца, которые служат традиционным инструментом анализа диффузии технологий, впервые адаптиро-

¹ <https://techcrunch.com/2013/11/02/welcome-to-the-unicorn-club/>, дата обращения 12.09.2024.

² <https://dealroom.co/>, дата обращения 18.01.2025.

³ <https://2020.stateofeuropeantech.com/chapter/state-european-tech-2020/>, дата обращения 06.02.2025.

ваны для изучения динамики единорогов. В рамках теории диффузии инноваций (*diffusion of innovation theory*) (Rogers, 1962) работа расширяет область применения S-образных кривых с продуктового до организационного уровня. Вопреки утверждениям о несовместимости сигмоидных моделей с экспоненциальным ростом стартапов (Urbinati et al., 2018) результаты демонстрируют, что такие модели адекватно описывают базовую динамику распространения единорогов. При этом в большинстве национальных и отраслевых контекстов логистические модели превосходят модели Гомпертца по точности.

Во-вторых, применение трех- и четырехпараметрических спецификаций позволило смоделировать экспансию единорогов с большей гибкостью и степенью детализации. В ряде работ (Akin et al., 2020; Korkmaz, 2020) отмечается, что четырехпараметрические модели обеспечивают более точные прогнозы в условиях отложенного запуска или раннего насыщения. Полученные результаты подтверждают вывод: четырехпараметрические модели наиболее полно отражают уникальную динамику роста единорогов.

В-третьих, реализованный сравнительный подход учитывает различия между странами и секторами. Соотнесение прогнозируемых траекторий распространения с контекстуальными переменными, такими как интенсивность венчурного капитала, нормативно-правовая среда и предпринимательская мобильность, позволило объяснить, почему в ряде стран (например, в США и Китае) и отраслей (например, в финтехе) единороги распространяются быстрее. Сопоставление позволило также выявить страны и отрасли, приближающиеся к точке насыщения, и те, чей потенциал дальнейшего роста остается значительным.

Полученные результаты представляют практическую ценность для инвесторов, политиков и предпринимателей. Надежные предсказания появления единорогов необходимы при распределении венчурного капитала, формировании инновационной политики и разработке стратегий масштабирования быстрорастущих компаний. В частности, в финтехе насыщение будет достигаться медленнее по сравнению с сектором медицинских технологий и транспортом, что требует дифференцированного подхода к государственной поддержке и инвестиционному планированию. Для предпринимателей сопоставление индивидуальных траекторий роста с отраслевой динамикой позволяет оптимизировать подходы к развитию бизнеса. Результаты также могут быть полезны при прогнозировании рыночной конъюнктуры и совершенствовании корпоративных стратегий, включая слияния, поглощения и партнерства.

Хотя некоторые исследователи предостерегают от переоценки значения единорогов как символа предпринимательства (Aldrich, Ruef, 2018), эмпирические данные подтверждают критическую роль этих компаний в формировании инноваций, создании рабочих мест и стимулировании экономического роста (Shane, 2009; OECD, 2021; Testa et al., 2022; Shahid, 2023). В 2021 г. в Европе единороги обеспечили более 135 000 рабочих

мест (Huebl et al., 2022), а их концентрация относится к важнейшим индикаторам в глобальных инновационных рейтингах (WIPO, 2023). Поддержка их создания и развития выступает ключевым элементом национальных программ развития (Kuratko, Audretsch, 2021; Kuckertz et al., 2020, 2023).

В условиях растущей конкуренции и инновационной ориентации мировой экономики способность моделировать и предсказывать распространение единорогов приобретает стратегическое значение. На базе интеграции теории диффузии инноваций с эмпирическими данными о стартап-экосистемах предложена новая количественная рамка для анализа и прогнозирования траекторий роста таких компаний.

Теоретическая основа и формулировка гипотез

Концептуальной основой исследования послужила теория диффузии инноваций. Для моделирования траекторий роста единорогов применялись логистическая модель распространения и модель Гомпертца.

Теория диффузии инноваций была систематически изложена Эвереттом Роджерсом (Rogers, 1962). Диффузия определяется как процесс, в ходе которого инновации — новые идеи, практики или технологии — циркулируют по коммуникационным каналам внутри социальной системы во времени. Ключевыми элементами процесса считаются сама инновация, коммуникационные каналы, временной фактор, структура социальной системы и механизм принятия решений о внедрении. Для описания неравномерной диффузии инноваций между различными категориями Роджерсом выделены пять групп пользователей: новаторы, ранние последователи, раннее большинство, позднее большинство и отстающие.

На базе теории диффузии инноваций разработаны количественные модели анализа временной динамики их распространения. Среди наиболее известных — логистическая модель и модель Гомпертца, описывающие накопленное принятие инноваций в форме S-образной кривой. Кривая описывает три фазы:

1. Медленное первоначальное принятие.
2. Ускоренный рост — период признания инновации и повышения спроса на нее.
3. Замедление по мере приближения рынка к насыщению.

Обе модели опираются на исследования 19 в. в области биологии и демографии, ныне применяемые в маркетинге, технологическом прогнозировании, эпидемиологии и других дисциплинах. Эмпирическая значимость подходов подтверждена их активным применением для моделирования распространения инфекции в период пандемии COVID-19 (Pelinovsky et al., 2022; Satoh, 2021).

Хотя указанные модели зарекомендовали себя как надежный инструмент в различных дисциплинах, их применимость к анализу «высокоскоростной» инновационной активности в цифровую эпоху, в том числе динамики единорогов, остается предметом научных дискуссий. Для таких компаний характерны платформенный принцип организации, глобальная масшта-

бируемость и опора на венчурное финансирование. Как следствие, возможны отклонения траекторий распространения от классических S-образных кривых (Urbinati et al., 2018; Trabucchi et al., 2019).

Однако исторический опыт показывает, что даже подрывные инновации, в том числе автомобиль, электричество или телевидение, при корректной параметризации поддаются точному моделированию на базе закономерностей роста (Meade, Islam, 2015). Это свидетельствует об адаптивности и сохраняющейся актуальности таких моделей в условиях радикальных технологических изменений. Единороги обладают ключевыми трансформационными чертами: тесная связь с цифровизацией, прорывной характер, высокая скорость реализации и способность преобразовывать целые отрасли. Эти особенности делают их подходящими объектами для эмпирического анализа с применением нелинейных кривых распространения, в первую очередь логистических моделей и моделей Гомпертца.

В исследовании проведен сравнительный анализ экспансии единорогов по странам и секторам с применением указанных моделей, позволивших оценить ключевые динамические параметры: максимальный рыночный потенциал (M), темпы роста (α) и точку перегиба кривой (β). Логистическая модель, основанная на симметричной S-образной кривой, эффективна при равномерном распространении на ранних и поздних этапах. Модель Гомпертца с асимметричной S-образной кривой отражает сценарии, при которых начальное проникновение происходит постепенно, а на последующих стадиях происходит резкое ускорение.

Согласно недавним исследованиям (Akin et al., 2020; Korkmaz, 2020), четырехпараметрические версии логистической модели и модели Гомпертца превосходят трехпараметрические аналоги по точности прогнозов и соответствию данным. Трехпараметрические модели (как логистическая, так и Гомпертца) предполагают нулевой начальный уровень, что часто не соответствует реальным условиям. Фактически в ряде стран уже существует базовый уровень предпринимательской активности или развитая технологическая экосистема. Четырехпараметрическая модель, включающая параметр нижней асимптоты, учитывает наличие ненулевой начальной точки, позволяя гибко работать с данными, даже при неточных исходных значениях.

В соответствии с методологиями, описанными в работах (Jha, Saha, 2020; Akin et al., 2020), нами применялись как трех-, так и четырехпараметрические версии логистической модели и модели Гомпертца. Подробное описание представлено в следующих подразделах.

Логистическая модель

Логистическая кривая симметрична относительно точки перегиба. Трехпараметрическая логистическая модель (LM3P) описывается уравнением:

$$U(t) = \frac{M}{1+e^{-\alpha(t-\beta)}}, \quad (1)$$

где M , α и β — положительные параметры, определяющие соответственно максимальный рыночный потенциал (предельную численность единорогов), темп роста и точку перегиба (момент максимальной скорости роста, соответствующий уровню $M/2$, по достижении которого она начинает снижаться).

Четырехпараметрическая версия модели (LM4P) принимает вид:

$$U(t) = A + \frac{B}{1+e^{-\alpha(t-\beta)}}, \quad (2)$$

где A соответствует нижней асимптоте (базовому уровню), B — асимптотической величине роста численности единорогов по мере увеличения t , а $A+B=M$.

Модель Гомпертца

Кривая Гомпертца асимметрична относительно точки перегиба. Трехпараметрическая модель Гомпертца (GM3P) описывается уравнением:

$$U(t) = Me^{-e^{-\alpha(t-\beta)}}, \quad (3)$$

где M , α и β — положительные параметры, определяющие соответственно максимальный рыночный потенциал (предельную численность единорогов), темп роста и точку перегиба (момент максимальной скорости роста, соответствующий уровню $M/e \approx 36.8\%$, по достижении которого она начинает снижаться).

Четырехпараметрическая версия модели (GM4P) принимает вид:

$$U(t) = C + De^{-e^{-\alpha(t-\beta)}}, \quad (4)$$

где C соответствует нижней асимптоте, D — асимптотической величине роста численности единорогов по мере увеличения t , а $C+D=M$.

Гипотезы исследования

Анализ динамики распространения единорогов с применением классических моделей роста позволил эмпирически оценить, насколько логистическая модель и модель Гомпертца отражают межстрановые и межотраслевые траектории таких стартапов. В исследовании сформулированы и проверены следующие гипотезы:

Н₁: Экспансия единорогов следует S-образной кривой роста, которая эффективно описывается логистической моделью или моделью Гомпертца в рамках классической теории диффузии инноваций.

Н₂: Модель Гомпертца более адекватна для рынков с быстрым ростом на ранних стадиях и опережающим насыщением, вызванным нормативными или структурными ограничениями.

Н₃: Логистическая модель точнее отражает динамику в странах, в которых структурные, экономические и институциональные условия обеспечивают устойчивое сбалансированное масштабирование, что соответствует допущениям модели о симметричном росте вокруг точки перегиба.

Н₄: Характер распространения единорогов демонстрирует значительные межстрановые различия вследствие институциональной неоднородности, инновационного потенциала, доступности венчурного капитала и развития предпринимательских экосистем.

Н₅: Отраслевые факторы (нормативные барьеры, технологическая зрелость и стадия жизненного цикла продукта) существенно влияют на темпы, динамику и предельные величины распространения единорогов.

Методология и данные

Анализ начинается с описания массива данных (подробнее в следующем подразделе) для предварительной оценки первой гипотезы о применимости логистической модели и модели Гомпертца к распространению единорогов. Далее реализован трехэтапный методологический подход.

Этап 1: Оценка моделей. Параметры моделей распространения, представленные уравнениями (1)–(4), оцениваются для каждой страны и отрасли в выборке методом нелинейной регрессии наименьших квадратов (NLS). Наиболее подходящей считается модель с максимальным скорректированным значением R^2 и минимальной среднеквадратической ошибкой (RMSE).

Этап 2: Прогнозирование и валидация. На базе полученных параметров прогнозируется распространение единорогов по странам и отраслям на период 2023–2033 гг. Точность прогнозов определяется двумя ключевыми показателями: средней абсолютной ошибкой (MAE) и средней абсолютной ошибкой в процентах (MAPE). Наиболее надежной признается модель с минимальными значениями.

Этап 3: Сравнительный анализ динамики экспансии. Для оценки неоднородности процесса сопоставляются соответствующие параметры (темпы роста, точка перегиба, рыночный потенциал) в страновом и секторальном разрезах. Это позволяет выявить влияние институциональных структур, цифровой инфраструктуры и инновационных экосистем на межстрановые различия, а также роль технологической зрелости, регуляторных механизмов и инновационных циклов — на отраслевые.

Данные и описательный анализ

Для оценки применимости и предиктивного потенциала логистической модели и модели Гомпертца в отношении распространения единорогов привлечены временные ряды данных о совокупном количестве таких компаний на базе платформы Dealroom («Клуб единорогов»). Этот ресурс, созданный в 2013 г., содержит сведения о технологических фирмах, основанных с 1990 г., преимущественно в странах ЕС. Dealroom считается наиболее полным и авторитетным источником данных о быстрорастущих предприятиях, агрегируя подробную информацию о динамике финансирования, капитализации и инвесторах (Veugelers, Amaral-Garcia, 2025). Она является одной из наиболее цитируемых баз данных для отслеживания развития стартапов, масштабирования фирм и единорогов, что делает ее оптимальной для изучения их экспансии. Dealroom приме-

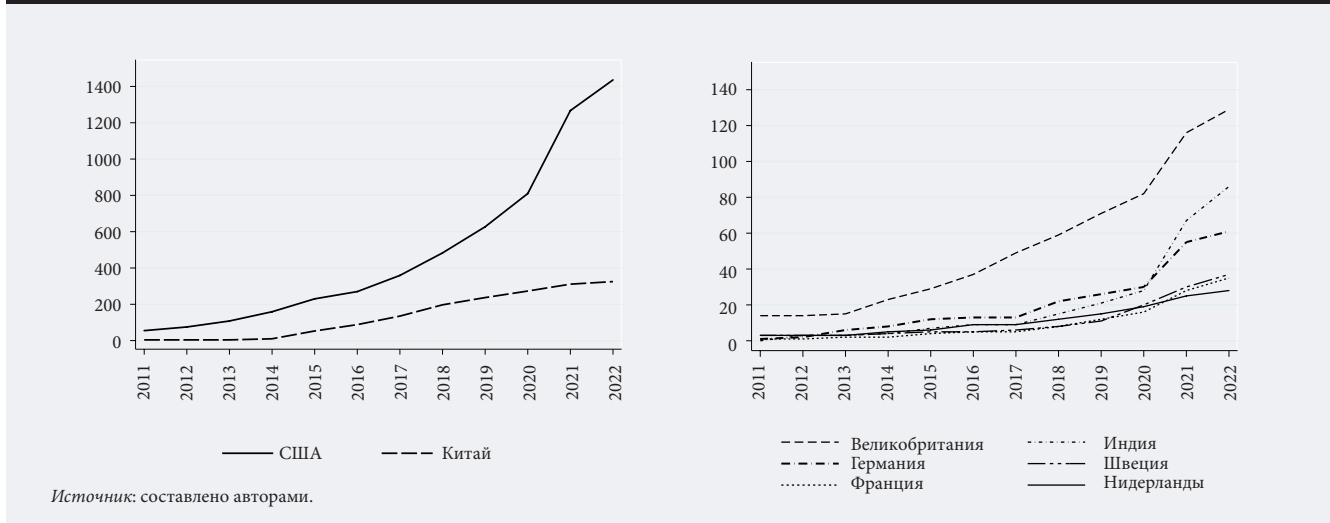
нялась в нескольких предшествующих исследованиях (Burstrom et al., 2023; El-Dardiry, Vogt, 2023; Testa et al., 2022). Прозрачная методология идентификации единорогов обеспечивает последовательную классификацию, которая позволяет анализировать их распространение в разных регионах и отраслях.

Dealroom, включая такой его сегмент, как «Клуб единорогов», выступает эффективным аналитическим инструментом благодаря регулярным обновлениям и структурированной организации данных (Retterath, Braun, 2020). Ресурс отслеживает появление новых единорогов, изменения их статуса и динамику финансирования практически в реальном времени. В отличие от традиционных источников Dealroom минимизирует временной лаг в предоставлении актуальной информации (van Meeteren et al., 2022). База содержит подробные сведения о появлении новых единорогов и их совокупной численности по континентам, странам и отраслям с 2000 г. По сравнению с альтернативными вариантами (CB Insights, Crunchbase, PitchBook) она отличается глобальным охватом, включая развивающиеся рынки, и интеграцией проприетарных и открытых источников. Информация аккумулируется разными методами: автоматизированным сбором общедоступных данных (пресс-релизы, отчеты венчурных фирм, объявления о вакансиях, реестры доменов), партнерством с государственными ведомствами и ручной верификацией для обеспечения точности (El-Dardiry, Vogt, 2023). Также Dealroom применяет широкие отраслевые критерии с учетом специфики европейских экосистем (Burstrom et al., 2023; Leendertse et al., 2022).

Наряду с отмеченными преимуществами Dealroom, как и другие коммерческие базы венчурных инвестиций, обладает определенными ограничениями. Сведения, предоставляемые подобными поставщиками данных о стартапах, страдают неполнотой, поскольку инвестиционные сделки часто носят закрытый характер, и многие инвесторы представляют выборочную отчетность (Testa et al., 2022). Хотя платформа обеспечивает широкий глобальный охват, сохраняются региональные пробелы, особенно в отношении азиатско-тихоокеанской экосистемы. Репрезентативность Dealroom подтверждена в исследовании (van Meeteren et al., 2022) через сопоставление с базой Crunchbase. В обоих массивах выявлены сходные отраслевые и географические закономерности распределения с концентрацией большинства компаний в Северной Америке и Европе. Тем самым, несмотря на частные искажения, Dealroom служит надежным источником для изучения глобального распространения единорогов.

Согласно данным Dealroom, в мире насчитывается 2615 единорогов, 90% которых зарегистрированы всего в 15 странах. На долю США и Китая приходится соответственно 54% и 12,42% общего числа таких компаний. Лидируют отрасли финтех (517 единорогов), здравоохранения (433) и транспорта (234). Массив данных для нашего исследования, загруженный в декабре 2022 г., охватывает период 2000–2022 гг. и включает сведения о совокупной численности единорогов в восьми стра-

Рис. 1. Траектории роста численности единорогов по странам



нах (США, Китай, Индия, Великобритания, Германия, Швеция, Франция и Нидерланды) в трех отраслях-лидерах. Выборка охватывает 80% компаний рассматриваемого типа, что соответствует масштабам аналогичных исследований (Armstrong, 2001; Michalakelis et al., 2008; Lee et al., 2011).

На рис. 1 и 2 отражена динамика роста численности единорогов в восьми странах и трех отраслях за исследуемый период. Как видно, эти траектории соответствуют S-образной кривой, из-за чего прогнозы на основе линейной экстраполяции могут как недооценивать, так и переоценивать фактические тенденции. Распределение единорогов существенно различается по странам и секторам.

Большинство единорогов сосредоточены в США и Китае с явным преимуществом первых (рис. 1). В Европе лидирует Великобритания, за которой следуют Германия, Нидерланды, Швеция и Франция. Индия опережает страны ЕС-27, особенно с 2020 г. С 2014 г. во всех рассматриваемых странах наблюдается непрерывный рост числа единорогов. Пиковых значений он достиг в 2021 г., когда во всех странах, кроме Китая, Нидерландов, Швеции и Великобритании, этот показатель рос максимальными темпами, причем Европа и Индия опережали США и Китай. Те же закономерности наблюдаются и в трех исследованных секторах: большинство единорогов принадлежат к здравоохранению и финтеху, затем идет транспортный сектор (рис. 2).

Результаты и обсуждение

В исследовании применены логистическая модель и модель Гомпертца с тремя и четырьмя параметрами. Расчет коэффициентов уравнений (1)–(4) проведен методом нелинейной регрессии наименьших квадратов (NLS) с помощью пакета STATA 15. Для решения проблемы нелинейности обеих кривых относительно целевых параметров подобраны начальные значения. Полученные оценки послужили основой для прогнозирования переменной U .

Все модели продемонстрировали полное соответствие эмпирическим данным с высокой точностью аппроксимации: скорректированный коэффициент детерминации (Adj_R^2) превысил 95%. Практически все параметры статистически значимы на уровне 1%. Детальное описание результатов по странам и секторам представлено в последующих разделах.

Распространение по странам

Сводные результаты для восьми стран представлены в табл. 1. Построенные модели и все их параметры статистически значимы на уровне 1%, за исключением точки насыщения для США, Великобритании и Германии (табл. 1). Логистическая модель оптимальна для анализа экспансии единорогов в США, Индии, Германии, Великобритании, Франции, Нидерландах и Швеции, демонстрируя более низкое значение среднеквадратической ошибки (RMSE) и более высокий Adj_R^2 по сравнению с моделью Гомпертца. Последняя точнее отражает характер распространения единорогов в случае Китая.

Рис. 2. Траектории роста численности единорогов по секторам

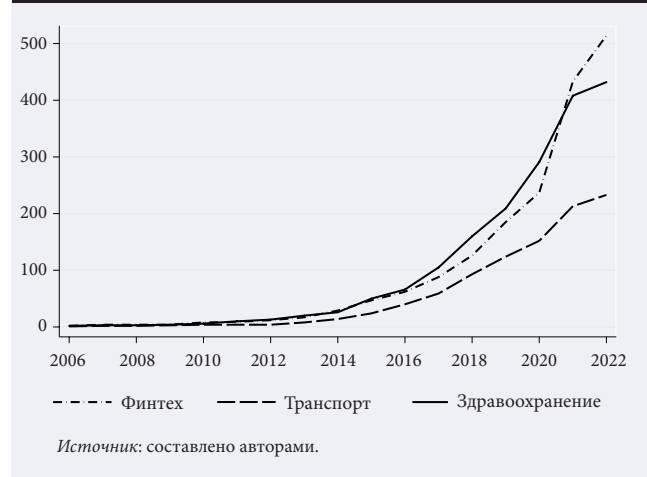


Табл. 1. Оценка параметров распространения единорогов по странам: сравнение моделей

Параметр	Страна							
	США (n=23)		Китай (n=12)		Великобритания (n=13)		Индия (n=13)	
Модель	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца
M_3P	6241.574	8.94e+09	335.796 *	380.713*	545.113	452195.2	196.359*	6.94e+08
M_4P	5 545,489	-	342,582*	378,268*	381.833	2 358,319	139.889*	313.211
_3P	0.322 *	0.017*	0.694*	0.378*	0.245*	0.024	0.678*	0.028*
_4P	0.331*	-	0.637*	0.385*	0.276**	0.066	0.97*	0.298**
_3P	2025.629*	2182.154*	2017.603*	2016.996 *	2026.676*	2109.214*	2021.719*	2121.446*
_4P	2025.065*	-	2017.574*	2017.007*	2024.435*	2038.416*	2020.835*	2022.305*
В выборке								
Adj R ² _3P	0.995	0.995	0.998	0.999	0.997	0.996	0.987	0.985
Adj R ² _4P	0.993	-	0.996	0.998	0.991	0.991	0.988	0.983
RMSE_3P	34.047	34.978	8.122	5.119	3.683	3.727	4.532	4.849
RMSE_4P	34.825	-	7.583	5.304	3.853	3.841	3.685	4.386
Вне выборки								
MAE_3P	15.412	16.437	5.898	3.791	2.252	2.339	3.227	3.309
MAE_4P	15.685	-	5.194	3.6	2.181	2.151	2.37	2.745
MAPE_3P	0.132	0.135	0.415	0.238	0.063	0.068	0.465	0.373
MAPE_4P	0.417	-	0.467	0.19	0.055	0.052	0.451	0.483

Параметр	Страна							
	Германия (n=13)		Франция (n=13)		Швеция (n=13)		Нидерланды (n=14)	
Модель	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца
M_3P	2648.196	3.59e+08	15139.13	4.64e+08	81455.96	1.82e+08	186.937	1.26e+08
M_4P	301,384	1.08e+08	91.9**	1.11e+08	48,308*	88,65***	56,765**	236,871
_3P	0.285*	0.017*	0.355*	0.021*	0.319*	0.021*	0.236*	0.013*
_4P	0.349	0.020*	0.496*	0.024*	0.834*	0.295**	0.347*	0.091***
_3P	2035.042*	2182.009*	2039.03*	2157.377*	2046.163	2153.066*	2029.22	2224.1 *
_4P	2025.92 *	2154.355 *	2022.98*	2132.8*	2020.632*	2021.679*	2022.15*	2030.601*
В выборке								
Adj R ² _3P	0.982	0.984	0.991	0.991	0.983	0.985	0.995	0.996
Adj R ² _4P	0.955	0.960	0.991	0.990	0.990	0.985	0.992	0.991
RMSE_3P	3.557	3.408	1.117	1.124	1.982	1.865	0.837	0.82
RMSE_4P	4.138	3.888	0.950	0.980	1.131	1.39	0.776	0.794
Вне выборки								
MAE_3P	2.48	2.461	0.817	0.894	1.456	1.488	0.603	0.618
MAE_4P	2.59	2.594	0.546	0.572	0.729	0.937	0.523	0.541
MAPE_3P	0.4	0.344	0.338	0.399	0.246	0.306	0.108	0.112
MAPE_4P	0.235	0.226	0.143	0.123	0.260	0.301	0.084	0.086

Примечание: Уровень значимости: *, $p < 1\%$; **, $p < 5\%$; ***, $p < 10\%$. Отдельные значения не приведены, поскольку модели не достигли критерия сходимости даже после тысяч итераций.

Источник: составлено авторами.

Логистическая модель распространения единорогов в США прогнозирует их максимальную потенциальную численность в 6241.574 компании. Скорость сходимости к уровню насыщения составляет 0.322; половина от максимума будет достигнута в 2026 г. Логистическая модель с четырьмя параметрами дала практически идентичные результаты. Модель Гомпертца демонстрирует переоценку потенциального предела роста при крайне низкой скорости экспансии (0.017). Значения Adj_R², RMSE, MAE и MAPE указывают, что трехпараметрическая логистическая модель наиболее адекватна для характеристики и прогнозирования распространения единорогов в США. Согласно прогнозному анализу, насыщение американской экономики ими наступит в 2052 г.

Для Китая логистическая модель выявила максимальную потенциальную численность в 335.796 компании при скорости сходимости 0.694. Согласно расчетам, в 2018 г. количество единорогов достигло половины

от максимума. Модель Гомпертца прогнозирует предельную численность в 380.713 единорогов, скорость распространения 0.378, причем в 2017 г. было достигнуто 36.8% (стандартная точка перегиба для функции Гомпертца) от потенциального предела. Показатели Adj_R², RMSE, MAE и MAPE указывают, что трехпараметрическая модель Гомпертца более адекватна для китайского контекста. Согласно прогнозу, насыщение рынка единорогов в стране произойдет в 2032 г.

Для Великобритании трехпараметрическая логистическая модель продемонстрировала максимальную численность в 545.113 единорога (результат статистически незначим). Скорость сходимости составляет 24.5% (значима на уровне 1%), с достижением половины предела в 2027 г. Модель Гомпертца демонстрирует результаты, аналогичные США: завышение потенциальной численности и занижение скорости распространения. Показатели Adj_R², RMSE, MAE и MAPE подтверждают

преимущество логистической модели для британского контекста. Согласно прогнозу, насыщение рынка единорогов в стране произойдет после 2032 г.

Для Индии четырехпараметрическая логистическая модель показала максимальную численность в 139.889 компаний при скорости сходимости 97%. Половина предела достигнута в 2021 г. Модель Гомпертца выявила потенциальный максимум 313.211 единорогов (результат статистически незначим) и скорость распространения 0.298, с достижением 36.8% предела в 2022 г. Данные табл. 1 свидетельствуют, что четырехпараметрическая логистическая модель точнее для индийского контекста благодаря высокому Adj_R^2 и низким RMSE, MAE и MAPE. Прогноз указывает на достижение насыщения рынка единорогов в Индии к 2030 г.

Для Франции четырехпараметрическая логистическая модель выявила максимальную численность в 91.9 единорогов при скорости сходимости 0.496. Половина предела достигнута в 2023 г. Модель Гомпертца существенно завышает потенциальный максимум и занижает скорость распространения. Четырехпараметрическая логистическая модель точнее описывает процесс, тогда как модель Гомпертца обладает более высокой предиктивной способностью. Учитывая близость показателей предиктивности и более реалистичную оценку рыночного потенциала (91.9) в логистической модели, она выбрана для прогнозирования французского контекста. Насыщение рынка единорогов во Франции ожидается к 2032 г.

Четырехпараметрическая логистическая модель также оптимальна для описания и прогнозирования распространения единорогов в Швеции и Нидерландах. Для Швеции максимальный потенциал составляет 48 компаний; половина этого показателя достигнута в 2021 г. В Нидерландах достижение половины максимального потенциала (57 компаний) произошло годом позже. Скорость указанных процессов в Швеции в 2.4 раза выше, чем в Нидерландах. Согласно прогнозу, шведский рынок достигнет насыщения в 2027 г., тогда как нидерландскому для этого потребуется дополнительно пять лет.

Для Германии сравнение нелинейных моделей роста по Adj_R^2 и RMSE показало преимущество трехпараметрической модели Гомпертца. Однако точка насыщения в ней существенно завышена, а темпы роста занижены, что противоречит фактическим данным. Подобная проблема отмечалась в ряде исследований телекоммуникационной отрасли (Gamboa, Otero, 2009; Jha, Saha, 2020). Кроме того, для достижения критериев сходимости процедура оценки NLS требует более 2000 итераций, тогда как логистической модели достаточно лишь нескольких.

Учитывая более реалистичную оценку максимального потенциала в логистической модели, именно она выбрана для описания и прогнозирования немецкого контекста. Сравнение трех- и четырехпараметрической логистических моделей (рис. 3) показало, что последняя точнее соответствует эмпирической кривой распространения. Результаты указывают на темп роста 34.9%, предельную численность в 301.384 компании, с дости-

жением половины этого значения в 2026 г. Согласно прогнозу, количество единорогов в Германии достигнет 128 к 2025 г.

Сравнение параметров оптимальных моделей для исследуемых стран свидетельствует, что наивысшая скорость распространения единорогов наблюдается в Индии (97%), за которой следуют Швеция (83.4%) и Китай (37.8%). По максимальному потенциалу лидируют США (6241.574 компании), далее идут Великобритания (545.13) и Китай (380.713). Таким образом, США сохраняют лидерство по численности единорогов. Китай, Индия, Франция, Швеция и Нидерланды уже достигли половины своего предельного потенциала, тогда как США, Великобритания и Германии для этого потребуется еще год-два. При этом все исследованные страны, кроме США, придут к насыщению рынка примерно к 2030 г.

Распространение по секторам

Ниже представлены результаты анализа распространения единорогов по секторам: финтеху, здравоохранению и транспорту. В сводном виде эти результаты приведены в табл. 2. Построенные модели являются статистически значимыми, как и почти все их параметры (на уровне 1%). Данные табл. 2 позволяют сделать вывод, что логистическая модель больше подходит для всех трех секторов, поскольку дает более низкие значения RMSE и более высокие скорректированные значения R^2 , чем модель Гомпертца.

Для финтеха логистическая модель показывает максимальный потенциал 1630.231 компаний. Скорость сходимости к точке насыщения составляет 0.431, половина максимума будет достигнута в 2024 г. Логистическая модель с четырьмя параметрами дает схожие результаты. Модель Гомпертца завышает потенциальное число единорогов и существенно занижает скорость их распространения (0.022). Показатели Adj_R^2 и RMSE свидетельствуют, что трехпараметрическая логистическая модель точнее описывает процесс экспансии в финтехе, тогда как модель Гомпертца обладает более высокой предиктивной способностью. Однако, учитывая более реалистичную оценку рыночного потенциала (рис. 4), для прогнозирования выбрана логистическая модель со значением 1630.231. Согласно анализу, насыщение в данном секторе наступит к 2040 г.

Для здравоохранения трехпараметрическая логистическая модель выявила максимальный потенциал в 619.390 компаний при скорости сходимости 50.8%. Половина максимума достигнута в 2020 г. Модель Гомпертца показывает предельную численность в 1440.596 единорогов, скорость сходимости 15.9% с достижением 36.8%-го максимума к 2023 г. Показатели Adj_R^2 , RMSE, MAE и MAPE свидетельствуют о преимуществе трехпараметрической логистической модели для описания и прогнозирования процесса в данном секторе. Согласно прогнозу, насыщение рынка здравоохранения наступит к 2030 г.

Для транспортного сектора трехпараметрическая логистическая модель показывает максимальный потенциал в 318.955 компаний при скорости сходимости

Табл. 2. Оценка параметров распространения единорогов по секторам: сравнение моделей

Параметр	Сектор					
	Финтех (n=21)		Здравоохранение (n=19)		Транспорт (n=17)	
Модель	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца	Логистическая	Гомпертца
М_3P	1630.231***	3.11e+09	619.390*	1440.596**	318.955*	615.22*
М_4P	1 373,545**	239 642,95	599,396*	1 179,559**	315,394*	541,338*
_3P	0.431*	0.022*	0.508*	0.159*	0.504*	0.176*
_4P	0.459*	0.052	0.532*	0.184*	0.512*	0.196*
_3P	2023.707*	2148.927*	2020.128*	2022.922 *	2019.911*	2021.68 *
_4P	2023.045 *	2056.553*	2020.007*	2021.828 *	2019.87*	2021.032*
В выборке						
Adj R ² _3P	0.992	0.992	0.996	0.994	0.998	0.997
Adj R ² _4P	0.989	0.988	0.995	0.993	0.996	0.996
RMSE_3P	14.75	15.026	9.925	12.301	4.598	5.098
RMSE_4P	14.967	15.639	9.986	12.062	4.750	4.905
Вне выборки						
MAE_3P	6.961	6.538	5.457	7.447	2.674	3.210
MAE_4P	6.678	6.732	5.191	6.814	2.5	2.501
MAPE_3P	0.334	0.295	0.302	0.492	0.249	0.392
MAPE_4P	0.474	0.415	0.402	0.768	0.154	0.219
Примечание: Уровень значимости: *, p < 1%; **, p < 5%; ***, p < 10%.						
Источник: составлено авторами.						

50.4%. Половина максимума достигнута в 2020 г. Модель Гомпертца оценивает предельную численность в 615.22 единорогов, скорость распространения 17.6% с достижением максимума 36.8% к 2022 г. Данные табл. 2 свидетельствуют о превосходстве трехпараметрической логистической модели как для описания, так и для прогнозирования процесса в транспортном секторе, что подтверждается высоким Adj_R² и низкими RMSE, MAE и MAPE. Согласно прогнозу, насыщение в данной отрасли произойдет к 2030 г.

Сравнение параметров оптимальных моделей для исследуемых секторов позволяет сделать вывод, что финтех имеет наименьшую скорость распространения (43.1%), но наивысший потенциал насыщения (1630 компаний). Все рассмотренные секторы уже преодолели половину своего предельного потенциала. Насыщение рынка единорогов ожидается через 7 лет в транспортной отрасли и здравоохранении, тогда как финтеху для этого потребуется 10 лет.

Обсуждение

В исследовании впервые применены логистические модели и модели Гомпертца для системного анализа распространения единорогов в развитых странах и ключевых секторах экономики. Полученные результаты предоставляют ценную информацию о траекториях роста, степени зрелости экосистем и влиянии институциональной среды на предпринимательский успех.

Валидация динамики S-образной кривой

Во-первых, подтвердилась гипотеза H₁: экспансия единорогов следует S-образной кривой, что соответствует ранее выявленным закономерностям принятия продуктов и технологий. Вопреки опасениям, высказанным в литературе (Urbinati et al., 2018), модели на основе

S-образных кривых адекватно отражают как высокие темпы создания единорогов на раннем этапе, так и последующее насыщение рынка. В соответствии с исследованиями (Akin et al., 2020; Korkmaz, 2020) четырехпараметрические модели повышают точность прогнозирования, особенно при отложенном старте или раннем насыщении.

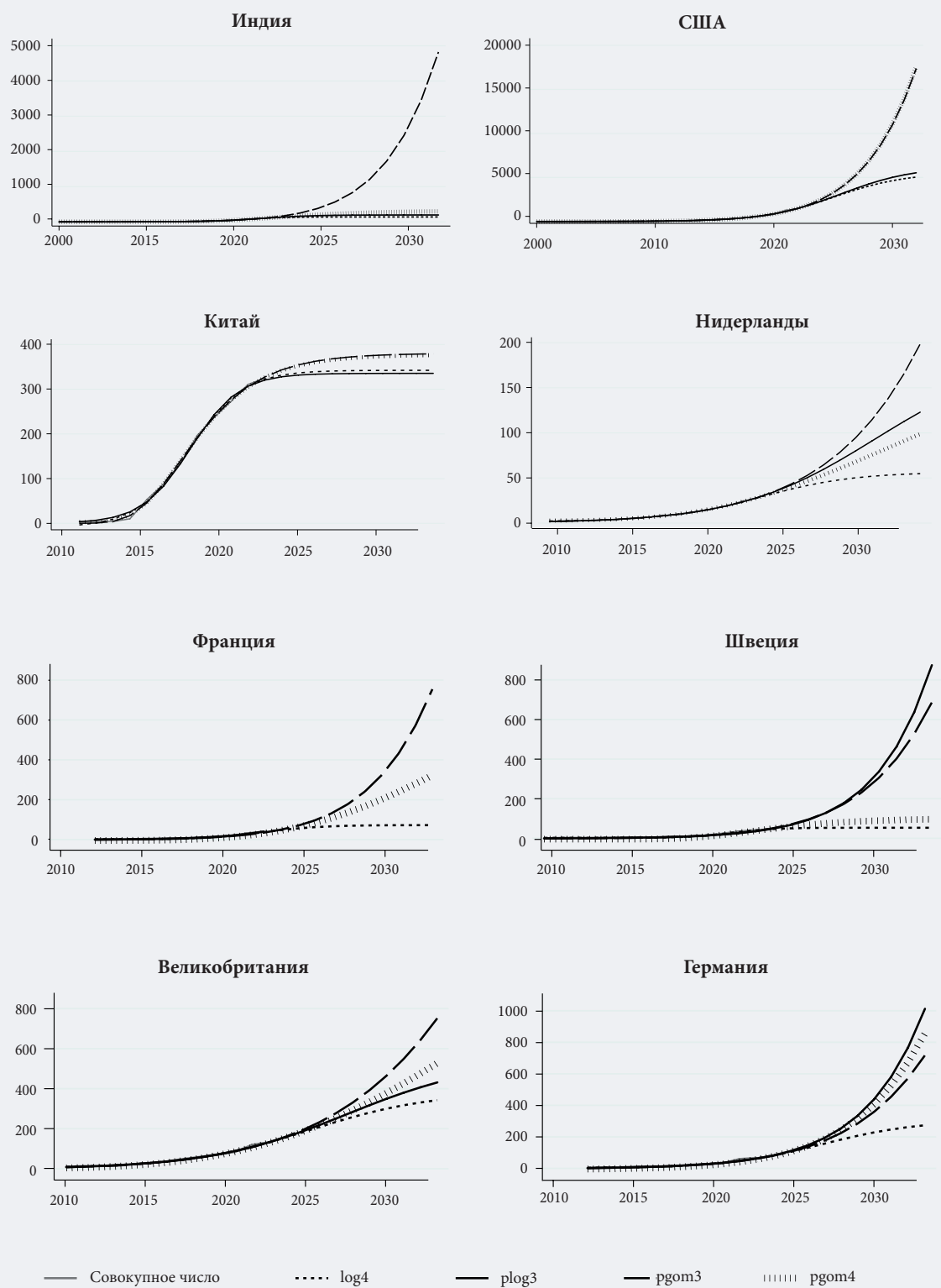
Сравнение эффективности моделей

Следуя гипотезам H₂ и H₃, логистические модели в целом превосходят модели Гомпертца, особенно в рыночно-ориентированных экосистемах, таких как США, Индия и большинство европейских стран. Эти экономики характеризуются стабильным доступом к венчурному финансированию и органическим ростом предпринимательства, что обеспечивает соответствие симметричной логистической кривой. Напротив, модель Гомпертца релевантнее для Китая, где создание единорогов на начальном этапе стимулируется государственными инициативами, такими как «Сделано в Китае 2025», но затем ввиду нормативных ограничений происходит резкий спад их распространения. Именно этим объясняется ранняя точка насыщения Китая (2032) и более низкий потолок (381 единорог), что подтверждается недавним исследованием проблем, с которыми сталкиваются китайские единороги (Jian et al., 2024). С другой стороны, США демонстрируют стабильный годовой рост в 32.2%, двигаясь к потолку насыщения (6241 единорог) — динамика, вполне соответствующая логистической модели.

Закономерности распространения единорогов по странам

Согласно гипотезе H₄, динамика экспансии единорогов значительно варьирует в разных странах. США лиди-

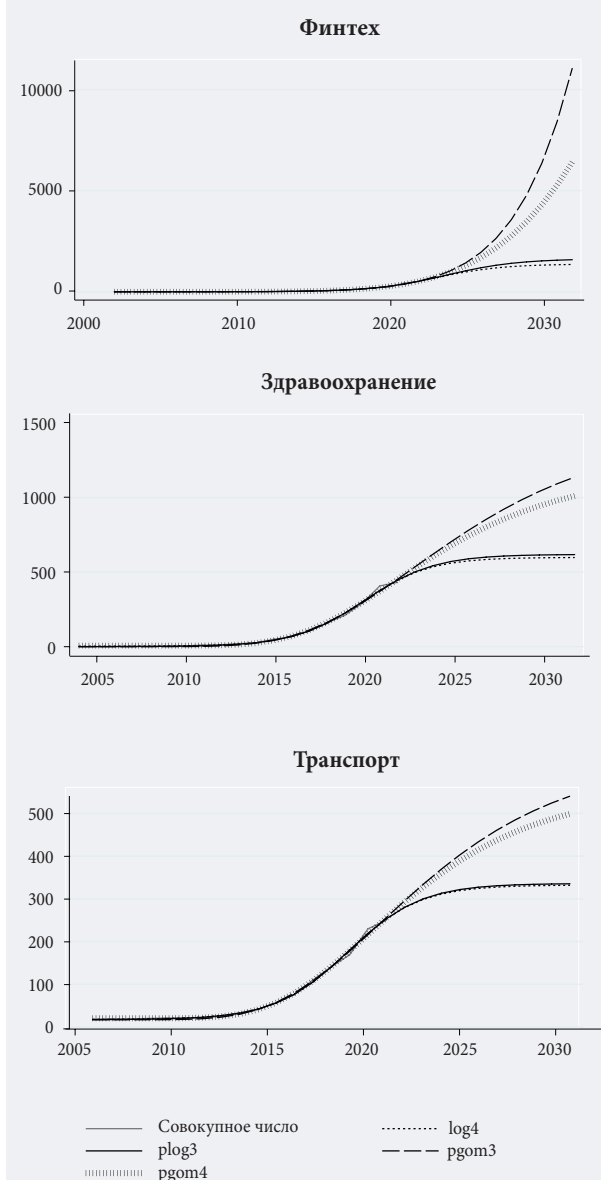
Рис. 3. Фактическая динамика и прогноз численности единорогов по странам



Примечание: plog4 = прогноз, полученный с помощью LM4P, plog3 = прогноз, полученный с помощью LM3P, pgom3 = прогноз, полученный с помощью GM3P, pgom4 = прогноз, полученный с помощью GM4P.

Источник: составлено авторами.

Рис. 4. Фактическая динамика и прогноз численности единорогов по секторам



Примечание: plog4 = прогноз, полученный с помощью LM4P, plog3 = прогноз, полученный с помощью LM3P, pgom3 = прогноз, полученный с помощью GM3P, pgom4 = прогноз, полученный с помощью GM4P.

Источник: составлено авторами.

руют по потенциалу насыщения (6241 единорог) благодаря зрелости финансовых рынков, развитости сетей исследований и разработок (ИиР) и мощности стартап-экосистем. Индия показывает наивысшие темпы ежегодного роста (97%) за счет обширного рынка и быстрого внедрения технологий (Startup Genome, 2022), хотя ограничения в доступе к капиталу и инфраструктуре снижают ее предельный потенциал. Подобный контраст иллюстрирует классическую дилемму: быстрая экспансия может создавать проблемы с долгосрочной масштабируемостью. Европейские страны демонстрируют умеренные темпы распространения и средний потенциал насыщения. Несмотря на фрагментирован-

ность рынков капитала, стабильная институциональная среда обеспечивает умеренный, но устойчивый рост числа единорогов (Testa et al., 2022).

Отраслевая динамика

Результаты исследования подтверждают гипотезу H_2 о различиях в распространении единорогов по отраслям. Финтех демонстрирует наименьшую скорость этого процесса, но наивысший долгосрочный потенциал (1630 единорогов), что отражает существование нормативных барьеров и проблем с доверием (CB Insights, 2023). Напротив, в здравоохранении и транспортном секторе экспансия происходит быстрее благодаря четким сигналам со стороны спроса и меньшим институциональным ограничениям. Эти различия подчеркивают необходимость специализированной отраслевой политики и инвестиционных стратегий.

Теоретический вклад и механизмы распространения

Результаты исследования подтверждают применимость теории Роджерса и высвечивают ключевую роль социальных систем и институциональных факторов в формировании траекторий S-образной кривой. В рыночно-ориентированной среде (США, Индия и Европа) экспансия единорогов обычно проходит через классические фазы медленного старта, быстрого ускорения и итогового насыщения. Эти закономерности соответствуют логистической модели. Напротив, в экосистемах с государственным управлением, таких как Китай, распространение происходит асимметрично: активная поддержка на ранней стадии упирается в нормативные ограничения, что хорошо отражает модель Гомпертца.

Практические следствия для политики и инвестиций

Исследование предлагает практически значимые выводы как для регуляторов, так и для инвесторов. Понимание уровней насыщения единорогами в разных странах и темпов их распространения по секторам критически важно при планировании стратегий входа и выхода. В Китае ключевым риском выступает изменчивость регулирования, тогда как в США насыщение рынка может ограничить будущую доходность. Географическая диверсификация (баланс между высоким потенциалом роста в Китае и Индии и стабильностью в США и Европе) способна смягчить эти риски.

Регуляторам следует своевременно выявлять признаки насыщения рынка и точечными решениями способствовать масштабированию бизнеса единорогов. США необходимы постоянные инвестиции в инфраструктуру венчурного финансирования для сохранения лидерства в создании инноваций. Для Китая благотворным окажется переход к более рыночно-ориентированной политике, обеспечивающий долгосрочный рост в дополнение к первоначальным стимулирующим мерам. Более низкий потенциал насыщения в этой стране (335–380 единорогов) подчеркивает необходимость отраслевого дерегулирования и развития рынков капитала. Европе же рекомендуется устранять разрыв в мас-

штабировании путем гармонизации законодательства, поддержки трансграничных инвестиционных потоков и региональных инновационных кластеров.

Для стимулирования появления новых единорогов органам власти следует сфокусироваться на отраслевых факторах: либерализации нормативной базы в финтехе, увеличении затрат на ИиР в здравоохранении и создании механизмов распределения рисков для стартапов во всех перспективных секторах.

Заключение

Глобальная экспансия единорогов рассмотрена через призму логистической модели и модели Гомпертца. Разработан новый подход к приложению теории диффузии инноваций к стартап-экосистемам. Анализ страновых и отраслевых тенденций в США, Китае, Индии, ключевых европейских странах, а также в секторах финтеха, здравоохранения и транспорта позволил получить ценные сведения о динамике распространения единорогов.

Как показало исследование, в рыночных экосистемах (США, Индия и большинство европейских стран), где ключевую роль играют органический рост предпринимательства и доступ к венчурному финансированию, логистические модели превосходят модели Гомпертца. Напротив, распространение единорогов в Китае точнее описывается моделью Гомпертца из-за раннего насыщения, вызванного централизованным политическим контролем и нормативными ограничениями. Применение четырехпараметрических моделей дополнительно повышает точность прогнозирования, особенно в случаях отложенного старта или преждевременного насыщения.

Страновой разрез демонстрирует значительные различия. США сохраняют мировое лидерство в формировании единорогов благодаря развитым финансовым рынкам, надежной инновационной инфраструктуре и эффективному росту стартапов. Индия демонстрирует высокие темпы роста при более низком пороге насыщения. Европейский ландшафт более фрагментирован: страны вроде Германии, Франции и Швеции обнаруживают устойчивые траектории роста, однако неоднородность рынков капитала и регуляторной среды в сочетании с ограниченным трансграничным масштабированием препятствует углублению интеграции стартап-экосистем на континенте.

Отраслевой анализ подтвердил существенные различия в динамике распространения единорогов. Сектор финтеха отстает из-за сложного регулирования

и проблем с доверием, но обладает наивысшим долгосрочным потенциалом. В секторах здравоохранения и транспорта, напротив, действуют мощные драйверы роста (высокий спрос и более благоприятная институциональная среда), способствующие ускоренной экспансии.

Полученные выводы имеют важные практические следствия. Регуляторам следует сосредоточиться на точечных интервенциях: в рыночной экономике необходимо укреплять экосистемы венчурного финансирования и региональные инновационные центры, тогда как в экономиках с государственным доминированием наращивание предпринимательской активности потребует реформирования нормативной базы. Не менее важны отраслевые стратегии: снижение барьеров в финтехе и увеличение затрат на ИиР в сферах здравоохранения и транспорта.

Понимание взаимосвязи между темпами распространения единорогов в различных отраслях и уровнями насыщения в конкретных странах поможет инвесторам и основателям стартапов оптимизировать стратегические решения. Выявление точек перегиба на кривых роста позволит точнее планировать вход на рынок и уход с него, а также эффективнее масштабировать бизнес.

Хотя моделирование глобальной экспансии единорогов открывает новые перспективы, определенные ограничения исследования намечают направления дальнейшей работы. Во-первых, логистические модели и модели Гомпертца, эффективно отражающие общие закономерности, могут быть усовершенствованы путем добавления пятого параметра или применения гибридных подходов для тонкой нюансировки динамики. Во-вторых, учет временного измерения через ранжирование единорогов по времени получения статуса поможет глубже понять поведение различных когорт и закономерности их жизненного цикла. В-третьих, дальнейшие исследования позволят выработать более комплексную структуру, включающую макроэкономические переменные и учитывающую качество институтов, цифровой инфраструктуры и политической среды для лучшего объяснения различий в распространении единорогов между странами и секторами.

Представленный теоретико-эмпирический анализ механизмов возникновения и экспансии единорогов закладывает основу для разработки более взвешенной и контекстно-ориентированной политики и инвестиционных стратегий, направленных на стимулирование развития инклюзивных и устойчивых инновационных экосистем во всем мире.

Библиография

- Кущенко Е.С., Остащенко Т.В., Тюрчев К.С. (2022) Релокация как драйвер инновационной активности: глобальное исследование международной миграции основателей компаний-единорогов. *Форсайт*, 16(4), 6–23. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2022.4.6.23>
- Akin E., Pelen N.N., Tiryaki I.U., Yalcin F. (2020) Parameter Identification for Gompertz and Logistic Dynamic Equations. *PLoS ONE*, 15, 0230582. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230582>
- Aldrich H.E., Ruef M. (2018) Unicorns, Gazelles, and Other Distractions on the Way to Understanding Real Entrepreneurship in America. *Academy of Management Perspectives*, 32(4), 458–472. <https://doi.org/10.5465/amp.2017.0123>
- Armstrong J.S. (ed.) (2001) *Principles of Forecasting*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Burström T., Lahti T., Parida V., Wartiovaara M., Wincet J. (2023) A definition, review, and extension of global ecosystems theory: Trends, architecture and orchestration of global VCs and mechanisms behind unicorns. *Journal of Business Research*, 157, 113605. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113605>
- CB Insights (2023) *State of Fintech 2023 Report*, New York: CB Insights.
- El-Dardiry R., Vogt B. (2023) How far do Gazelles run? Growth patterns of regular firms, high growth firms and startups. *Applied Economics*, 55(37), 4304–4318. <https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2128184>
- Gamboa L.F., Otero J. (2009) An estimation of the pattern of diffusion of mobile phones: The case of Colombia. *Telecommunications Policy*, 33, 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.08.004>
- Guo K., Zhang T. (2021) Research on the Development Path and Growth Mechanism of Unicorn Enterprises. *Mathematical Problems in Engineering*, 7, 9960828. <https://doi.org/10.1155/2021/9960828>
- Huebl S., Does R., Orlova A., Heckova E., Aschauer D., Kojalek M. (2022) *The 2022 European Unicorn & Soonicorn Report*, San Francisco, CA: 5Invest.
- Jha A., Saha D. (2020) Forecasting and analyzing the characteristics of 3G and 4G mobile broadband diffusion in India: A comparative evaluation of Bass, Norton-Bass, Gompertz, and logistic growth models. *Technological Forecasting and Social Change*, 152, 119885.
- Korkmaz M. (2020) A study over with four-parameter Logistic and Gompertz growth models. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 37(3), 2023–2030. <https://doi.org/10.1002/num.22641>
- Kuckertz A., Bernhard A., Berger E.S.C., Dvouletý O., Harms R., Jack S., Kibler E. (2023) Creating and maintaining hope through social entrepreneurship in light of humanitarian crises. *Journal of Business Venturing Insights*, 19, e00356. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2022.e00356>
- Kuckertz A., Brandle L., Gaudig A., Hinderer S., Reyes C.A.M., Prochotta A., Steinbrink K.M., Berger E.S.C. (2020) Startups in times of crisis – A rapid response to the COVID-19 pandemic. *Journal of Business Venturing Insights*, 13, e00169. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2020.e00169>
- Kuratko D.F., Audretsch D.B. (2021) The future of entrepreneurship: The few or the many? *Small Business Economics*, 59, 269–278. <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00534-0>
- Lee S., Marcu M., Lee S. (2011) An empirical analysis of fixed and mobile broadband diffusion. *Information Economics and Policy*, 23(3–4), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2011.05.001>
- Leendertse J., Schrijvers M., Stam E. (2022) Measure Twice, Cut Once: Entrepreneurial Ecosystem Metrics. *Research Policy*, 51(9), 104336. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104336>
- Meade N., Islam T. (2015) Forecasting in telecommunications and ICT-A review. *International Journal of Forecasting*, 31(4), 1105–1126. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2014.09.003>
- Meek S., Cowden B.J. (2023) Strategies of Unicorn startups: How these positive deviants compare to early-stage and Fortune 500 ventures. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 30(6), 1109–1128. <https://doi.org/10.1108/JSBED-02-2023-0069>
- Michalakelis C., Dimitris V., Sphicopoulos T. (2008) Diffusion models of mobile telephony in Greece. *Telecommunications Policy*, 32(3–4), 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2008.01.004>
- OECD (2021) *Understanding Firm Growth: Helping SMEs Scale Up*, Paris: OECD.
- Pelinovsky E., Kokoulina M., Epifanova A., Kurkin A., Kurkina O., Tang M., Kirillin M. (2022) Gompertz model in COVID-19 spreading simulation. *Chaos, Solitons and Fractals*, 154, 111699. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2021.111699>
- Retterath A., Braun R. (2020) *Benchmarking Venture Capital Databases* (SSRN Paper 3706108). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3706108>
- Rodrigues C.D., Noronha M.E.S.D. (2023) What companies can learn from unicorn startups to overcome the COVID-19 crisis. *Innovation & Management Review*, 20(3), 211–226. <https://doi.org/10.1108/INMR-01-2021-0011>
- Rogers E.M. (1962) *Diffusion of Innovations*, New York: Free Press.
- Rossi M., Martini E. (2019) Venture capitalists and value creation: The role of informal investors in the growth of smaller European firms. *International Journal of Globalisation and Small Business*, 10(3), pp. 233–247. <https://doi.org/10.1504/IJGSB.2019.100123>
- Satoh D. (2021) Discrete Gompertz equation and model selection between Gompertz and logistic models. *International Journal of Forecasting*, 37(3), 1192–1211. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.01.005>
- Schumpeter J.A. (1943) *Capitalism, Socialism and Democracy*, London, New York: Routledge.
- Shahid Y. (2023) *Can Fast Growing Unicorns Revive Productivity and Economic Performance?*, Washington, D.C.: Center for Global Development.
- Shane S. (2009) Why encouraging more people to become entrepreneurs is bad public policy. *Small Business Economics*, 33(2), 141–149. <https://doi.org/10.1007/s11187-009-9215-5>
- Stafeev A. (2024) What makes a successful unicorn startup founder. *International Journal of Professional Business Review*, 9(5), 4638. <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i5.4638>
- Startup Genome (2022) *The Global Startup Ecosystem Report 2022*, San Francisco, CA: Startup Genome.
- Testa G., Compañó R., Correia A., Rückert E. (2022) *In search of EU unicorns – What do we know about them?*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/843368>
- Trabucchi D., Talenti L., Buganza T. (2019) How do Big Bang Disruptors look like? A Business Model perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 141, 330–340. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.009>
- Urbiniati A., Chiaroni D., Chiesa V., Frattini F. (2018) The Role of Business Model Design in the Diffusion of Innovations: An Analysis of a Sample of Unicorn-Tech Companies. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 16(1), 1950011. <https://doi.org/10.1142/S0219877019500111>
- Van Meeteren M., Trincado-Munoz F., Rubin T.H., Vorley T. (2022) Rethinking the digital transformation in knowledge-intensive services: A technology space analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 179, 121631. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121631>
- Venâncio A., Picoto W., Pinto I. (2023) Time-to-unicorn and digital entrepreneurial ecosystems. *Technological Forecasting and Social Change*, 190, 122425. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122425>
- Veugelers R., Amaral-Garcia S. (2025) *Financing EU Health Innovation: The Role of Venture Capital*, Seville: JRC.
- WIPO (2023) *Global Innovation Index 2023: Innovation in the Face of Uncertainty*, Geneva: World Intellectual Property Organization. <https://doi.org/10.34667/tind.48220>