

Нейросетевой подход к решению задачи прогнозирования научно-технологического развития государства



С. В. Горбачев,
к. т. н., научный
сотрудник,
международная
лаборатория «Системы
технического зрения»
spp03@sibmail.com



В. И. Сырямкин,
д. т. н., профессор,
зав. кафедрой
управления
качеством
egs@sibmail.com



М. В. Сырямкин,
аспирант, кафедра
управления
качеством
maximus70sir@gmail.com



Е. В. Ваганова,
старший
преподаватель,
кафедра управления
качеством
hailun@mail.ru

**Факультет инновационных технологий,
Национальный исследовательский Томский государственный университет**

В статье изложена методика выявления передовых новшеств и нововведений, вкупе с прорывными идеями и технологиями, построенная на исследовании и классификации объектов интеллектуальной собственности основных патентных ведомств, организаций и бюро, с использованием нейросетевого анализа наиболее перспективных технологий и научно-технологических направлений, способных сформировать шестой технологический уклад. В рамках научной работы был проведен экспертный опрос с нейросетевой обработкой данных, анализ рынка светотехники и изучена патентная информация светодиодной светотехники с целью определения «технологических всплесков» данной отрасли. Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что технологии производства светодиодов в России обладают большим потенциалом.

Ключевые слова: нейросетевая классификация, технологический уклад, патентный анализ, прорывные технологии.

Введение

В течение последних десяти лет научно-технологические форсайт-исследования претерпели определенную метаморфозу. Первоначально они не выходили за пределы аналитических работ, но шаг за шагом включались в процесс определения направлений развития экономики, науки, технологии, инноваций и общества в целом, формирования политики во многих сферах.

Форсайт, как технология определения приоритетов развития, препятствует бесцельному использованию инвестиций, материальных и людских ресурсов и позволяет сосредоточить усилия на организации технологического прорыва в ключевых областях [1]. Прогнозирование — одна из функций экономики. Имея представление о тенденциях и законах общества, возможно построение вероятной модели мирового экономического развития. Для повышения качества и

точности прогноза необходимо проводить комплексный математический анализ количественных и качественных показателей, с использованием когнитивных интеллектуальных методов. Опыт макроэкономических исследований говорит не только о возможности, но и о плодотворности использования международных (межгосударственных) сопоставлений для получения и качественных, и довольно точных количественных выводов, в том числе прогнозного характера [2].

Понимание закономерностей смены технологических укладов позволяет создать модель текущих макроэкономических процессов. Основные экономические и научно-технические показатели предоставляют возможность судить о сложившихся и формирующихся технологических укладах в разных странах.

Необходимо отметить, что в России недостаточно развита культура анализа возможных направлений развития на долгосрочную перспективу. Подавляющее большинство российских предприятий не заглядывает

дальше, чем на 1-2 года. Да и в целом крайне малое число россиян пытается системно выстроить свой жизненный путь хотя бы на 5-10 лет, исключение составляет, пожалуй, только тот период, когда они осуществляют выбор вуза и места работы [3]. Именно по этой причине в настоящее время исследования, затрагивающие вопросы повышения качества результатов долгосрочного прогноза важнейших направлений научно-технологического развития государства и анализ факторов, определяющих перспективы модернизации российской экономики, являются актуальными.

Основное внимание в данной статье сосредоточено на оценке возможностей достижения Российской Федерацией показателей шестого технологического уклада. В рамках одного технологического уклада осуществляется замкнутый производственный цикл, включающий добычу и получение первичных ресурсов, все стадии их переработки и выпуск набора конечных продуктов, удовлетворяющих соответствующий тип общественного потребления. В период, когда очередной технологический уклад достигает фазы спада, инвестиции в ранее привлекательные сферы становятся убыточными. Последовательное замещение укладов осуществляется путем создания опережающих научно-технических, конструкторских, технологических и инвестиционных заделов, являющихся важнейшим стратегическим ресурсом государственной экономики.

В данной научной работе было осуществлено углубленное исследование некоторых аспектов, необходимых в долгосрочном прогнозировании социально-экономического развития Российской Федерации. По мнению авторов, интерес вызывает выявление и введение таких индикаторов, которые по неявным и опосредованным признакам содействуют исследователям в обнаружении трендов и «слабых сигналов» нарастающих технологических прорывов.

Была поставлена задача выявления дополнительных признаков шестого технологического уклада. Для чего в исследовании был взят за основу «технологический всплеск» в основных зарубежных патентных организациях и бюро, разработана программа (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012615745 «Программа нейросетевой кластеризации стран по уровню технико-экономического развития»). Проработана гипотеза: чем больше скопление (количество) технологий в направлении X, тем выше вероятность формирования отрасли (или технологии) нового технологического уклада.

Обширный опыт отечественных и зарубежных исследователей свидетельствует о том, что вероятностный подход не может быть признан надежным и адекватным инструментом решения слабоструктурированных задач, к которым относятся и задачи анализа и оценки материалов [4]. В принципе, любая попытка использования статистических методов для решения такого рода задач есть не что иное, как редукция к хорошо структурированным (хорошо формализованным) задачам, при этом такого рода редукция существенно искажает исходную постановку задачи [5].

Для повышения точности классификации был разработан алгоритм построения нейронечеткого дерева

решений как мощной эволюционной методологии при решении задач классификации, обладающего свойством адаптации параметров с помощью нейросетевого моделирования [6]. В прямом цикле нечеткие деревья решений строятся на основе алгоритма нечеткого ID3 (в состав многих пакетов, предназначенных для интеллектуального анализа данных, уже включен этот алгоритм). В цикле обратной связи параметры нечетких деревьев решений адаптируются на основе градиентного нейросетевого алгоритма путем обхода обратно с листьев на корневые узлы.

На первом этапе на основе экспертных данных форсайт-опроса было построено нейронечеткое дерево решений (рис. 1), определяющее список наиболее перспективных технологий и научно-технологических направлений, способных сформировать шестой технологический уклад [5].

Далее выстраивая модель, позволяющую выявить закономерности возникновения технологий нового технологического уклада, через патентный всплеск, появляется возможность подтвердить и дополнить данный список прорывными технологиями шестого технологического уклада.

1. Метод исследования

В процессе исследования и выявления «технологических всплесков» были рассмотрены основные участники рынка светотехники, а также проведен исторический анализ объектов интеллектуальной собственности, в названии которых встречаются следующие слова и словосочетания: лампы накаливания (англ. incandescent lamp), лампы люминисцентные (англ. fluorescent lamp), светотехника (англ. light engineering), светодиоды (англ. light-emitting diodes — LED), органические светодиоды (англ. OLED). Выбор ключевых слов был сформирован по результатам предварительного аналитического обзора мирового рынка светотехники в научной литературе.

2. Результаты исследования

На рис. 2 видно, что весь период изобретения ламп накаливания можно поделить на два жизненных цикла. В период с 1895 по 1946 гг. в базах данных патентных организаций преобладают керосиновые, масляные

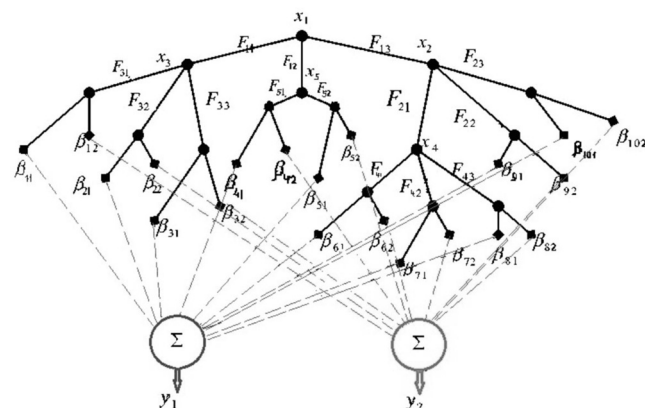


Рис. 1. Нейронечеткое дерево решений [7, 8]



Рис. 2. Количество патентов изобретений, в названиях которых встречается словосочетание «лампа накаливания» в период с 1895 по 2014 гг. [9]

и газовые лампы накаливания, а в период с 1947 по 2014 гг. — электрические, галогеновые и энергосберегающие. Жизненный цикл технологий производства керосиновых, масляных и газовых ламп накаливания составил 53 года. Жизненный цикл технологий производства электрических, галогеновых, люминесцентных и энергосберегающих ламп на данный момент составляет более 66 лет и находится в фазе спада.

Причина отказа от ламп накаливания — их крайне низкая эффективность. Только 5% потребляемой электроэнергии тратится на освещение, остальные 95% уходят на выработку тепла. Переход на энергосберегающие источники света позволит значительно сэкономить электресурсы [10].

На рис. 3 видно, что жизненный цикл технологий производства люминесцентных ламп составляет 76 лет и находится в фазе спада. Компактные люминесцентные лампы появились в конце 1980-х гг. Они значительно превосходят лампы накаливания, как по световой отдаче, так и по сроку службы. Если средний срок службы лампы накаливания — 1000 часов, то у КЛЛ этот показатель достигает 15000 часов. Однако есть у люминесцентных ламп и свои недостатки. Они не сразу выходят на полную яркость и не предназначены для частого включения/выключения. Кроме этого, данные лампы содержат ртуть. По мнению экспертов, сейчас вкладывать деньги в производство светодиодных ламп — более перспективно, нежели в КЛЛ [11].

На отечественном рынке светотехники иностран-

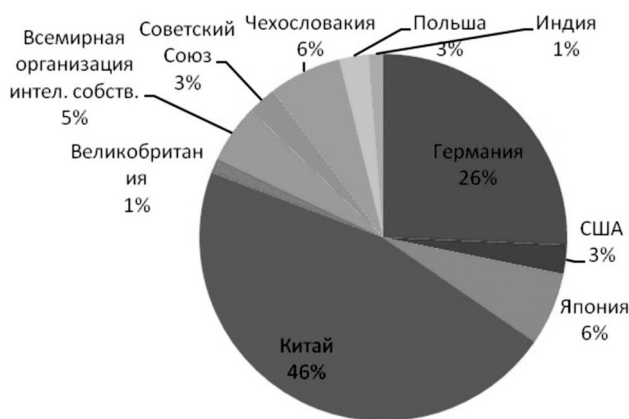


Рис. 4. Количество патентов изобретений, в названии которых встречается слово «светотехника» в период с 1954 по 2014 гг. по странам заявителей, в % [9]



Рис. 3. Количество патентов изобретений, в названиях которых встречается словосочетание «лампа люминесцентная» в период с 1938 по 2014 гг. [9].

ные производители занимают сегодня лидирующее положение. Китайские компании в совокупности занимают около 40% рынка (рис. 4). На российском рынке китайские производители выбрали для себя привычную стратегию по завоеванию рынка за счет применения практики демпинговых цен.

На рис. 5 и 6 видно, что на настоящее время жизненный цикл технологий производства светодиодов составляет 43 года, а технологий производства органических светодиодов составляет — 16 лет. Обе отрасли находятся в фазе подъема.

Построенные гистограммы распределения (рис. 5, 6) позволяют сделать прогнозную оценку развития представленных технологий методом построения аппроксимирующей кривой тренда (рис. 7, 8).

Здесь аппроксимирующая кривая тренда построена по экспоненциальной функции (рис. 7).

Здесь аппроксимирующая кривая тренда построена по логарифмической функции (рис. 8).

3. Обсуждения

Для изготовления качественных светодиодов в нужном количестве, понадобилось слияние двух отраслей — электронной и светотехнической. Все западные гиганты, производящие светодиоды для светотехники по полному циклу, начиная с производства кристаллов и заканчивая различными светодиодными модулями и сборками, а также светильниками на их основе, идут по этому пути. Количество заключенных стратегических альянсов, а также возникновение новых компаний,

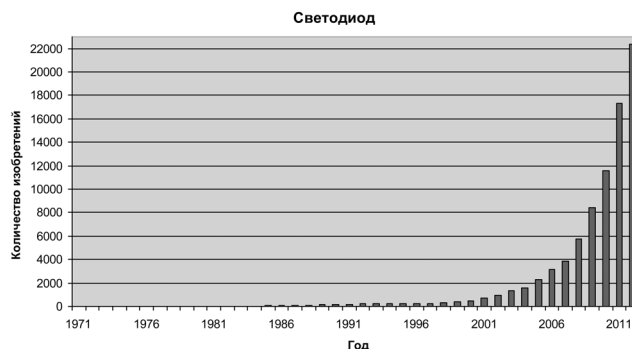


Рис. 5. Количество патентов изобретений, в названии которых встречается слово «светодиод» в период с 1971 по 2014 гг. [9]

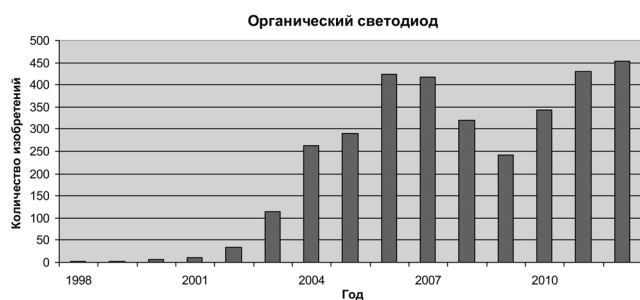


Рис. 6. Количество патентов изобретений, в названии которых встречается словосочетание «органический светодиод» в период с 1998 по 2014 гг. [9]

особенно тайваньских, специализирующихся на выпуске светодиодов, явно рекордное в последние годы, косвенно свидетельствует о серьезном движении капиталов в данном направлении, что обязательно скажется на перспективном отечественном рынке светотехники [11].

Первые в России энергосберегающие светодиодные светильники были установлены в сентябре 2007 г. в подземном переходе метро Рижская – Рижский вокзал. Заказчиком проекта выступил Мосгорсвет. За год эксплуатации потребление электроэнергии в переходе снизилось на 45%. В 2008 г. пилотные проекты по установке LED-светильников запустило ОАО «РЖД». Светодиодное освещение появилось на нескольких станциях, в частности на «Новоярославской» Северной железной дороги. По словам представителей РЖД энергопотребление на этой станции с внедрением LED-технологии сократилось в 2,5 раза. В сентябре 2009 г. в Томске было принято решение о переводе всей иллюминации на энергосберегающие светодиоды.

Российский рынок на сегодняшний день весьма насыщен предложением как отечественных, так и иностранных производителей. Ассортиментный ряд некоторых компаний достигает 300-500 моделей светодиодных ламп и светильников. На российском рынке представлена осветительная техника на основе светодиодов как российского, так и иностранного производства. Причем, последние явно преобладают (наиболее крупные компании – Cree, Osram, GE, Philips и др.), связано это с тем, что за счет внутренних производственных мощностей сегодня невозможно удовлетворить потребности производителей светотехники. Вдобавок к этому большая часть производимых в России светодиодов – это так называемый «нерыночный сегмент», т. е. в дальнейшем они используются самими компаниями при производстве продукции более высокого передела.

Доминирующий объем российского производства светодиодов является по сути сборочным, то есть комплектация происходит на основе импортируемых устройств. В связи с этим данная группа участников рынка весьма немногочисленна и представлена такими компаниями как «Оптоган», «Элма-Малахит», ГК «Нитридные кристаллы», «Светлана-Оптоэлектроника», НИИ «Полус», «Протон», большая часть производимых ими компонентов не поступает в свободную продажу. Эксперты отмечают, что отсутствие развитого

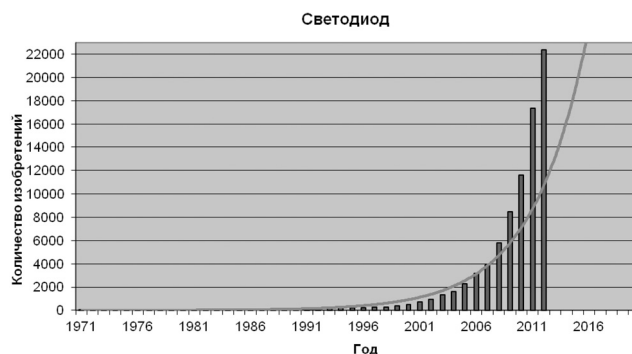


Рис. 7. Количество патентов изобретений, в названии которых встречается слово «светодиод» в период с 1971 по 2014 гг. и с прогнозом до 2020 г.

промышленного производства светодиодных чипов является сегодня одной из основополагающих проблем развития отечественной светотехники.

Отсутствие в России производства гетероэпитаксиальных структур для светодиодной осветительной техники негативно влияет на конкурентные стоимостные позиции российских производителей. В данный момент для выпуска светодиодов применяются в большей части чипы иностранного производства, стоимость которых составляет от 30 до 50% себестоимости светильника. По оценкам специалистов, создание в России собственного промышленного производства гетероэпитаксиальных структур и светодиодных чипов, позволило бы снизить цены на российскую светотехнику в 5-6 раз.

Разработки всех российских компаний в области органических светодиодов находятся на начальной стадии и имеют ограниченный бюджет, или ведутся маленькими организациями в крупных компаниях, которые имеют обязательства разрабатывать OLED еще и для общего освещения. Только инициатива кооперации крупных государственных инвесторов, промышленности и академических организаций может изменить ситуацию.

Но при всем этом в стране имеется необходимая научная база для развития светодиодной индустрии, ведутся исследования технологий по выращиванию кристаллов нитридов, созданию полупроводниковых гетероструктур и p-n-переходов. Кроме того, проводятся исследования физических и химических свойств необходимых для этих целей материалов. Уже сейчас по конструкции и технологическому исполнению российские светодиоды, созданные в лабораторных условиях,



Рис. 8. Количество патентов изобретений, в названии которых встречается словосочетание «органический светодиод» в период с 1998 по 2014 гг. и с прогнозом до 2020 г.

не уступают зарубежным аналогам. Отечественные предприятия: фирмы «Светлана-Оптоэлектроника» (Санкт-Петербург), BetaLight и XLight (Москва), уже в течение длительного времени выпускают светодиодные светильники для архитектурной подсветки, подъездного и уличного освещения. Специалисты ОАО «Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов» (Томск) разрабатывают светодиодные лампы технического назначения для светосигнальных приборов, сигнализации и индикаторной аппаратуры. Большая стоимость этих изделий связана с тем, что для их выпуска применяются в основном импортные чипы.

Выводы

Из проведенного исследования следует, что предложенная методика выявления передовых новшеств и нововведений, вкуче с прорывными идеями и технологиями, построенная на исследовании и классификации объектов интеллектуальной собственности основных патентных ведомств, организаций и бюро, с использованием нейросетевого анализа наиболее перспективных технологий и научно-технологических направлений, способных сформировать шестой технологический уклад, позволяет выявить закономерности возникновения технологий и отраслей нового технологического уклада и может быть использована в качестве инструмента формирования приоритетов и мобилизации для достижения качественно новых результатов в сфере науки и технологий, экономики.

В процессе разработки методики изучался и использовался опыт исследователей разных стран. Например, опыт применения патентных цитат в качестве инструмента для анализа на ранних стадиях технологического прогнозирования [12-14] или опыт наукометрии и патентной библиометрии в прогнозировании [15].

Данная методика позволила подтвердить фазу подъема технологии производства светодиодов, в том числе органических. Принимая во внимание имеющуюся необходимую научную базу для развития светодиодной индустрии, рынок производства светотехники в России все еще обладает большим потенциалом роста. Должным образом сформулированная и оформленная инициатива может обеспечить существенное повышение уровня разработок LED/OLED для задач общего освещения и гарантировать российское лидерство в этой области.

* * *

Исследования выполнены по программе повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского государственного университета, при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-29-12858.

Список использованных источников

1. С. Б. Ахметжанова, В. Б. Маринова, М. Б. Тусупбеков. Форсайтные методы исследований в мировой практике. <http://www.economy.kz/files/vse%20stati/5%20ahmet.pdf>.

2. В. И. Сырякин, С. В. Горбачев, Т. В. Якубовская, М. В. Сырякин, М. В. Грибовский, Е. В. Ваганова, Т. В. Абрамова. Когнитивные системы мониторинга и прогноза научно-технологического развития государства/од ред. В. И. Сырякина. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2012. – 358 с.
3. Форсайт: обзор исследований и достижений. Экспертный портал Высшей школы экономики практике. <http://ores.ru/1146450.html>.
4. G. Gan (2007). Data Clustering: Theory, Algorithms and Applications, Philadelphia: SIAM.
5. С. В. Горбачев, В. И. Сырякин, М. В. Сырякин. Интеллектуальный форсайт-прогноз научно-технологического развития государства. LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, 2012. – 132 с.
6. L. A. Zadeh, 1978. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility// Fuzzy Sets and Systems, Vol 1.1, no. 1, p. 3-28.
7. C. Z. Janikow, 1998. Fuzzy decision trees: Issues and methods// IEEE transactions on systems man and cybernetics part B-cybernetics, Vol. 28, no. 1, p. 1-14.
8. T. Kohonen, 1990. Self-Organizing Map//Proceedings of the IEEE, Vol. 78, no. 9, p. 1464-1480.
9. European Patent Organization. <http://www.epo.org/index.html>.
10. А. Туркин. Перспективы применения мощных светодиодов Срее для освещения//Информационно-технический журнал для разработчиков электроники «Новости электроники», № 9, 2009. <http://www.compeljournal.ru/enews/2009/9/7>.
11. Ю. Давиденко. Современные светодиоды//Компоненты и технологии, № 6, 2004. http://kit-e.ru/articles/led/2004_6_38.php.
12. M. Karvonen, T. Kässi, 2013. Patent citations as a tool for analyzing the early stages of convergence//Technological Forecasting and Social Change, Vol. 80, no. 6, July, p. 1094-1107.
13. F.-M. Tseng, C.-H. Hsieh, Y.-N. Peng, Y.-W. Chu, 2011. Using patent data to analyze trends and the technological strategies of the amorphous silicon thin-film solar cell industry//Technological Forecasting and Social Change, Vol. 78, no. 2, February, p. 332-345.
14. H. Ernst (1997). The Use of Patent Data for Technological Forecasting: The Diffusion of CNC-Technology in the Machine Tool Industry//Small Business Economics, Vol. 9, no. 4, p. 361-381.
15. V. Cavaller (2009). Scientometrics and patent bibliometrics in RUL analysis: A new approach to valuation of intangible assets//VINE, Vol. 39, no. 1, April, p. 80-91.

Neural network approach to solving the problem of forecasting scientific and technological development of country

S. V. Gorbachev, candidate of technical sciences, senior scientific researcher, international laboratory «Computer Vision Systems».

V. I. Syrjamkin, doctor of technical sciences, professor, head of department of control quality.

M. V. Syrjamkin, scientific researcher, department of control quality.

E. V. Vaganova, senior lecturer, department of control quality.

(The faculty of innovative technologies, National research Tomsk state university)

The article describes the method of identifying emerging innovations, ideas and technologies based on the study of intellectual property items of the major patent offices using neural network analysis of the most promising technologies and scientific-technological areas, capable of forming the sixth technological order. The expert survey with neural network data processing was conducted. The analysis of the lighting market has been conducted and patent information has been studied in order to determine the «technological peaks» in the industry. The study suggests that the LED technologies in Russia have great potential.

Keywords: neural network classification, technological structure, patent analysis, critical technologies.