

# СТРАНИЦА МОЛОДОГО УЧЕНОГО

## YOUNG SCIENTIST PAGE

---

УДК 330.341.1:338.22.0214(510)

**Ли Пэйчжэн**

Белорусский государственный университет

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ КИТАЯ

В данной статье на примере светодиодной промышленности Китая в 2020 г. рассматриваются вопросы обеспечения технологической безопасности и защиты интеллектуальной собственности в высокотехнологичной промышленности Китая. Анализируется текущая рыночная ситуация и тенденция технологического развития светодиодной промышленности Китая, в том числе с учетом влияния западных стран, с точки зрения наличия технологической монополии в высокотехнологичных отраслях.

В статье состояние высокотехнологичной промышленности Китая предложено измерять в рамках трехмерной системы оценки технологической безопасности, которая учитывает три параметра: применяемые технологии, состояние рынка и политические факторы. А это, в свою очередь, делает оценку более полной и точной. Кроме того, осуществлена практическая оценка технологической безопасности китайской светодиодной промышленности в 2020 г., диагностирован уровень технологической безопасности и определены имеющиеся в отрасли риски. Предложены меры по укреплению технологической безопасности по четырем ключевым направлениям: технологические инновации, защита интеллектуальной собственности, управление рисками технологической безопасности и расширение международного рынка высокотехнологичной промышленности Китая. Автор подчеркивает, что усиление защиты промышленной интеллектуальной собственности, особенно в высокотехнологичных отраслях, имеет большое значение для национальной безопасности и экономического развития Китая на фоне обострения глобальной технологической конкуренции.

**Ключевые слова:** технологическая безопасность, высокотехнологичные отрасли, технологические барьеры, светодиодная промышленность, права интеллектуальной собственности, уровень технологической безопасности, Китайская Народная Республика.

**Для цитирования:** Ли Пэйчжэн. Технологическая безопасность как один из основных стратегических приоритетов Китая // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2024. № 1 (280). С. 148–161.  
DOI: 10.52065/2520-6877-2024-280-19.

**Li Peizheng**

Belarusian State University

### TECHNOLOGICAL SECURITY AS ONE OF CHINA'S TOP STRATEGIC PRIORITIES

This article analyzes the issues of technological security and intellectual property protection in China's high-tech industry on the example of China's LED industry in 2020. The article also analyzes the current market situation and the trend of technological development of China's LED industry, including the influence of Western countries on developing countries, including China, in terms of the presence of technological monopoly in high-tech industries. In this paper, the status of China's high-tech industry is proposed to be measured by a three-dimensional technology security evaluation system, which takes into account three parameters – applied technology, market condition and policy factors, making the evaluation more complete and accurate. In addition, a practical assessment of the technological security of China's LED industry in 2020 is carried out, diagnosing the level of technological security and identifying the existing risks in the industry. Measures are proposed to strengthen technological security in four key areas: technological innovation, intellectual property protection, technological security risk management and the expansion of the international market of China's high-tech industry. Finally, the article emphasizes that strengthening the protection of industrial intellectual property, especially in high-tech industries, is of great significance to China's national security and economic development against the backdrop of intensifying global technological competition.

**Keywords:** technological security, high-tech industries, technological barriers, LED industry, intellectual property rights, level of technological security, People's Republic of China.

**For citation:** Li Peizhen. Technological security as one of China's top strategic priorities. *Proceedings of BSTU, issue 5, Economics and Management*, 2024, no. 1 (280), pp. 148–161 (In Russian).

DOI: 10.52065/2520-6877-2024-280-19.

**Введение.** В настоящее время геополитические и дипломатические отношения и экономическая ситуация вокруг Китая, России и Беларуси переживают небывалое осложнение, что видно по ситуации с Тайваньским вопросом и с российско-украинским конфликтом (оба якобы вызваны территориальными спорами). На самом деле вмешательство международного сообщества стало способствовать обострению этих конфликтов, особенно в случае западных стран во главе с США, через информацию, экономику, технологическое противостояние, а также прямой военный конфликт с Россией в виде широкомасштабной смешанной агрессии против Китая, России и Беларуси. В данном противостоянии Запад во главе с США использует технологический разрыв для осуществления смешанной агрессии против Китая, активно применяя «технологическое оружие» для изоляции России и Беларуси от западных высоких технологий и производимой на их основе продукции.

По плану западных политиков, ремонт и восстановление импортного высокотехнологичного оборудования невозможны, что приведет к его массовому выходу из строя через один, два или три года и тем самым снизит технологический уровень и конкурентоспособность экономик обеих стран. Что касается Китая, то он проводит более целенаправленную политику, которая в данной статье характеризуется как санкции, «ломающие шею». В список субъектов будет включено большое количество китайских предприятий, университетов и частных лиц, запрещающих американским отечественным предприятиям и университетам и другим странам, освоившим полупроводниковые технологии, ядерные технологии, аэрокосмические и биотехнологии, технологический экспорт в Китай через барьеры прав интеллектуальной собственности, технологические барьеры, торговые барьеры и другие формы экономического, политического и военного воздействия Китая. Поэтому данная игра или противостояние с Западом носит затяжной характер «войны на истощение» [1].

**Основная часть.** Как известно, суть технологической безопасности заключается в сохранении экономического и технологического суверенитета и независимости: государство имеет возможность контролировать экономическую и технологическую политику и ресурсы без вмешательства извне. Это касается и денежно-кредитной политики, и торговой, и т. д. Кроме того, важнейшее значение для технологической

безопасности имеют научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) и защита интеллектуальной собственности. Для снижения зависимости от внешних технологий стране необходимо проводить собственные НИОКР и инновации в ключевых технологических областях. Технологическое лидерство может повысить конкурентоспособность и безопасность страны. В новом витке научно-технической революции и промышленных изменений правительства и предприятия развитых стран, как правило, рассматривают права интеллектуальной собственности как важный стратегический ресурс и принимают различные меры, основанные на защите прав интеллектуальной собственности, чтобы препятствовать свободному развитию международной торговли [2]. Они часто применяют стратегию технологической монополии для закрепления и расширения своих рыночных преимуществ, а затем создают новую форму нетарифных барьеров в торговле, т. е. технические барьеры (барьеры интеллектуальной собственности), суть которых заключается в том, чтобы препятствовать фирмам развивающихся стран, в том числе Китая, России и Беларуси, расширять свои внутренние и международные рынки во имя защиты прав интеллектуальной собственности и дальнейшей защиты своей способности получать прибыль за счет прав интеллектуальной собственности. Контроль над основными правами интеллектуальной собственности со стороны предприятий развитых стран стал важным фактором, влияющим на промышленный экономический рост и безопасность промышленного развития Китая [3, 4], что также может быть одной из причин падения развивающихся стран в «технологическую пропасть» [5]. В частности, следует отметить, что после формирования барьеров в области технологий / интеллектуальной собственности их монополия и конкурентные преимущества трудно разрушить за короткий промежуток времени [4, 6].

В качестве примера можно привести два типа полупроводников – микросхемы и LED-диоды. Микросхемы являются одновременно и ключевыми электронными компонентами, и базовыми технологиями, доминирующими в промышленном развитии, и все чаще рассматриваются ведущими державами в качестве геополитических основных стратегических активов. Спор за чипы стал не только главным полем битвы в научно-технической стратегической игре между Китаем и США, но и важным символом

качественного изменения структурных противоречий между Китаем и США [7]. С одной стороны, США сделали чип-индустрию критически важной инфраструктурой, создав так называемый «альянс национальной безопасности». А администрация Байдена сделала полупроводниковую отрасль одним из главных приоритетов своего инфраструктурного плана, усилила вмешательство федерального правительства, увеличила инвестиции в НИОКР и приняла в 2022 г. закон «О микросхемах и науке», стремясь укрепить внутренний производственный потенциал США и лучше поддерживать развитие инноваций в таких новых областях, как нанотехнологии, квантовые вычисления и искусственный интеллект. В то же время США придают большое значение безопасности цепочки поставок, используя возможность решить проблему «нехватки микросхем», и поддерживают частые контакты с Японией, Южной Кореей, Китаем, Тайванем и Европейским союзом для укрепления союзнических отношений. С другой стороны, США усилили свои промышленные преимущества за счет технологических исследований и разработок и в сотрудничестве с Японией пытаются занять монопольное положение в области высокотехнологичных микросхем. Помимо наращивания производственных мощностей, правительство США стремится к дальнейшему усилению научно-исследовательских и инновационных работ в области микросхем, опираясь на укрепление ведущих технологических связей, для дальнейшего создания новых передовых технологических преимуществ. В настоящее время ведущие области производства микросхем в США в основном сосредоточены в EDA (electronic design automation) и главных IP (intellectual property rights), проектировании микросхем и других R&D-интенсивных областях, в будущем предполагается построить Национальный центр полупроводниковых технологий для обеспечения им лидирующих позиций в мире. В это же время в США был создан SIAC (Semiconductor Alliance), членами которого являются США, Европа, Япония, Южная Корея и Тайвань – 64 компании, охватывающие практически всю отраслевую цепочку. США и Япония создали партнерство в области НИОКР по полупроводниковым технологиям для совместной работы над высокотехнологичными технологиями производства микросхем с целью достижения к 2025 г. уровня производства микросхем 2 нм [6].

Из приведенных примеров видно, что державы-чипы во главе с США работают над созданием технических / интеллектуальных имущественных барьеров, охватывающих всю промышленную цепочку, пытаясь в корне поколебать фундамент китайской высокотехнологичной промышленности [8]. Потеря способности к

промышленным инновациям и разработкам серьезно ослабит конкурентоспособность китайской высокотехнологичной промышленности, приведет к сохранению низкого положения китайской высокотехнологичной промышленности в международном разделении труда и в конечном счете повлияет на выживание и безопасное развитие китайской высокотехнологичной промышленности. Таким образом, отсутствие ключевых технологий и независимых прав интеллектуальной собственности на них является важнейшей проблемой технологической безопасности китайской национальной экономики [9, 10]. Поэтому для национальной экономической и технологической безопасности очень важно распознать риски технологической безопасности, с которыми сталкиваются высокотехнологичные отрасли Китая, создать механизм раннего предупреждения и помочь правительству разработать промышленную политику.

Ядром технических барьеров является проблема защиты интеллектуальной собственности, и в соответствующих исследованиях по защите интеллектуальной собственности развитые страны считают, что слабая защита интеллектуальной собственности и нарушение ее прав препятствуют нормальной торговле и, следовательно, выступают торговыми барьерами, а развивающиеся страны считают, что чрезмерная защита интеллектуальной собственности и нарушение ее прав являются злоупотреблениями в торговле. В существующей литературе зарубежные ученые редко специализируются на изучении прав интеллектуальной собственности как торговых барьеров. Маскус и Пенубарти [11] проанализировали влияние защиты интеллектуальной собственности на торговлю товарами с точки зрения эффекта расширения рынка и эффекта рыночной власти защиты интеллектуальной собственности в торговле. Смит [12] утверждает, что усиление защиты ПИС (прав интеллектуальной собственности) не обязательно приводит к возникновению монополий из-за высокой стоимости имитации на рынках развивающихся стран, что усложняет определение влияния ПИС на торговлю. Ивус [13] рассмотрел влияние укрепления ПИС на экспорт патентно-чувствительной продукции, используя данные по экспорту США с 1990 по 2000 г., и обнаружил, что патентная защита является важным фактором, влияющим на то, будут ли американские фирмы поставлять новую продукцию в развивающиеся страны. Как видно, влияние ПИС на международную торговлю очевидно. Развитые страны в большинстве своем считают торговые барьеры для защиты ПИС оправданными, однако эта точка зрения не разделяется развивающимися странами. Лишь немногие исследования посвящены выявлению рисков, связанных с торговыми

барьерами, и оценке промышленной безопасности с точки зрения барьеров на пути ПИС.

В данной работе усилен мониторинг рисков международных прав интеллектуальной собственности путем создания эффективной и динамичной системы оценки промышленной безопасности, способствующей своевременному обнаружению скрытых рисков и скорейшему нахождению подходящих и целесообразных методов контроля и управления безопасностью высокотехнологических отраслей.

Вопросы технологической безопасности и защиты интеллектуальной собственности рассматриваются в статье во взаимосвязи друг с другом. В настоящее время ученые изучают вопросы безопасности в различных отраслях промышленности. В частности, Пинто [14] предложил качественную модель для оценки рисков безопасности труда в строительной отрасли, в которой нечеткая теория использовалась для представления информационной индукции в виде лингвистических переменных. Ифинео [15] проанализировал угрозы информационной безопасности и средства контроля в сфере финансовых услуг на примере глобальных финансовых организаций и сделал некоторые предварительные выводы для практиков. Инь и др. [16] рассмотрели инвестиции в жилье как важный вопрос в строительстве Экономического пояса Шелкового пути (ЭПШП) и Морского Шелкового пути XXI века (МШП) и предложили систему безопасности инвестиций в жилье, используя соответствующие данные по 24 странам МШП. Система индексов оценки. Мы видим, что безопасность привлекает все большее внимание во многих отраслях, таких как строительство, финансовые услуги, биоэнергетика и т. д. Общая идея исследования безопасности отрасли заключается в том, чтобы сначала построить подходящую систему оценочных индексов для конкретной отрасли, а затем оценить уровень безопасности отрасли с помощью методов принятия решений на основе множественной атрибуции. Однако исследований, анализирующих высокотехнологические отрасли с точки зрения технологической безопасности, немного. В данной работе восполняется этот пробел.

Светодиодная промышленность, являясь стратегической развивающейся отраслью, играет важную роль в совершенствовании экономической структуры промышленности и способа энергопотребления, поэтому на ее примере мы проводим специальное исследование для построения системы оценки и системы показателей уровня технической безопасности.

В исследовании создается система раннего предупреждения рисков, основанная на трех стандартных измерениях: технологическая безопасность, рыночная безопасность и политическая

безопасность. Технологический уровень отражает внутреннюю движущую силу развития высокотехнологических отраслей, которая в основном включает в себя конкурентоспособность, инновации и контроль. Рыночный уровень отражает экстремность рынка, концентрацию и контроль высокотехнологических отраслей; политический уровень отражает внутреннюю и международную политическую среду высокотехнологических отраслей. С точки зрения стратегического управления данная институциональная структура создает модель пространственно-временного охвата, основанную на международных технических барьерах, с которыми сталкиваются высокотехнологические отрасли Китая, как показано на (рис. 1). Чем больше пространственно-временной масштаб, тем выше угроза промышленной безопасности Китая. Уровни раннего реагирования на угрозу промышленной безопасности включают « $D_1$  – безопасный», « $D_2$  – практически безопасный», « $D_3$  – нормальный», « $D_4$  – небезопасный» и « $D_5$  – опасный».

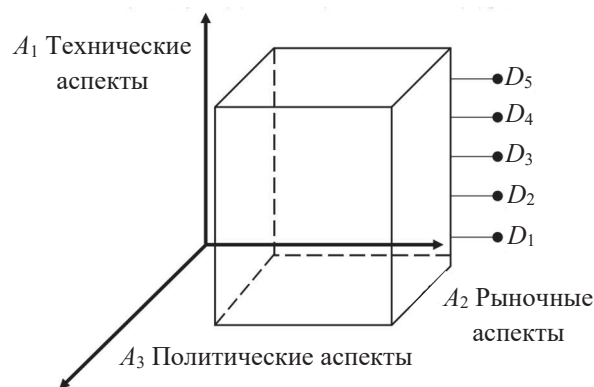


Рис. 1. Модель пространственно-временного охвата технологической безопасности высокотехнологических отраслей Китая

На (рис. 2) представлена система индикаторов для оценки системы промышленной безопасности, где  $A_1$  – техническая безопасность;  $A_2$  – рыночная безопасность;  $A_3$  – политическая безопасность; индикаторы  $B$  и  $C$  – различные субъективные и объективные показатели. Для оценки системы индикаторов мы пригласили 40 экспертов на базе 40 предприятий Китая, экспортирующих светодиоды. Ниже приведены подробные описания индикаторов оценки технологической безопасности.

Первый уровень  $A$ , подразделяется на три уровня  $abc$ , из которых  $a$  относится к уровню технологической конкурентоспособности. В этот уровень входят четыре конкретных показателя, в том числе количество китайских патентов, выданных светодиодным компаниям ( $C_{111}$ ), и количество международных патентов, выданных светодиодным компаниям ( $C_{112}$ ), зависимость

светодиодных предприятий от прав интеллектуальной собственности и соответствие потенциала прав интеллектуальной собственности ( $C_{113}$ ), доля лет поддержания разрешенных патентов светодиодных предприятий ( $C_{114}$ ). Среди них оба показателя  $C_{111}$  и  $C_{112}$  являются объективными. Чем больше патентных разрешений и патентных лицензий у китайских светодиодных предприятий, тем выше технологическая инновационная способность китайской светодиодной промышленности и тем безопаснее отрасль. Индекс  $C_{113}$  является субъективным показателем. Чем выше он, тем больше прав интеллектуальной собственности принадлежит светодиодным предприятиям, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность.  $C_{114}$  – объективный показатель. Чем дольше светодиодные предприятия поддерживают патентную лицензию, тем выше стоимость этих патентов, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность.

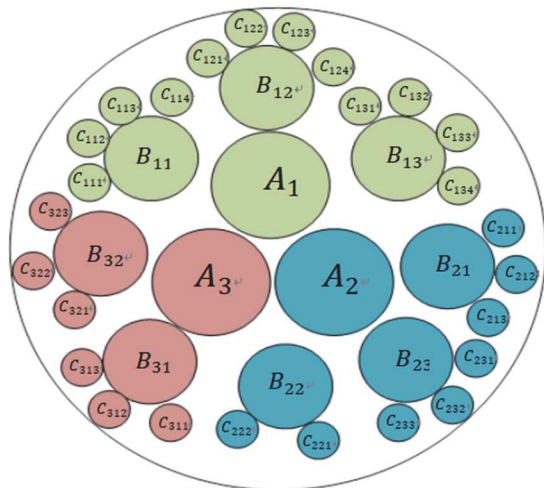


Рис. 2. Показатели оценки безопасности для высокотехнологичных производств

В соответствии с полученными данными период поддержания лицензии делится на пять категорий: 13 лет и выше (безопасный), 10–12 лет (базовая безопасность), 7–9 лет (нормальный), 4–6 лет (небезопасный), 1–3 года (опасный).

Второй уровень  $B$  – уровень устойчивых инноваций. В этом слое четыре специфических показателя: доля инвестиций в НИОКР светодиодных предприятий ( $C_{121}$ ), стадия технологической инновации ( $C_{122}$ ), степень тесного сотрудничества светодиодных предприятий с научно-исследовательскими институтами, связанными со светодиодами ( $C_{123}$ ), и роль отдела управления интеллектуальной собственностью в технологической инновации ( $C_{124}$ ). Среди них индекс  $C_{121}$  является объективным показателем, формула расчета которого выглядит следующим образом:

$$C_{121} = \frac{\text{Общие инвестиции в НИОКР}}{\text{Общая выручка от реализации}} \cdot 100\%.$$

Следует отметить, что мы попытались применить метод полезности, предложенный профессором Байневым [17], для замены показателя инвестиций в НИОКР, а затем из-за недостатка данных смогли применить только традиционный способ определения инновационного потенциала, т. е. интенсивность НИОКР. В настоящее время подавляющее большинство экономистов считают, что чем выше инвестиции в НИОКР, тем сильнее устойчивая инновационная способность светодиодной промышленности, тем надежнее китайская светодиодная промышленность. Уровень индекса более 7% (безопасно), 5–7% (базовая безопасность), 3–5% (нормально), 1–3% (небезопасно), менее 1% (опасно). Индекс  $C_{122}$  также является объективным. Источник технологических инноваций можно разделить на пять стадий: простое подражание, покупка технологии, совершенствование технологии, сотрудничество между промышленностью и университетом и инновации, сочетающие три последних. Предприятия светодиодной промышленности, находящиеся на последней стадии, как правило, обладают более высокой способностью к интеграции технологических инновационных ресурсов, что в большей степени способствует непрерывной инновационной деятельности светодиодной промышленности, делая китайскую светодиодную промышленность более безопасной.  $C_{123}$  и  $C_{124}$  являются субъективными. Чем теснее сотрудничество между предприятиями светодиодной промышленности и научно-исследовательскими институтами, связанными со светодиодами, тем более безопасной будет китайская светодиодная промышленность. Чем большую роль играет отдел управления технологическими инновациями и правами на интеллектуальную собственность, чем больше он способствует мобилизации ресурсов предприятия на технологические инновации, тем безопаснее будет светодиодная промышленность Китая.

Третий уровень  $C$  – уровень контроля интеллектуальной собственности, который также включает четыре специфических показателя: патентное расположение светодиодных предприятий ( $C_{131}$ ), создание или вступление светодиодных предприятий в патентные альянсы ( $C_{132}$ ), патентная стандартизация в светодиодной промышленности Китая ( $C_{133}$ ) и уровень контроля иностранных патентов в светодиодной промышленности Китая ( $C_{134}$ ). Первые три показателя ( $C_{131}$ ,  $C_{132}$  и  $C_{133}$ ) носят субъективный характер. Лучшая патентная планировка в большей степени способствует тому, что предприятия светодиодной промышленности завершают патентную защиту, защиту и сохранение рыночной позиции,

лучший патентный пул и патентный альянс указывают на то, что предприятия светодиодной промышленности обладают более сильной способностью к патентной деятельности, а более высокая степень стандартизации означает большую вероятность достижения максимальной экономической выгоды от патентной стоимости. Таким образом, чем больше значение этих трех индексов, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность. Индекс  $C_{134}$  является объективным и противоположным индексом, а метод его расчета заключается в следующем:

$$C_{134} = \frac{\text{Количество патентов, выданных светодиодным компаниям, финансируемым иностранными инвесторами}}{\text{Количество патентов, выданных китайской светодиодной промышленности}} \cdot 100\%.$$

Безопасность рынка ( $A_2$ ). Данный критериальный уровень включает три подкритерия: ориентация на внешний рынок ( $B_{21}$ ), концентрация рынка ( $B_{22}$ ) и контроль рынка ( $B_{23}$ ) [16]. Среди них уровень ориентации на внешний рынок  $B_{21}$  включает три специфических индекса: зависимость от экспорта ( $C_{211}$ ), зависимость от импорта ( $C_{212}$ ) и индекс торговой конкурентоспособности светодиодной промышленности ( $C_{213}$ ). Индекс  $C_{211}$  является объективным и противоположным индексом, который рассчитывается следующим образом:

$$C_{211} = \frac{\text{Китайский экспорт светодиодной продукции и сырья}}{\text{Объем производства светодиодной промышленности Китая}} \cdot 100\%.$$

Чем выше экспортная зависимость, тем большее влияние на промышленную безопасность оказывают международные факторы, тем более небезопасна светодиодная промышленность Китая. Индекс  $C_{212}$  также является объективной противоположностью индекса, который рассчитывается по формуле

$$C_{212} = \frac{\text{Китайский импорт светодиодной продукции и сырья}}{\text{Объем производства светодиодной промышленности Китая}} \cdot 100\%.$$

Аналогично, чем выше зависимость от импорта, тем большее влияние на промышленную безопасность оказывают международные факторы, тем более небезопасной является светодиодная

промышленность Китая. Индекс торговой конкурентоспособности светодиодной промышленности, т. е.  $C_{213}$ , является объективным показателем. Его формула выглядит следующим образом:

$$C_{213} = \frac{\text{Стоимость экс} \cdot \text{LED} - \text{стоимость им} \cdot \text{LED}}{\text{Стоимость экс} \cdot \text{LED} + \text{стоимость им} \cdot \text{LED}} \cdot 100\%.$$

А рыночная концентрация  $B_{22}$  содержит два специфических индекса: степень агрегации китайской светодиодной промышленности в международной светодиодной промышленности ( $C_{221}$ ) и степень рыночной концентрации китайской светодиодной промышленности ( $C_{222}$ ). Индекс  $C_{221}$  является субъективным индексом. Чем выше степень агрегации, тем сильнее международная конкурентоспособность китайской светодиодной промышленности, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность.  $C_{222}$  – объективный индекс, формула которого выглядит следующим образом:

$$C_{222} = 1000 \cdot \sum_{i=1}^{20} \left( \frac{CP_i}{TPV} \right)^2,$$

где  $CP_i$  обозначает объем производства 20 крупнейших светодиодных предприятий Китая, а  $TPV$  – общий объем производства светодиодной промышленности Китая за тот же год. Чем выше рыночная концентрация, тем больше доля рынка одного светодиодного предприятия, соответственно повышаются его способность к развитию и международная конкурентоспособность, а значит, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность.

В слой контроля рынка  $B_{23}$  входят три специфических показателя: доля китайской светодиодной продукции на мировом рынке ( $C_{231}$ ), контроль иностранных предприятий на китайском светодиодном рынке ( $C_{232}$ ) и конкурентоспособность бренда китайской светодиодной продукции ( $C_{233}$ ). Показатель  $C_{231}$  является объективным показателем, а формула его расчета выглядит следующим образом:

$$C_{231} = \frac{\text{Стоимость продукции светодиодной промышленности Китая}}{\text{Мировая стоимость продукции светодиодной промышленности}} \cdot 100\%.$$

Чем больше значение  $C_{231}$ , тем выше доля китайской светодиодной продукции на мировом рынке, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность.  $C_{232}$  и  $C_{233}$  являются субъективными. Чем сильнее контроль и больше доля иностранных предприятий на китайском рынке

светодиодов, тем менее безопасна китайская светодиодная промышленность. Чем выше конкурентоспособность бренда, тем безопаснее китайская светодиодная промышленность.

В табл. 1 приведен результат системы оценки безопасности высокотехнологичных отраслей Китая, а в скобках после каждого показателя указан его вес, определенный методом иерархического анализа (АНР). Из-за недостатка места здесь не описывается подробно процесс определения весов с помощью АНР. На самом деле, предлагаемый нами метод может быть применен к различным значениям весов. Векторы, следующие за индексами в нижней части табл. 1, представляют собой векторы принадлежности для пяти уровней безопасности – базового, нормального, опасного и небезопасного.

Во многих ситуациях в реальном мире часто встречается неоднозначная и неопределенная информация. Аналогичным образом, при определении входных данных для системы оценочных метрик в табл. 1 ясности часто не хватает, особенно для субъективных метрик, из-за неопределенности реального мира. В исследовании для оценки субъективных показателей используются мнения 40 экспертов, однако эти эксперты могут оценивать различные уровни безопасности отрасли. Например, для  $C_{113}$  в табл. 1 оценки для пяти уровней составляют 1, 15, 18, 5 и 1. В этом случае для представления результатов оценки необходимо использовать нечеткие методы.

Лю и др. [18] в своем исследовании предложили метод интеллектуального анализа данных на основе энтропии, чтобы получить информацию о знаниях, скрытую в каждой степени принадлежности индекса, и прояснить связь между категоризированными целями и каждой степенью принадлежности индекса. В этом методе они определили дискриминантные значения индексов, чтобы устранить избыточную информацию в степенях принадлежности для категоризации целей, и извлекли действительные значения для расчета степеней принадлежности целей.

Детали применения нового алгоритма преобразования членства к нечеткой оценке безопасности высокотехнологичной отрасли следующие.

1. Вычисление целевого членства с помощью взвешенной суммы членств индексов. При наличии членств и весов индексов одним из классических методов определения целевого членства является взвешенная сумма, т. е.

$$\mu_k(G) = \sum_{j=1}^m \lambda_j(G) \cdot \mu_{jk}(G), (k = 1, 2, \dots, p),$$

где  $G$  обозначает цель оценки;  $k = 1, 2, \dots, p$  – уровень оценки;  $\mu_k(G)$  – принадлежность цели к

$k$ -му уровню;  $m$  – количество индексов оценки;  $\mu_{jk}(G)$  – принадлежность  $j$ -го индекса к  $k$ -му уровню;  $j = 1, 2, \dots, m$ , а  $\lambda_j(G)$  – вес  $j$ -го индекса. Вес индекса должен гарантировать выполнение ограничения нормализации, а именно:

$$0 \leq \lambda_j(G) \leq 1, \sum_{j=1}^m \lambda_j(G) = 1.$$

При этом уровень оценки индекса должен быть упорядочен.

Для  $p$  уровней оценки  $C_k$  обозначает  $k$ -й уровень, который должен превосходить  $C_{k+1}$ . Учитывая  $\mu_{jk}(G)$ , он также должен удовлетворять ограничению нормализации, а именно:

$$0 \leq \mu_{jk}(G) \leq 1, \sum_{k=1}^m \mu_{jk}(G) = 1.$$

Как видим, для определения уровня оценки, т. е.  $\mu_k(G)$ , необходимо получить членство индекса  $\mu_{jk}(G)$  и вес индекса  $\lambda_j(G)$ . В данной работе для получения весов индексов используется метод, основанный на АНР, а для получения членов индексов – метод, основанный на энтропии.

2. Энтропийный подход к определению принадлежности индексов. Понятие энтропии может быть применено для представления степени беспорядка или случайности в данных. С учетом этого мы используем понятие энтропии для определения степени концентрации и дисперсии в членстве индекса  $\mu_{jk}(G)$ . Пусть  $H_j(G)$  обозначает энтропию  $\mu_{jk}(G)$ , для определения значения дискриминации индекса для каждого члена индекса мы используем следующие формулы:

$$H_j(G) = -\sum_{k=1}^p \mu_{jk}(G) \cdot \log \mu_{jk}(G);$$

$$v_j(G) = 1 - \frac{1}{\log p} H_j(G);$$

$$\alpha_j(G) = v_j(G) / \sum_{t=1}^m v_t(G);$$

где  $v_j(G)$  – промежуточное значение, а  $\alpha_j(G)$  обозначает значение индексной дискриминации  $j$ -го членства в индексе. Легко заметить, что  $\alpha_j(G)$  также удовлетворяет ограничению нормализации, а именно:

$$0 \leq \alpha_j(G) \leq 1, \sum_{j=1}^m \alpha_j(G) = 1.$$

После получения значения дискриминации индекса можно рассчитать эффективное значение  $j$ -го индекса для  $k$ -го уровня, которое обозначается  $E_j^k$ , т. е.

$$E_j^k = \alpha_j(G) \cdot \mu_{jk}(G), (k = 1, 2, \dots, p).$$

Таблица 1

## Система индексов оценки безопасности высокотехнологичных отраслей промышленности Китая

|   | A – стандартный слой   | B – слой подкритериев  | C – индексы   | D  |                |                |                |                |   |
|---|--|--|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
|   |  |  |   | D <sub>1</sub>   | D <sub>2</sub> | D <sub>3</sub> | D <sub>4</sub> | D <sub>5</sub> |   |
| G – Оценка безопасности высокотехнологичной индустрии Китая | A <sub>1</sub> : Техническая безопасность (0,29935)                              | B <sub>11</sub> : Технологическая конкурентоспособность (0,32634)  | C <sub>111</sub> : Количество отечественных патентов, полученных китайскими LED-предприятиями (0,36431)                                   | 0  | 1              | 0              | 0              | 0              |   |
|   |  |  | C <sub>112</sub> : Количество патентов, полученных китайскими светодиодными компаниями (0,23190)  | 0  | 0              | 0              | 1              | 0              |   |
|   |  |  | C <sub>113</sub> : Сопоставление надежности ИС и ИС-возможностей LED-предприятий (0,18737)  | 1  | 15             | 18             | 5              | 1              |   |
|   |  |  | C <sub>114</sub> : LED-предприятия, уполномоченные патентами, сохраняют пропорцию лет (0,21641)   | 6  | 12             | 8              | 8              | 6              |   |
|   |  | B <sub>12</sub> : Устойчивые инновации (0,41457)   | C <sub>121</sub> : Соотношение инвестиций в НИОКР в предприятиях LED (0,27770)  | 2  | 6              | 16             | 14             | 2              |   |
|   |  |  | C <sub>122</sub> : Этап инновационных технологий LED предприятий (0,26560)  | 6  | 9              | 14             | 5              | 6              |   |
|   |  |  | C <sub>123</sub> : Степень тесного сотрудничества между предприятиями LED и научно-исследовательскими институтами в области LED (0,23906) | 2  | 11             | 15             | 9              | 3              |   |
|   |  |  | C <sub>124</sub> : Роль управления ИС в технологических инновациях (0,20757)  | 2  | 16             | 6              | 5              | 11             |   |
|   |  | B <sub>13</sub> : Контроль интеллектуальной собственности (0,25990)  | C <sub>131</sub> : Патентный макет LED-предприятия (0,25433)  | 2  | 18             | 14             | 6              | 0              |   |
|   |  |  | C <sub>132</sub> : Создание или вступление в патентные альянсы предприятий LED-индустрии (0,20290)  | 2  | 11             | 18             | 4              | 5              |   |
|   |  |  | C <sub>133</sub> : Патентная стандартизация в LED-индустрии Китая (0,24008)   | 2  | 3              | 23             | 11             | 1              |   |
|   |  |  | C <sub>134</sub> : Уровень контроля иностранных патентов в LED-индустрии Китая (0,30270)  | 0  | 0              | 0              | 1              | 0              |   |
|   |  | A <sub>2</sub> : Безопасность рыночной деятельности (0,30980)  | B <sub>21</sub> : Ориентация на внешний рынок (0,34407)   | C <sub>211</sub> : Экспортная зависимость (0,37328)  | 0              | 1              | 0              | 0              | 0 |
|   |  |  |   | C <sub>212</sub> : Импортная зависимость (0,30569)   | 0              | 1              | 0              | 0              | 0 |
|   | C <sub>213</sub> : Индекс торговой конкурентоспособности LED-индустрии (0,32103) |  |   | 0  | 1              | 0              | 0              | 0              |   |
|   | B <sub>22</sub> : Концентрация рынка (0,36228)                                   |  | C <sub>221</sub> : Китайская LED-индустрия на международной конференции по LED-индустрии (0,47222)  | 3  | 6              | 16             | 13             | 2              |   |
|   |  |  | C <sub>222</sub> : Концентрация рынка в LED-индустрии Китая (0,52778)   | 0  | 0              | 0              | 1              | 0              |   |
|   | B <sub>23</sub> : Управление рынком (0,29365)                                    |  | C <sub>231</sub> : Доля мирового рынка LED-продукции в Китае (0,44973)  | 0  | 0              | 0              | 1              | 0              |   |
|   |  |  | C <sub>232</sub> : Контроль иностранных компаний над китайским рынком LED-индустрии (0,26212)   | 4  | 8              | 16             | 11             | 1              |   |
|   |  |  | C <sub>233</sub> : Конкурентоспособность брендов китайской LED-продукции (0,28815)  | 2  | 18             | 14             | 6              | 0              |   |
|   | A <sub>3</sub> : Безопасность политики (0,39085)                                 |  | B <sub>31</sub> : Эффективность промышленной политики Китая (0,50797)   | C <sub>311</sub> : Вклад китайской политики поддержки технологических инноваций в рост стоимости продукции LED-индустрии (0,40690) | 5              | 13             | 14             | 8              | 0 |
|   |  | C <sub>312</sub> : Вклад китайской политики стимулирования экспорта в рост стоимости продукции LED-индустрии (0,29055) |   | 3  | 12             | 18             | 6              | 1              |   |
|   |  | C <sub>313</sub> : Вклад других мер промышленной поддержки в рост стоимости продукции LED-индустрии (0,30255)          |   | 3  | 7              | 13             | 17             | 0              |   |
|   |  | B <sub>32</sub> : Угроза международной промышленной политики (0,49203)   | C <sub>321</sub> : Влияние международных технических барьеров в торговле на экспорт LED-продукции (0,35635)                               | 0  | 4              | 14             | 17             | 5              |   |
|   |  |  | C <sub>322</sub> : Влияние ограничений импортного контроля на экспорт LED-продукции (0,24841)   | 1  | 6              | 13             | 19             | 1              |   |
|   |  |  | C <sub>323</sub> : Влияние барьеров в области интеллектуальной собственности на экспорт светодиодной продукции (0,39524)                  | 1  | 2              | 16             | 12             | 9              |   |



Для перевода эффективных значений в соответствующие сопоставимые значения, которые могут быть использованы для расчета целевого членства, можно воспользоваться следующими шагами.

*Шаг 1.* Вычисление сопоставимого значения  $j$ -го показателя для  $k$ -го уровня. Учитывая вес  $j$ -го показателя для цели оценки  $\beta_j(G)$  и соответствующее ему эффективное значение  $E_j^k$ , можно считать сопоставимое значение  $j$ -го показателя для  $k$ -го уровня, а именно:

$$N_j^k = \beta_j(G) \cdot E_j^k, \quad (k=1, 2, \dots, p),$$

где  $N_j^k$  обозначает сопоставимое значение  $j$ -го показателя с  $k$ -м уровнем.

*Шаг 2.* Вычисление сопоставимой суммы цели оценки. После получения сопоставимого значения  $j$ -го показателя для  $k$ -го уровня можно рассчитать сопоставимую сумму цели оценки, а именно:

$$M_k(G) = \sum_{j=1}^m F_j^k = \sum_{j=1}^m \beta_j(G) \cdot \alpha_j(G) \cdot \mu_{jk}(G), \quad (k=1, 2, \dots, p),$$

где  $M_k(G)$  обозначает сопоставимую сумму объекта оценки с  $k$ -м уровнем. Очевидно, что чем больше  $M_k(G)$ , тем в большей степени объект оценки относится к  $k$ -му уровню.

*Шаг 3.* Рассчитываем принадлежность  $G$  к  $C_k$ . Нормализуя сопоставимую сумму цели оценки для  $k$ -го уровня, можно получить принадлежность цели оценки к каждому уровню оценки, а именно:

$$\mu_k(G) \cong M_k(G) / \sum_{t=1}^p M_t(G), \quad (k=1, 2, \dots, p).$$

Используя приведенную выше формулу, можно получить целевые члены по известным членам индекса и весам индекса. Применяя этот алгоритм, можно эффективно удалить избыточную информацию, скрытую в данных индексной оценки, без добавления каких-либо предварительных знаний.

Для обеспечения научного характера исследования, в отличие от предыдущей отраслевой оценки безопасности, выбираются как субъективные показатели оценки, полученные в результате опроса экспертов, так и объективные показатели оценки, полученные из патентной базы данных и поиска по базам данных ведомств. При этом для получения нечеткой матрицы оценок мы работаем с объективными показателями следующим образом.

Пусть  $C_{ABC}$  – индекс  $C$  третьего подкритериального слоя  $B$  в критериальном слое  $A$ ,  $A = 1, 2, 3$ ,

$B = 1, 2, \dots, 8$ ,  $C = 1, 2, \dots, 26$ . Для работы с индексом  $C_{222}$ , т. е. рыночной концентрацией светодиодной промышленности в Китае, используем следующую формулу:

$$C_{222} = 1000 \cdot \left[ \left( \frac{4501,51}{39670} \right)^2 + \left( \frac{4450,01}{39670} \right)^2 + \dots + \left( \frac{1418,53}{39670} \right)^2 \right] = 787.$$

Данные получены с сайта <http://dazhaoming.com>, на котором представлены 100 ведущих компаний китайской индустрии светодиодного освещения. Далее мы принимаем следующие критерии: если  $C_{222} \geq 1800$ , то это безопасно; если  $1400 \leq C_{222} < 1800$ , то это в принципе безопасно; если  $1000 \leq C_{222} < 1400$ , то это нормально; если  $500 \leq C_{222} < 1000$ , то это небезопасно; если  $C_{222} < 500$ , то это опасно. Таким образом, мы оцениваем рыночную концентрацию светодиодной промышленности Китая в 2020 г. как «небезопасную».  $C_{ABC}$  обозначает среднее значение  $C_{ABC}$  за исключением  $C_{222}$  с 2016 по 2020 г.

Пусть

$$\Delta C_{ABC} = \frac{C_{ABC}(20) - \bar{C}_{ABC}}{\bar{C}_{ABC}},$$

где  $C_{ABC}(20)$  обозначает значение индекса  $C_{ABC}$  в 2020 г. Пусть  $JV_{ABC} = |\Delta C_{ABC}| - CV_{ABC}$ , где  $CV_{ABC}$  – дискретный коэффициент индекса  $C_{ABC}$ , а  $JC_{ABC}$  обозначает оценочное значение индекса безопасности  $C_{ABC}$  для высокотехнологичной отрасли. Далее принимаются следующие критерии: если  $JV_{ABC} \geq CV_{ABC}$ , то безопасно; если  $0 < JV_{ABC} < CV_{ABC}$ , то в принципе безопасно; если  $JV_{ABC} = 0$ , то нормально; если  $-CV_{ABC} < JV_{ABC} < 0$ , то небезопасно; если  $JV_{ABC} \leq -CV_{ABC}$ , то опасно. Результаты обработки приведены в табл. 2.

Источник данных: данные по показателям  $C_{111}$ ,  $C_{112}$  и  $C_{134}$  взяты из патентной базы данных, данные по импорту и экспорту китайской светодиодной продукции и сырья – из Главного таможенного управления Китая. Данные по объему производства светодиодной продукции в Китае, объему производства светодиодной светотехнической продукции в Китае и объему производства светодиодной светотехнической продукции в мире получены от Научно-исследовательского института светодиодной промышленности Gaoxiong Industry. На основе алгоритма преобразования членства можно получить результаты нечеткой оценки безопасности высокотехнологичной промышленности Китая. Конкретные шаги следующие.

Таблица 2

Данные и результаты по объективным показателям

|           | 2016   | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | $CV_{ABC}$ | $JV_{ABC}$ | Уровень оценки       |
|-----------|--|---------|---------|---------|---------|------------|------------|----------------------|
| $C_{111}$ | 21962  | 28729   | 35171   | 33998   | 34489   | 10,17%     | 0,02%      | Базовая безопасность |
| $C_{112}$ | 19210  | 23514   | 29129   | 26984   | 27557   | 9,64%      | -0,63%     | Небезопасность       |
| $C_{134}$ | Количество патентов, выданных предприятиям LED, финансируемым иностранными инвесторами |         |         |         |         | 13,52%     | -6,61%     | Небезопасность       |
|           | 11416  | 15336   | 17387   | 16245   | 16423   |            |            |                      |
|           | Количество патентов, выданных китайской LED-индустрии                                  |         |         |         |         |            |            |                      |
| $C_{211}$ | 33378  | 44065   | 52558   | 50243   | 50912   | 35,81%     | 25,49%     | Базовая безопасность |
|           | Китайский экспорт LED-продукции и сырья (10 000 долл.)                                 |         |         |         |         |            |            |                      |
|           | N/A  | 1104925 | 1529808 | 2285614 | 4530000 |            |            |                      |
| $C_{212}$ | Стоимость продукции LED-индустрии Китая (млрд. юаней)                                  |         |         |         |         | 29,55%     | -15,47%    | Базовая безопасность |
|           | N/A  | 2054    | 2639    | 3445    | 3967    |            |            |                      |
|           | Импорт китайской LED-продукции и сырья (10 000 долл.)                                  |         |         |         |         |            |            |                      |
| $C_{213}$ | N/A  | 648016  | 589661  | 829787  | 912766  | 33,32%     | 16,78%     | Базовая безопасность |
|           | N/A  | 0,2607  | 0,3785  | 0,4673  | 0,6646  |            |            |                      |
| $C_{231}$ | Объем производства светодиодного освещения в Китае (млрд юаней)                        |         |         |         |         | 7,36%      | -4,83%     | Небезопасность       |
|           | 1160   | 1590    | 2082    | 2757    | 3195    |            |            |                      |
|           | Мировой объем производства светодиодных светильников (млрд)                            |         |         |         |         |            |            |                      |
|           | 1272   | 1816    | 2475    | 3408    | 4363    |            |            |                      |

Шаг 1. Возьмем в качестве примера  $B_{11}$  (технологическая конкурентоспособность), конкретные шаги по расчету его индекса принадлежности следующие:

а)  $B_{11}$  включает четыре специфических индекса  $C_{111}-C_{114}$ , а его матрица оценки имеет вид

$$U(B_{11}) = \begin{pmatrix} 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 \\ 0,0250 & 0,3750 & 0,4500 & 0,1250 & 0,0250 \\ 0,1500 & 0,3000 & 0,2000 & 0,2000 & 0,1500 \end{pmatrix}.$$

Затем согласно  $U(B_{11})$  можно вычислить экспоненциальный дискриминант и получить вектор дискриминантных значений:

$$\alpha(B_{11}) = (0,4359 \ 0,4359 \ 0,1186 \ 0,0096);$$

б) из табл. 2 можно узнать, что вектор весов индексов  $C_{111} - C_{114}$  на  $B_{11}$  имеет следующий вид:

$$\beta(B_{11}) = (0,36431 \ 0,23190 \ 0,18737 \ 0,21641);$$

в) имея вектор значений дискриминации и соответствующий вектор весов индексов, можно рассчитать сопоставимое значение  $j$ -го индекса для  $k$ -го уровня и получить следующую матрицу сопоставимых значений:

$$N(B_{11}) = \begin{pmatrix} 0,000 & 1,588 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 1,011 & 0,000 \\ 0,006 & 0,083 & 0,100 & 0,028 & 0,006 \\ 0,003 & 0,006 & 0,004 & 0,004 & 0,003 \end{pmatrix};$$

г) используя  $N(B_{11})$ , можно вычислить сравнимую сумму  $B_{11}$  до  $k$ -го уровня:

$$M(B_{11}) = (0,0087 \ 1,6776 \ 0,1042 \ 0,0087);$$

д) затем, используя сравнимую сумму  $M(B_{11})$ , можно вычислить вектор принадлежности  $B_{11}$  к уровню оценки, т. е.

$$\mu(B_{11}) = (0,0030 \ 0,5903 \ 0,0366 \ 0,0030).$$

Аналогичными действиями можно получить  $\mu(B_{12})$  и  $\mu(B_{13})$ . Затем из слоя подкритериев можно получить матрицу оценки безопасности компоновки  $A_1$ , а именно:

$$U(A_1) = \begin{pmatrix} \mu(B_{11}) \\ \mu(B_{12}) \\ \mu(B_{13}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0030 & 0,5903 & 0,0366 & 0,3669 & 0,0030 \\ 0,0589 & 0,2673 & 0,3902 & 0,2278 & 0,0558 \\ 0,0185 & 0,0964 & 0,1710 & 0,7018 & 0,0123 \end{pmatrix}.$$

Аналогично можно получить матрицы оценок  $A_2$  и  $A_3$  из их подкритериальных слоев, т. е.

$$U(A_2) = \begin{pmatrix} \mu(B_{21}) \\ \mu(B_{22}) \\ \mu(B_{23}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0000 & 1,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0091 & 0,0182 & 0,0486 & 0,9179 & 0,0061 \\ 0,0140 & 0,0773 & 0,0772 & 0,8298 & 0,0017 \end{pmatrix};$$

$$U(A_3) = \begin{pmatrix} \mu(B_{31}) \\ \mu(B_{32}) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0933 & 0,3532 & 0,3694 & 0,1771 & 0,0070 \\ 0,0155 & 0,0979 & 0,3593 & 0,3981 & 0,1293 \end{pmatrix}.$$

*Шаг 2.* Используем матрицу оценки технической безопасности  $A_1$  и соответствующий ей вектор весов в ее подкритериальном слое:

$$\beta(A_1) = (0,32634 \quad 0,41457 \quad 0,25909),$$

можно рассчитать экспоненциальное членение технической безопасности  $A_1$  с целью оценки, т. е.

$$\mu(A_1) = (0,0182 \quad 0,3625 \quad 0,1455 \quad 0,4582 \quad 0,0155).$$

Аналогичным образом можно получить члены индекса рыночной безопасности  $A_2$  и политической безопасности  $A_3$  объекта оценки, а затем матрицу оценки безопасности высокотехнологической промышленности Китая в 2020 г.:

$$U(G) = \begin{pmatrix} \mu(A_1) \\ \mu(A_2) \\ \mu(A_3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,0182 & 0,3625 & 0,1455 & 0,4582 & 0,0155 \\ 0,0063 & 0,4523 & 0,0342 & 0,5047 & 0,0025 \\ 0,0546 & 0,2261 & 0,3644 & 0,2871 & 0,0679 \end{pmatrix}.$$

Затем с весовым вектором критериального слоя

$$\beta(G) = (0,29935 \quad 0,30980 \quad 0,39085)$$

можно рассчитать целевой состав участников 2020 г. по безопасности высокотехнологической промышленности Китая:

$$\mu(G) = (\mu_1(G), \dots, \mu_5(G)) = (0,0149 \quad 0,4022 \quad 0,1014 \quad 0,4683 \quad 0,0132).$$

*Шаг 3.* Определение результата оценки. Отметим, что уровень оценки безопасности высокотехнологической отрасли является упорядоченным, т. е. ранг  $C_k$  превосходит ранг  $C_{k+1}$ . В этом случае критерий максимальной степени принадлежности, применимый к неупорядоченной ситуации, неприменим. Если использовать критерий максимальной степени принадлежности для упорядоченных ситуаций, то можно получить некорректные результаты оценки. В данной работе пять уровней – безопасный, практически безопасный, нормальный, небезопасный и опасный – упорядочены, поэтому за более высокий уровень, т. е. безопасный, может быть принят более низкий уровень, т. е. практически безопасный. Таким образом, мы используем следующий критерий доверия.

Пусть  $\lambda$  ( $\lambda > 0,5$ ) – степень доверия. Если мы вычислим

$$K_0 = \min \left\{ K \left| \sum_{t=1}^k \mu_t(G) \geq \lambda, 1 \leq k \leq 5 \right. \right\},$$

то можно судить о принадлежности  $G$  к уровню  $K_0$  с большей степенью достоверности, чем  $\lambda$ . Используя этот метод, мы оцениваем безопасность высокотехнологической промышленности Китая в 2020 г. как «нормальный» уровень, поскольку  $0,0149 + 0,4022 + 0,0114 = 0,5185$ . Степень достоверности суждения составляет 51,85%. Если использовать общий критерий максимального членства, то уровень оценки безопасности высокотехнологической промышленности Китая в 2020 г. будет «небезопасным», но степень членства составит 46,83%, что ниже 51,85% по нашему критерию доверия.

На примере светодиодной промышленности, используя алгоритм преобразования членства, мы оцениваем, что уровень безопасности высокотехнологической промышленности Китая в 2020 г. будет «нормальным» с доверительной вероятностью 51,85%, а это свидетельствует о том, что состояние безопасности высокотехнологической промышленности Китая «нормальное». Однако следует отметить, что уровень доверия к уровню безопасности высокотехнологической промышленности Китая в 2020 г. составляет всего 1,49%, что далеко от «безопасного» уровня. Поэтому необходимо уделять большое внимание безопасности китайской высокотехнологической промышленности. Из матрицы оценки  $U(G)$  безопасности высокотехнологической промышленности Китая в 2020 г. видно, что уровень доверия к «базовой безопасности» для  $A_1$  (технологическая безопасность),  $A_2$  (рыночная безопасность) и  $A_3$  (политическая безопасность) составляет 52,62%, 49,28% и 64,51% соответственно. Это свидетельствует о том, что уровень доверия к технической и рыночной безопасности невысок, и китайской высокотехнологической промышленности следует продолжать укреплять эти два аспекта.

Из матрицы оценки безопасности промышленных технологий  $U(A_1)$  видно, что уровень доверия к  $B_{11}$  (конкурентоспособность технологий) «базовая безопасность» составляет 59,33%, уровень доверия к  $B_{12}$  (устойчивые инновации) «базовая безопасность» и «общая» – 32,63% и 71,64% соответственно, а уровень доверия к  $B_{13}$  (контроль интеллектуальной собственности) «небезопасность» – 98,77%. Как видно, хотя технологии китайской высокотехнологической промышленности обладают определенной степенью конкурентоспособности, их преимущества в основном сосредоточены в прикладных областях с более низким технологическим содержанием. Кроме того, китайские высокотехнологические предприятия в основном гонятся за краткосрочной экономической выгодой и не инвестируют постоянно в технологические исследования и разработки, что в конечном итоге приводит к серьезному дефициту устойчивого

инновационного потенциала. Еще хуже то, что китайские высокотехнологичные предприятия имеют слабый патентный потенциал и низкий уровень стандартизации, а ключевые и передовые технологии монополизированы международными гигантами. Такая ситуация может привести к тому, что после кратковременного восстановления китайская высокотехнологичная промышленность вступит в «ледниковый период».

Из матрицы оценки рыночной безопасности  $U(A_2)$  видно, что уровень доверия к оценке «базовой безопасности» по показателю  $B_{21}$  (ориентация на внешний рынок) составляет 100%, а уровень доверия к оценке «небезопасности» по показателям  $B_{22}$  (концентрация рынка) и  $B_{23}$  (контроль рынка) составляет 99,38% и 99,83% соответственно. Это говорит о том, что, хотя экспорт высокотехнологичной продукции из Китая растет быстрыми темпами, большинство высокотехнологичных предприятий являются небольшими и не могут позволить себе поддерживать инвестиции в НИОКР и контроль над рынком. Поэтому им трудно противостоять рыночным барьерам, создаваемым международными высокотехнологичными гигантами.

На основе проведенного исследования в работе даны следующие четыре предложения. Во-первых, укреплять независимые исследования и разработку технологий и поощрять предприятия к увеличению инвестиций в НИОКР в области ключевых технологий. Посредством политической поддержки и финансовых стимулов поощрять предприятия к проведению оригинальных исследований, снижать зависимость от внешних ключевых технологий и повышать общий технологический инновационный потенциал отрасли. Вторая задача – улучшить и укрепить систему правовой защиты прав интеллектуальной собственности, чтобы технологические инновации получали разумную отдачу и защиту. Создать быстрый и эффективный механизм рассмотрения споров, связанных с интеллектуальной собственностью, усилить борьбу с нарушениями и создать рыночную среду для честной конкуренции. В-третьих, предприятиям и государственным ведомствам рекомендуется усилить оценку рисков и надзор за технологической безопасностью, проводить регулярные проверки технологической безопасности, своевременно выявлять и реагировать на потенциальные угрозы

технологической безопасности. В то же время необходимо усилить межсекторный и межотраслевой обмен информацией, чтобы повысить способность всей отрасли реагировать на угрозы технологической безопасности. Наконец исходя из необходимости обеспечения национальной безопасности, активно участвовать в международных технических обменах и сотрудничестве. Благодаря международному сотрудничеству мы можем не только внедрять передовые технологии и опыт управления, но и повышать конкурентоспособность китайских предприятий на международном рынке и способствовать глобализации технологий. Благодаря этим комплексным мерам высокотехнологичные отрасли Китая смогут не только сохранить конкурентоспособность на внутреннем рынке, но и занять более выгодное положение на мировом рынке и способствовать долгосрочному развитию страны.

**Заключение.** Признание рисков международных барьеров интеллектуальной собственности, с которыми сталкиваются высокотехнологичные отрасли Китая, и создание механизма раннего предупреждения имеют большое значение для выработки государственной промышленной политики и обеспечения безопасности высокотехнологичных отраслей. В данном исследовании мы рассматриваем вопрос оценки безопасности высокотехнологичной промышленности Китая с точки зрения международных барьеров интеллектуальной собственности. Для решения этой задачи мы построили систему индексов оценки безопасности китайской высокотехнологичной промышленности по трем аспектам: технологии, рынок и политика, а также предложили алгоритм нечеткой оценки на основе энтропии. На примере светодиодной промышленности определили уровень риска для китайской светодиодной промышленности в 2020 г. и сделали соответствующие практические выводы.

*Статья публикуется в рамках выполнения НИР «Развитие высокотехнологичного сектора экономики как фактор обеспечения научно-технологической безопасности Республики Беларусь» (госрегистрация № 20211622) в рамках Государственной программы научных исследований «Общество и гуманитарная безопасность белорусского государства» на 2021–2025 годы и отражает полученные в процессе ее выполнения результаты [19–21].*

### Список литературы

1. Байнев В. Ф. О необходимости возобновления политико-экономических исследований фундаментальных проблем научно-технического прогресса: оценка уровня технологичности экономических систем // Теоретическая экономика. 2022. № 9 (93). С. 14–27.
2. Fainshmidt S., White G. O., Cangioni C. Legal distance, cognitive distance, and conflict resolution in international business intellectual property disputes // Journal of International Management. 2014. Vol. 20, no. 2. P. 188–200.

3. Maskus K. E. Intellectual Property Rights in the Global Economy / Institute for International Economics. Washington, D. C., 2000. P. 227–248.
4. Байнев В. Ф. Технологическая безопасность как главный стратегический приоритет Союзного государства Беларуси и России // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2022. № 3 (39). С. 25–33.
5. Maskus K. E., Lahouel M. Competition policy and intellectual property rights in developing countries // The World Economy. 2002. Vol. 23, no. 4. P. 595–611.
6. Huimin Li, Lu Zhao. Trends and Countermeasures of China-U.S. Chip Competition // Science and Technology in China. 2023. No. 4. P. 14–16.
7. Mingxu Cui, Yingjia Cui. Study on the Path of Sino-Korean Semiconductor Industry Cooperation under the Background of China-U.S. Competition // Northeast Asia Economic Studies. 2023. No. 7 (04). P. 29–42.
8. Awokuse T. O., Yin H. Does stronger intellectual property rights protection induce more bilateral trade // Evidence from China's imports. World Development. 2010. Vol. 38, no. 8. P. 1094–1104.
9. Christodoulou D., Lev B., Ma L. The productivity of Chinese patents: The role of business area and ownership type // International Journal of Production Economics. 2018. Vol. 199. P. 107–124.
10. Cheng J. C., Yiu D. China business at a crossroads: Institutions, innovation, and international competitiveness. Long Range Planning. 2016. Vol. 49, no. 5. P. 584–588.
11. Maskus K. E., Penubarti M. How trade-related are intellectual property rights // Journal of International Economics. 1995. Vol. 39, no. 3–4. P. 227–248.
12. Smith P. J. Are weak patent rights a barrier to U.S. exports // Journal of International Economics. 1999. Vol. 48, no. 1. P. 151–177.
13. Ivus A. Does stronger patent protection increase export variety? Evidence from US product-level data // Journal of International Business Studies. 2015. Vol. 46, no. 6. P. 724–731.
14. Pinto A. QRAM a qualitative occupational safety risk assessment model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets // Safety Science. 2014. Vol. 63. P. 57–76.
15. Ifinedo P. The effects of national culture on the assessment of information security threats and controls in financial services industry // International Journal of Electronic Business Management. 2014. Vol. 12, no. 2. P. 75–89.
16. Yin J., Yang X., Zheng X., Jiao N. Analysis of the investment security of the accommodation industry for countries along the B&R: An empirical study based on panel data // Tourism Economics. 2017. Vol. 23, no. 3. P. 35–46.
17. Байнев В. Ф., Макаревич С. В. Полезностный метод анализа научно-технической деятельности // Экономическая наука сегодня. 2023. № 17. С. 41–50.
18. Wang Liu J., Pang Y.-J. A new method of membership conversion for fuzzy evaluation of the oil storage safety // International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering, Beijing, China. 2009.
19. Байнев В. Ф., Гораева Т. Ю. Технологический суверенитет как основа экономической и национальной безопасности Беларуси // Беларуская думка. 2023. № 8. С. 98–105.
20. Гораева Т. Ю. Технологический аспект импортозамещения в Республике Беларусь // Наука и инновации. 2023. № 11 (248). С. 47–51.
21. Ли Пэйчжэн. Управление технологическим развитием Китая // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы V Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 1 марта 2023 г. Ч. 1 / Белорус. гос. ун-т; редкол.: А. А. Королёва (гл. ред.) [и др.]. Минск, БГУ, 2023. С. 304–307.

### References

1. Baynev V. F. On the necessity of resuming politico-economic studies of fundamental problems of scientific and technological progress: an assessment of the technological level of economic systems. *Teoreticheskaya ekonomika* [Theoretical Economics], 2015, no. 9 (93), pp. 14–27 (In Russian).
2. Fainshmidt S., White G. O., Cangioni C. Legal distance, cognitive distance, and conflict resolution in international business intellectual property disputes. *Journal of International Management*, 2014, vol. 20, no. 2, pp. 188–200.
3. Maskus K. E. Intellectual Property Rights in the Global Economy. *Institute for International Economics*. Washington, D. C., 2000, pp. 227–248.
4. Baynev V. F. Technological security as the main strategic priority of the Union State of Belarus and Russia. *Natsional'naya bezopasnost' i strategicheskoye planirovaniye* [National Security and Strategic Planning], 2022, no. 3(39), pp. 25–33 (In Russian).
5. Maskus K. E., Lahouel M. Competition policy and intellectual property rights in developing countries. *The World Economy*, 2002, vol. 23, no. 4, pp. 595–611.

6. Huimin Li, Lu Zhao. Trends and Countermeasures of China-U.S. Chip Competition / *Science and Technology in China*, 2023, no. 4, pp. 14–16.
7. Mingxu Cui, Yingjia Cui. Study on the Path of Sino-Korean Semiconductor Industry Cooperation under the Background of China-U.S. Competition. *Northeast Asia Economic Studies*, 2023, no. 7 (04), pp. 29–42.
8. Awokuse T. O., Yin H. Does stronger intellectual property rights protection induce more bilateral trade. Evidence from China's imports. *World Development*, 2010, vol. 38, no. 8, pp. 1094–1104.
9. Christodoulou D., Lev B., Ma L. The productivity of Chinese patents: The role of business area and ownership type. *International Journal of Production Economics*, 2018, vol. 199, pp. 107–124.
10. Cheng J. C., Yiu D. China business at a crossroads: Institutions, innovation, and international competitiveness. *Long Range Planning*, 2016, vol. 49, no. 5, pp. 584–588.
11. Maskus K. E., Penubarti M. How trade-related are intellectual property rights. *Journal of International Economics*, 1995, vol. 39, no. 3–4, pp. 227–248.
12. Smith P. J. Are weak patent rights a barrier to U.S. exports. *Journal of International Economics*, 1999, vol. 48, no. 1, pp. 151–177.
13. Ivus A. Does stronger patent protection increase export variety? Evidence from US product-level data. *Journal of International Business Studies*, 2015, vol. 46, no. 6, pp. 724–731.
14. Pinto A. QRAM a qualitative occupational safety risk assessment model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. *Safety Science*, 2014, vol. 63, pp. 57–76.
15. Ifinedo P. The effects of national culture on the assessment of information security threats and controls in financial services industry. *International Journal of Electronic Business Management*, 2014, vol. 12, no. 2, pp. 75–89.
16. Yin J., Yang X., Zheng X., Jiao N. Analysis of the investment security of the accommodation industry for countries along the B&R: An empirical study based on panel data. *Tourism Economics*, 2017, vol. 23, no. 3, pp. 35–46.
17. Baynev V. F., Makarevich S. V. Utility method of analysis of scientific and technical activities. *Ekonomicheskaya nauka segodnya* [Economic Science Today], 2023, no. 17, pp. 41–50 (In Russian).
18. Wang Liu J., Pang Y.-J. A new method of membership conversion for fuzzy evaluation of the oil storage safety. *International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering*. Beijing, China. 2009.
19. Baynev V. F., Goraeva T. Y. Technological sovereignty as the basis of economic and national security of Belarus. *Belaruskaya dumka* [Belarusian Thought], 2023, no. 8, pp. 98–105 (In Russian).
20. Goraeva T. Y. Technological aspect of import substitution in the Republic of Belarus. *Nauka i inovatsii* [Science and Innovations], 2023, no. 11(248), pp. 47–51 (In Russian).
21. Li Peizhen. Management of technological development in China. *Tendantsii ekonomicheskogo razvitiya v XXI veke : materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Trends in Economic Development in the 21st Century: materials of the 5th International Scientific and Practical Conference], Minsk, 2023, part 1, pp. 304–307 (In Russian).

#### Информация об авторе

**Ли Пэйчжэн** – аспирант кафедры инноватики и предпринимательской деятельности. Белорусский государственный университет (220030, г. Минск, пр. Независимости, 4, Республика Беларусь). E-mail: 1343055010@qq.com

#### Information about the author

**Li Peizheng** – PhD student, the Department of Innovation and Entrepreneurship. Belarusian State University (4, Nezavisimicti Ave., 220030, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: 1343055010@qq.com

Поступила 16.04.2024