

УДК: 338.24

1.2. Байесовские модели инновационной деятельности субъектов платформенных экосистем

Чернявский С.В.

ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

Воронов В.С., Викторов Е.И.

Российская государственная академия интеллектуальной собственности, Москва, Россия

Целью работы является формализованное описание предметной области платформенной экосистемы молодежного предпринимательства и разработка интеллектуальной системы для моделирования инновационной деятельности ее субъектов. В качестве субъектов платформенной экосистемы в работе рассматриваются: платформа поддержки молодежного предпринимательства; малое инновационное предприятие (стартап); институциональный инвестор (венчурный фонд); независимый эксперт – технологический брокер; технологический аудитор; эксперт фондового рынка. Для исследования деятельности субъектов платформенной экосистемы в работе применен аппарат байесовских сетей доверия (Bayesian belief network). На примере действующей модели платформы поэтапно представлен алгоритм конструирования исходного графа, заполнения таблиц безусловных и условных вероятностей, связанных с узлами случайных переменных. Представлена версия расширения модели за счет включения нового субъекта экосистемы – технологического аудитора. Анализ деятельности субъектов экосистемы проводился по результатам логических выводов, полученных с помощью предложенной модели, построенной в программной среде Netica. В ходе вычислительных экспериментов подтверждена логика всех причинно-следственных связей между узлами сети, а также адекватность выводов, получаемых с помощью предложенной модели. Построенная модель позволяет обоснованно обновлять убеждения субъектов платформенной экосистемы при наступлении событий, характеризующих высокую неопределенность инновационной деятельности.

Введение

Современные цифровые платформы, обеспечивающие поддержку инновационного предпринимательства, по сути, представляют собой онлайн-сервисы, которые связывают стартапы с внешним миром. Платформы такого типа играют важную роль в инновационных экосистемах, предоставляя возможность молодым предпринимателям показать свои проекты инвесторам, а инвесторам – найти для себя перспективные проекты. Обычно платформы предоставляют инструменты для поиска, анализа и оценки проектов, а также для ведения переговоров и заключения сделок. Кроме того, платформы сами собирают и систематизируют информацию о проектах, их основателях, финансовых показателях, этапах развития. Это позволяет инвесторам быстро находить интересующие их проекты и оценивать их потенциал. Стартапы, в свою очередь, получают доступ к данным об инвесторах, их предпочтениях и опыте [Хворостяная, 2020].

Для общения, ведения переговоров и заключения сделок многие платформы организуют онлайн-чаты, видеоконференции, обеспечивают электронный документооборот и т. п. Такие инструменты упрощают процесс коммуникации и делают его более эффективным. Наконец, платформы могут предоставлять различные виды поддержки стартапам, такие как консультации, обучение, организацию вебинаров, мастер-классов, предоставление доступа к юридическим и бухгалтерским услугам, доступ к ресурсам.

Таким образом, платформы способствуют развитию экосистемы стартапов, помогают существенно сократить разрыв между их организационно-финансовыми потребностями и готовностью инвесторов предоставлять капитал. Тем не менее, единой модели платформы для поддержки молодежного предпринимательства не существует, т.к. каждая из них нацелена на реализацию собственной стратегии. Например, в Европе подобные функции выполняет платформа Dealroom, (основана в 2013 г.), которая не только агрегирует данные о стартапах и инвесторах, но также поддерживает обширную европейскую сеть платформ краудфандинга¹.

Большой интерес представляют региональные платформы поддержки молодых предпринимателей, такие как африканская платформа Ventures Platform, созданная в 2021 г. в Нигерии. Эта платформа способствует решению непростой задачи развития экосистемы стартапов в Африке, предоставляя ресурсы и поддержку предпринимателям².

Среди российских платформ подобного типа, безусловно, заслуживает внимания Платформа университетского технологического предпринимательства (ПУТП) Минобрнауки РФ (univertechpred.ru), которая объединяет университетские венчурные фонды и стартапы в России. Платформа поддерживает университетские стартапы, которые сумели довести свои проекты до уровня готовности УГТ-5 по

¹ Dealroom – The source of record on startups, innovation, high-growth companies, venture capital and tech ecosystems globally. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dealroom.co/> (дата обращения: 15.04.2025)

² Ventures Platform Foundation. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.venturesplatform.com/> (дата обращения: 15.04.2025).

российским стандартам технологического трансфера. На платформе можно получить информацию о фондах, их инвестиционных приоритетах и условиях финансирования³.

Платформа Российского фонда развития информационных технологий РФРИТ (rfrit.ru) поддерживает проекты в области информационных технологий. Она предоставляет гранты, субсидии и другие виды поддержки для стартапов в этой сфере. Платформа способствует развитию ИТ-экосистемы в России и поддержке инновационных проектов, но при этом необходимо отметить, что технологическое направление стартапов должно соответствовать приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники, а также официально утвержденному перечню критических технологий Российской Федерации⁴.

Платформа Сбербанка (SberUnity) предлагает различные программы поддержки для российских технологических стартапов без ограничения тематики, однако при этом от стартапов требуется наличие MVP (Minimum viable product – минимального жизнеспособного продукта) и юридического лица. Таким образом, как и ПУТП (см. выше), платформа фактически требует подтверждения уровня готовности проекта и серьезности намерений продолжать разработку. Прежде чем попасть в общую базу данных, каждый стартап тщательно проверяется аналитиками SberUnity⁵.

В исследовательских работах по моделированию процессов, происходящих в инновационных экосистемах, был успешно применен аппарат байесовских сетей доверия (БСД) [Тулупьев, 2019]. В частности, была разработана и апробирована простая модель, позволяющая учитывать сигналы о появлении новых технологий у стартапа в рамках интеллектуальной системы поддержки решений инвестора о финансировании проекта [Воронов, 2024].

Целью настоящей работы является создание формализованного описания предметной области платформенной экосистемы поддержки предпринимательства и разработка интеллектуальной системы для анализа деятельности ее субъектов с учетом воздействия различных факторов, существенно влияющих на принятие инвестиционных, финансовых и управленческих решений в условиях неопределенности, характерных для инновационной деятельности.

Материалы и методы исследования

В работе применен метод логико-вероятностного моделирования с использованием аппарата байесовских сетей доверия. Вычислительные эксперименты на предлагаемой модели реализованы в программной среде Netica (Norsys)⁶. В структурную модель платформенной экосистемы интегрированы субъекты, которые обычно группируются вокруг платформ венчурного финансирования, тем не менее, это не является обязательным условием, поскольку разные типы платформ, как было показано выше, могут включать множество различных институциональных видов участников.

Результаты исследования и их обсуждение

Конструирование байесовской сети доверия

Для формализованного описания предметной области платформенной экосистемы, в ее структуре будут учитываться взаимоотношения и связи следующих субъектов:

- платформа поддержки молодежного предпринимательства, вокруг которой, собственно, и формируется инновационная экосистема;
- малое инновационное предприятие (МИП, стартап), которое подает заявки на свои изобретения в патентное ведомство;
- институциональный (венчурный) инвестор;
- независимый эксперт – патентный брокер;
- технологический аудитор;
- эксперт фондового рынка.

На платформе поддержки предпринимательства в общем случае может присутствовать более одного институционального инвестора, причем, это могут быть инвесторы разного типа: государственные (суверенные) венчурные фонды; классические частные венчурные фонды; бизнес-ангелы, университетские, корпоративные венчурные фонды и их синдикаты [Block, 2018].

Если проект стартапа (МИПа) был доведен до высокого уровня готовности технологии (УГТ-5 или выше), то размещение акций такой компании на фондовом рынке, как правило, уже состоялось. Инвестор как опытный участник рынка, которому доступна аналитика по ценным бумагам, обычно имеет представление (1) о влиянии патентов на инвестиционную привлекательность компании и (2) о том, как влияет перспектива привлечения венчурного фонда на стоимость акций стартапа.

Для анализа деятельности субъектов платформенной экосистемы и поддержки решений инвестора построим БСД из четырех узлов, отображающих следующие случайные переменные (рис. 1):

³ Федеральный проект «Платформа университетского технологического предпринимательства» (ФП ПУТП), официальный сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://univertechpred.ru/> (дата обращения: 15.04.2025).

⁴ Российский фонд развития информационных технологий (РФРИТ), официальный сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rfrit.ru/> (дата обращения: 15.04.2025).

⁵ SberUnity – платформа для запуска пилотов и поиска инвестиций, официальный сайт. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sberunity.ru/for-startups> (дата обращения: 15.03.2025).

⁶ Norsys Software Corp. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://norsys.com/netica.html> (дата обращения: 15.03.2025).

- патентный портфель (Пат) – вероятность получения патентов на новую технологию, разработанную стартапом (родительский узел);

- фондовый рынок (ФМ) – состояние фондового рынка, связываемое с общим ожиданием «роста» или «падения» (родительский узел);

- венчурный фонд (ВФ) – вероятность (перспектива) привлечения венчурного фонда для финансирования стартапа;

- цена акции (А) – состояние текущей (рыночной) цены акции исследуемой компании.

Для всех случайных переменных в данной модели будем устанавливать первоначально по два дискретных состояния (см. рис. 2). В частности,

для левого родительского узла переменной вероятности получения патентов назначены уровни: «высокий» и «низкий». Таблицу безусловных вероятностей (ТБВ, табл. 1) состояния этого узла заполним исходя из того, что эксперты (например – технологические брокеры), основываясь (1) на собственной информации о технологии, разработанной компанией и (2) на знаниях о текущем уровне техники, считают, что вероятность получения компанией патентов является высокой и составляет 75%. Соответственно, вероятность противоположного состояния составляет 25%.

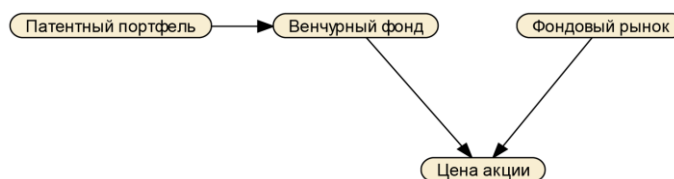


Рис. 1 Исходный граф модели (составлено авторами).

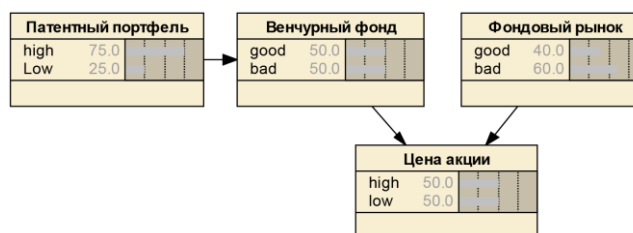


Рис. 2. Исходное состояние БСД до ввода всех данных в таблицы условных вероятностей (составлено авторами)

Таблица 1

ТБВ для узла патентного портфеля

Вероятность получения патентов	Оценка, %
Высокая	75
Низкая	25

Правый родительский узел характеризует состояние рынка ценных бумаг в целом как «хорошее» (растущий рынок) или «плохое» (падающий рынок). Назначая исходные уровни безусловных вероятностей этого узла (табл. 2), будем исходить из оценок экспертов-аналитиков фондового рынка, которые считают, что его текущее состояние можно с вероятностью 40% считать хорошим.

Таблица 2

ТБВ для узла состояния фондового рынка

Состояние фондового рынка	Вероятность, %
Хорошее	40
Плохое	60

Напомним еще раз, что заданные в таблицах 1 и 2 маргинальные вероятности переменных в двух родительских узлах являются безусловными. С помощью редактора БСД они уже внесены в таблицы безусловных вероятностей и отображаются на диаграммах соответствующих узлов (см. рис. 3, только родительские узлы). На этом этапе для инициализации модели данных еще недостаточно, т.к. не заполнены таблицы условных вероятностей в зависимых узлах случайных переменных интереса венчурного фонда и цены акции. По этой причине машина отображает все значения и стержни диаграмм вероятностей серым цветом, а полные вероятности в узлах зависимых переменных заполняются равными значениями по 50%.

Вероятностные характеристики переменных зависимых узлов будут обусловлены состоянием родительских узлов, поэтому для подтверждения значений полных вероятностей на их стержневых диаграммах нужно заполнить соответствующие таблицы условных вероятностей (ТУВ). Однако данная задача осложняется тем, что исходной информации для этого не задано. По этой причине эксперты должны использовать любую полезную информацию и свои знания:

- об уровне готовности технологии (УГТ), которую разрабатывает данная инновационная компания;
- о текущем уровне новых технологий в этой области техники;
- о состоянии фондового рынка в целом и о восприятии инвесторами рисков, связанных с акциями молодых инновационных компаний;
- о предпочтениях венчурного фонда и других фактах и событиях, способных оказывать на них влияние.

Начнем с заполнения ТУВ узла перспективы привлечения венчурного фонда (табл. 3). Эксперты реалистично учитывают, что при успешном прохождении заявок стартапа в патентном ведомстве и получении патентов на изобретения вероятность привлечения венчурного фонда к финансированию данного стартапа должна быть выше, чем при отсутствии патентов. По этой причине условной вероятности

высокой заинтересованности венчурного фонда при наличии патентов присвоено значение 80%. Исходя из обратного утверждения (поскольку уровней всего два), условной вероятности высокой заинтересованности венчурного фонда при отсутствии патентов присвоено значение 30%. В сумме вероятность реализации несовместных гипотез должна быть равна 100%, поэтому оставшиеся значения в ТУВ заполняются автоматически.

Таблица 3

ТУВ для узла вероятности привлечения венчурного фонда

Вероятность получения патентов	Вероятность привлечения венчурного фонда, %	
	высокая	низкая
высокая	80	20
низкая	30	70

Заполнение ТУВ для узла уровней цены акции (табл. 4) требует большего внимания, т.к. у этой переменной два состояния и два родителя, у которых также по два состояния. Следовательно, в этой ТУВ будет 8 значений, поскольку необходимо «перебрать» все возможные вероятностные состояния этой переменной при всех вариантах вероятностных состояний родительских узлов.

Начнем с того, что при одновременном хорошем состоянии фондового рынка и хорошей перспективе привлечения венчурного фонда (1-я строка ТУВ) уровень цены акции инновационной компании с большей вероятностью должен быть высоким, поэтому ему присвоена вероятность 80%. Рассуждая от обратного, при одновременном плохом состоянии фондового рынка и плохой перспективе привлечения венчурного фонда (4-я строка ТУВ) получаем самое низкое значение вероятности 10% для высокого уровня цены акции. Далее рассуждаем исходя из того, что при хорошей перспективе привлечения венчурного фонда, даже при ухудшении ситуации на фондовом рынке (2-я строка ТУВ), цена акции конкретной инновационной компании может «по инерции» достаточно долго оставаться на высоком уровне, например, с вероятностью 60%. Наконец, учтем, что при низкой вероятности привлечения венчурного фонда состояние фондового рынка в целом необязательно должно быть синхронно плохим (3-я строка ТУВ), поэтому вероятностям уровней цены акции в таком состоянии рынка назовем 50/50.

Таблица 4

ТУВ для узла цены акции инновационной компании

№	Состояние		Вероятностный уровень цены акции, %	
	Перспектива привлечения венчурного фонда	Фондовый рынок в целом	Высокий	Низкий
1	Хорошая	Хорошее	80	20
2	Хорошая	Плохое	60	40
3	Плохая	Хорошее	50	50
4	Плохая	Плохое	10	90

Анализ действующей модели платформенной экосистемы

Таким образом, мы заполнили все ТУВ. С помощью редактора БСД данные ТУВ загружаются в соответствующие зависимые узлы, и после инициализации готовой модели машина рассчитывает априорное распределение полных вероятностей состояния переменных зависимых узлов (рис. 4), выводит значения вероятностей и строит стержневые диаграммы в состоянии до поступления каких-либо свидетельств.

Попробуем проверить: как машина получила эти значения. Для левого верхнего звена БСД, используя полученные таблицы маржинальных и условных вероятностей (ТБВ и ТУВ), делаем проверку:

$$\text{ВФ good} = 0,75 \cdot 0,8 + 0,25 \cdot 0,3 = \mathbf{0,675}$$

$$\text{ВФ bad} = 0,75 \cdot 0,2 + 0,25 \cdot 0,7 = \mathbf{0,325}$$

Как видим, именно такие значения машина выдала на диаграммах узла полных вероятностей перспективы привлечения венчурного фонда. Далее отметим, что этот узел, в свою очередь, является одним из родителей узла состояния цены акции, а это значит, что полученные вероятности будут для последнего являться фактически безусловными с левой стороны графа.

Осталось проверить самое сложное звено – сходящуюся тройку переменных, в которой два родителя влияют на одного потомка. Формально полная вероятность для такого случая в терминах нашей БСД будет выглядеть так:

$$P(\text{ВФ}, \text{ФР}, \text{А}) = P(\text{А} | \text{ВФ}, \text{ФР}) \cdot P(\text{ВФ}) \cdot P(\text{ФР}).$$

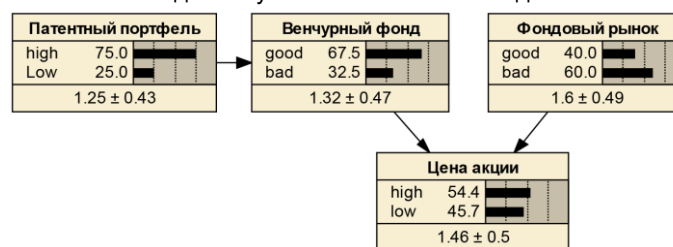


Рис. 4. Состояние БСД после заполнения таблиц вероятностей всех узлов и инициализации модели (составлено авторами).

Но при вычислении полных вероятностей необходимо «перебрать» все значения вероятностей родительских узлов со всеми значениями условных вероятностей потомка. Не забывая, что слева (по графу) значения вероятностей на диаграммах родительского узла были только что найдены выше, считаем, используя таблицы:

$$A_{high} = 0,8 \cdot 0,675 \cdot 0,4 + 0,6 \cdot 0,675 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,325 \cdot 0,4 + 0,1 \cdot 0,325 \cdot 0,6 = \mathbf{0,5435}$$

$$A_{low} = 0,2 \cdot 0,675 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,675 \cdot 0,6 + 0,5 \cdot 0,325 \cdot 0,4 + 0,9 \cdot 0,325 \cdot 0,6 = \mathbf{0,4565}.$$

Как видим (рис. 4), именно такие значения полных вероятностей (с учетом округлений) выдала машина на диаграмме состояний узла цены акции. Таким образом, были установлены все структурные связи между случайными переменными и заполнены все ТБВ и ТУВ, т.е. модель была «обучена» и далее может использоваться для вероятностных выводов в любом направлении.

Отметим, что даже в такой простой БСД возможны самые разнообразные выводы. Например, при поступлении свидетельства: «патенты получены» кликаем в строку «high» узла патентного портфеля (см. рис. 5). При этом машина мгновенно пересчитывает вероятностное состояние узлов переменных интереса венчурного фонда и состояния цены акции, и в частности, вероятность роста цены акции увеличивается на 5,2% (до 59,6%). Отметим, что, поскольку переменные «Патентный портфель» и «Фондовый рынок» являются независимыми (в данной модели), состояние правого родительского узла не изменилось.

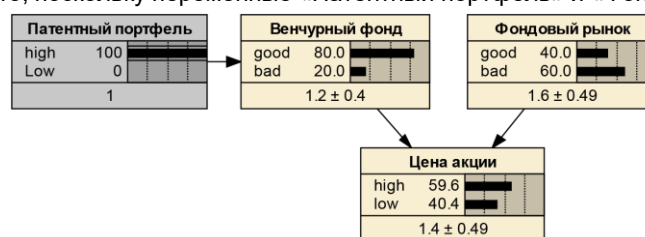


Рис. 5. Вариант прямого вывода при поступлении свидетельства о получении патентов (составлено авторами).

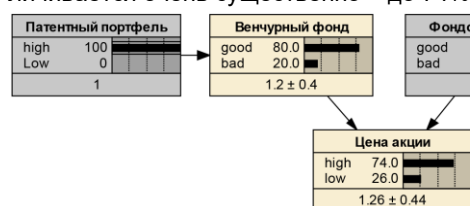


Рис. 6. Вариант вывода при получении патентов и хорошем состоянии фондового рынка (составлено авторами).

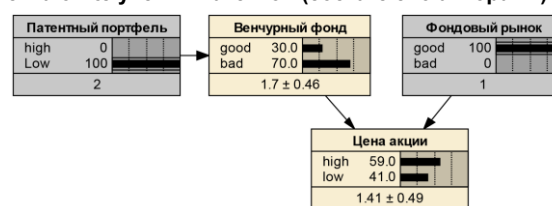


Рис. 7. Вариант вывода при снижении вероятности получения патентов и хорошем состоянии фондового рынка (составлено авторами).

При поступлении свидетельств: «вероятность получения патентов низкая», но при «хорошем состоянии фондового рынка» (рис. 7) вероятность роста цены акции вполне закономерно снижается до 59%, но всё же остается еще достаточно высокой.

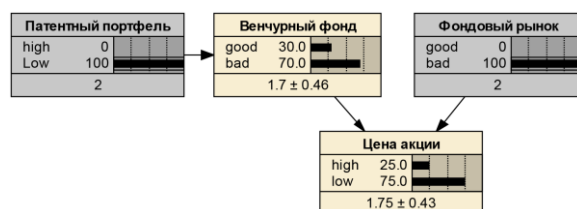


Рис. 8. Вариант прямого вывода при низкой вероятности получения патентов и ухудшении состояния фондового рынка (составлено авторами).

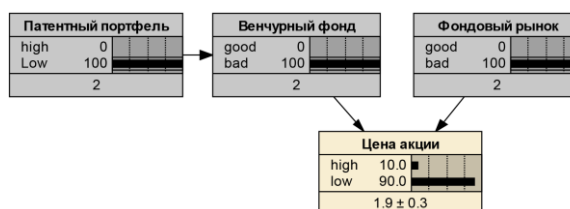


Рис. 9. Вариант вывода при низкой вероятности привлечения венчурного фонда (составлено авторами).

При снижении вероятности получения патентов ухудшение состояния фондового рынка (рис. 8) значительно (до 75%) повышает вероятность снижения акций.

Наконец, при низкой вероятности получения патентов и плохом состоянии фондового рынка снижение интереса венчурного фонда (рис. 9) повышает до 90% вероятность резкого падения акций.

Все рассмотренные выше состояния модели представляли так называемый прямой, или прогнозический, вывод. Но модель позволяет также успешно делать обратные (диагностические) и смешанные выводы. На рис. 10 представлено состояние, соответствующее вводу свидетельства о том, что имеется высокая вероятность роста цены акции исследуемой компании. При этом можно видеть, что полная

вероятность перспективы привлечения венчурного фонда составляет 84,5% (по сравнению с 67,5% в исходном состоянии неопределенности), а полная вероятность неполучения патентов, наоборот, минимальна и составляет 17,8% (25% в исходном состоянии).

Если при этом подтвердить получение патентов вводом соответствующего свидетельства в узле

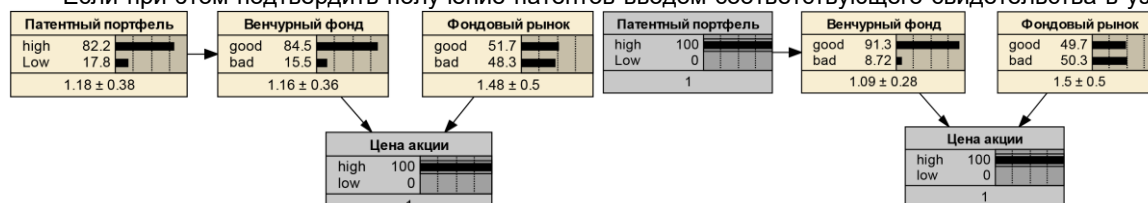


Рис. 10. Вариант диагностического вывода при высокой вероятности роста цены акции (составлено авторами).

Рис. 11. Диагностический вывод при получении патентов и высокой вероятности роста акции (составлено авторами).

патентного портфеля (рис. 11), то вероятность привлечения венчурного фонда повышается до максимальных 91,3%. Интересно отметить, что состояние фондового рынка при этом характеризуется почти равными вероятностями (49,7%–50,3%).

Вариантов вероятностных выводов у этой модели достаточно много, а возможности её «достройки» практически безграничны – можно добавлять новые узлы, связи, увеличивать количество состояний переменных. Программа Netica, как, впрочем, и другие программы-редакторы БСД, позволяет делать это буквально в один-два клика. В частности, выше было отмечено, что многие платформы поддержки предпринимательства ставят получение (продолжение) финансирования в зависимость, в том числе, от уровня готовности технологии, зафиксированного по стандартной шкале УГТ [Сартори, 2020]. Для того чтобы получить квалифицированное заключение о достигнутом УГТ, стартапу необходимо пройти официальный технологический аудит. В связи с этим построенная модель экосистемы дополнена узлом состояния УГТ стартапа, а в состав субъектов экосистемы включен независимый технологический аудитор (рис. 12).

Готовность проекта, так же как и наличие патентов, является значимым сигналом для венчурного фонда, поэтому узел вероятности достижения УГТ-5 назначен вторым родительским узлом, напрямую воздействующим на интерес венчурного фонда. Как известно, доведение проекта до УГТ-5 является непростой задачей для любого стартапа, поэтому вероятности достижения УГТ-5 эксперты реалистично дают оценку 40% (табл. 5).

Таблица 5

ТБВ для узла УГТ-5

Вероятность достижения УГТ-5	Оценка, %
Да	40
Нет	60

Вследствие дополнения 2-го родительского узла к левому плечу графа модели необходимо составить новую ТУВ для узла интереса венчурного фонда (табл. 6). Здесь логика рассуждений базируется на том, что одновременное подтверждение получения патентов и достижения УГТ-5 является самым лучшим вариантом, поэтому вероятности привлечения венчурного фонда присвоено самое высокое значение 90% (1-я строка ТУВ). При наличии патентов, но недоведении проекта до УГТ-5 эксперты вполне обоснованно снижают эту вероятность до 70% (2-я строка ТУВ). Наоборот, при отсутствии патентов, но достижении УГТ-5 вероятность интереса венчурного фонда снижена до 40% (3-я строка ТУВ), т.к. патенты являются более значимым сигналом, подтверждающим новизну изобретения. Наконец, при отсутствии патентов и недостижении УГТ-5 оценка вероятности привлечения венчурного фонда составляет всего 5% (4-я строка ТУВ).

Таблица 6

ТУВ для узла вероятности привлечения венчурного фонда

№	Состояние		Вероятность привлечения венчурного фонда, %	
	Вероятность получения патентов	Вероятность достижения УГТ-5	Высокая	Низкая
1	Высокая	Да	90	10
2	Высокая	Нет	70	30
3	Низкая	Да	40	60
4	Низкая	Нет	5	95

После дополнения модели и заполнения новых таблиц получаем новую, более совершенную версию модели, готовую для логических выводов (рис. 12).

Добавление каждого нового узла значительно расширяет возможности вычислительных экспериментов с использованием модели, поскольку каждое новое состояние каждой случайной переменной позволяет «перебрать» все сочетания всех остальных переменных. В данной работе вследствие ограниченного объема не приводятся вероятностные выводы в дополненной версии модели, однако в ее расширенных возможностях легко убедиться, повторив необходимые шаги построения, подробно описанные выше.

Заключение

Инновационная деятельность субъектов платформенных экосистем является труднопредсказуемой по причине воздействия на нее множества факторов неопределенности. С одной стороны, в предложенной модели воздействие внешних факторов обобщенно представлено случайной переменной состояния фондового рынка, которая учитывает ожидания инвесторов. С другой стороны, состояние патентного портфеля стартапа и уровня готовности технологии, являясь внутренними факторами, тем не менее, опосредованно отображают также и воздействие внешней среды. Например, случайная переменная состояния патентного портфеля отображает как влияние рынка технологий, к которому относится изобретение стартапа, так и мнение патентного ведомства о новизне этого изобретения. В свою очередь, случайная переменная уровня готовности технологии отображает также и восприятие актуальности новой разработки технологическим аудитором.

Формализованное машиночитаемое описание предметной области платформенной экосистемы инновационного предпринимательства представлено в нотации байесовских сетевых моделей. В работе показано, как последовательное конструирование исходного графа, обоснование логики взаимосвязей случайных переменных и заполнение таблиц безусловных и условных вероятностей позволяет сначала обучить модель, а затем, при необходимости, дорабатывать ее, расширяя исходную базу знаний и возможности логических выводов. Подробное пошаговое описание всех этапов построения модели позволяет повторить ее в любой программной среде, предназначенной для работы с байесовскими сетями.

Исследование проведено в рамках научно-исследовательской работы «Развитие механизмов платформенной и сетевой экономики в Российской Федерации: проблемы и пути решения», согласно Государственному заданию для ФГБОУ ВО «Российская государственная академия интеллектуальной собственности» (10-Г3-2022)..

Литература

1. Воронов В.С., Чернявский С.В., Викторов Е.И., Шулус А.А. Моделирование процессов изобретательской деятельности в инновационных экосистемах // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2024. № 67. С. 285–299. DOI: 10.17223/19988648/67/17
2. Сартори А.В., Гареев А.Р., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. Применение подхода уровней готовности для различных предметных направлений в бережливом НИОКР // Экономика науки. 2020. Т.6. № 1-2. С. 118–134. DOI: 10.22394/24W-132X-2020-6-1-2-118-134
3. Тулупьев А.Л. Основы теории байесовских сетей / А.Л. Тулупьев, С.И. Николенко, А.В. Сироткин. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2019. 399 с.
4. Хворостяная А.С., Рождественский И.В., Филимонов А.В. Стратегические возможности цифровой платформы для развития промышленной акселерации и венчурных инвестиций // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2022. № 3. С. 38–47. DOI: 10.25198/2077-7175-2022-3-38
5. Block J.H., Colombo M.G., Cumming D.J., Vismara S. New players in entrepreneurial finance and why they are there // Small Business Economics. 2018. № 50 (2). P. 239–250. DOI: 10.1007/s11187-016-9826-6.

References in Cyrillics

1. Voronov V.S., Chernyavskij S.V., Viktorov E.I., Shulus A.A. Modelirovanie processov izobrete-tel'skoj deyatel'nosti v innovacionnyh ekosistemah // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo uni-versiteta. Ekonomika. 2024. № 67. S. 285–299. DOI: 10.17223/19988648/67/17
2. Sartori A.V., Gareev A.R., Il'ina N.A., Mancevich N.M. Primenenie podhoda urovnej gotovnosti dlya razlichnyh predmetnyh napravlenij v berezhlivom NIOKR // Ekonomika nauki. 2020. T.6. № 1-2. S. 118–134. DOI: 10.22394/24W-132X-2020-6-1-2-118-134
3. Tulup'ev A.L. Osnovy teorii bajesovskih setej / A.L. Tulup'ev, S.I. Nikolenko, A.V. Sirotkin. SPb.: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo un-ta, 2019. 399 s.

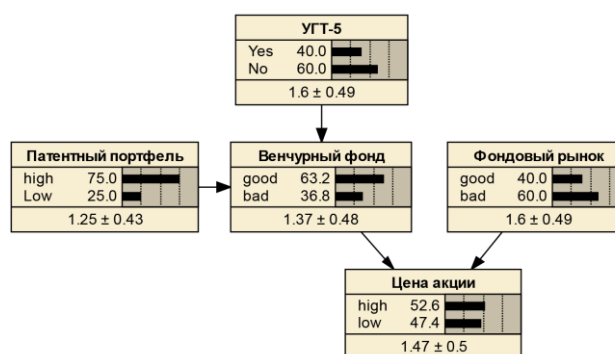


Рис. 12. Модель, дополненная родительским узлом вероятности достижения УГТ-5 (составлено авторами).

4. Hvorostyanaya A.S., Rozhdestvenskij I.V., Filimonov A.V. Strategicheskie vozmozhnosti cifrovoj platformy dlya razvitiya promyshlennoj akseleracii i venchurnyh investicij // Intelлект. Innovacii. Investicii. 2022. № 3. S. 38-47. DOI: 10.25198/2077-7175-2022-3-38.

*Чернявский Сергей Владимирович, д.экон.н., профессор,
Ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН, г. Москва
(vols85-85@mail.ru)
ORCID: 0000-0001-8401-5565*

*Воронов Виктор Степанович, д.экон.н., доцент,
ФГБОУ ВО Российская государственная академия интеллектуальной
собственности, г. Москва
(voronov.v@rgiis.ru)
ORCID: 0000-0002-0655-4413*

*Викторов Егор Игоревич, аспирант,
ФГБОУ ВО Российская государственная академия интеллектуальной
собственности, г. Москва
(cattus2@yandex.ru)
ORCID: 0009-0009-0548-0473*

Ключевые слова

Акция, байесовская сеть доверия, венчурный фонд, инновационная деятельность, логико-вероятностная модель, платформенная экосистема, стартап.

Sergey Chernyavskiy, Victor Voronov, Egor Viktorov. Bayesian models of innovation activities of platform ecosystem entities

Keywords

Bayesian belief network, innovation activity, logic probabilistic model, platform ecosystem, startup, stock

DOI: 10.34706/DE-2025-02-02

JEL classification G11, O34, Z1.

Abstract

The aim of the work is a formalized description of the subject area of the platform ecosystem of youth entrepreneurship and the development of an intelligent system for modeling the innovative activities of its entities. The following are considered as entities of the platform ecosystem: a youth entrepreneurship support platform; a small innovative enterprise (startup); an institutional investor (venture fund); an independent expert - a technology broker; a technology auditor; a stock market expert. To study the activities of the entities of the platform ecosystem, the Bayesian belief network apparatus is used in the work. Using the example of the current platform model, a step-by-step algorithm for constructing the initial graph, filling in tables of unconditional and conditional probabilities associated with nodes of random variables is presented. A version of the model expansion is presented by including a new ecosystem subject – a technological auditor. The analysis of the ecosystem subjects' activities was carried out based on the results of logical inferences obtained using the proposed model built in the Netica software environment. During computational experiments, the logic of all cause-and-effect relationships between network nodes, as well as the adequacy of the conclusions obtained using the proposed model, was confirmed. The constructed model allows for a reasonable update of platform ecosystem subjects' beliefs upon the occurrence of events characterizing high uncertainty of innovation activities.