

ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ РАДИОПРОМЫШЛЕННОСТИ / ECONOMICS, MANAGEMENT AND DEVELOPMENT OF THE RADIO INDUSTRY

DOI: 10.21778/2413-9599-2019-29-1-53-60
УДК 621.396.96, 608.3

Патентный анализ: выявление перспективных направлений развития радиоэлектронных систем, использующих отражение и вторичное излучение радиоволн

В. И. Авдзейко¹, В. И. Карнышев¹, Р. В. Мещеряков¹, Е. С. Паскаль¹¹ Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

В данной работе исследуются возможности патентного анализа для выявления перспективных («прорывных») направлений развития радиоэлектронных систем с использованием информационных ресурсов Патентного ведомства США. Метод основан на автоматическом формировании временных рядов патентов США на изобретения и последующем сравнении различных технических решений (способов, устройств) по числу патентов, зарегистрированных в конкретных подгруппах Международной патентной классификации, а также по динамике их выдачи в интервале 2007–2017 гг. В частности, проведено исследование направлений развития радиоэлектронных систем, использующих отражение или вторичное излучение радиоволн. В результате анализа делается вывод о том, что наиболее перспективными следует признать системы, использующие отражение радиоволн, и системы, специально предназначенные для особого применения. По мнению авторов, самыми перспективными из использующих отражение радиоволн являются системы, предназначенные только для измерения дальности, и системы, использующие передачу немодулированных незатухающих волн или колебаний, а также колебаний, модулированных по амплитуде, частоте или фазе. Системы для предотвращения столкновений следует считать самыми перспективными среди систем, специально предназначенных для особого применения.

Ключевые слова: радиоэлектронная система, патентный анализ, Международная патентная классификация, патентное ведомство США, временной ряд, радиолокатор, дальномер, импульсная система, система с непрерывным излучением, прогнозная оценка

Для цитирования:

Патентный анализ: выявление перспективных направлений развития радиоэлектронных систем, использующих отражение и вторичное излучение радиоволн / В. И. Авдзейко, В. И. Карнышев, Р. В. Мещеряков, Е. С. Паскаль // Радиопромышленность. 2019. Т. 29, № 1. С. 53–60. DOI: 10.21778/2413-9599-2019-29-1-53-60

© Авдзейко В. И., Карнышев В. И., Мещеряков Р. В., Паскаль Е. С., 2019



Patent analysis: revealing the promising trends in the advancement of radio electronic systems using the reflection or reradiation of radio waves

V.I. Avdzeyko¹, V.I. Karnyshev¹, R.V. Meshcheryakov¹, E. S. Paskal¹

¹ Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR)

To identify the promising (breakthrough) trends in the advancement of radio electronic systems with the use of US Patents and Trademark Office database this paper examines the possibilities of patent analysis. This method is based on automatic time series generation of US patents for inventions and subsequent comparison of different technical solutions in specific International Patent Classification subgroups, and in their issuance dynamics for 2007–2017. In particular, the authors analyze several promising trends in the advancement of radio electronic systems using the reflection or secondary radiation of radio waves. The data obtained allow stating that the most promising are systems using the reflection of radio waves and systems adapted for specific applications. According to the authors, the most promising systems, which use the reflection of radio waves, are systems intended solely for measuring distance using transmission of continuous unmodulated waves, amplitude-, frequency- or phase-modulated waves. Radar or analogous systems specially adapted for terrain-avoidance were found to be the most promising among systems for specific applications.

Keywords: radio electronic system, patent analysis, International Patent Classification, US Patent Office, time series, radar set, range finder, pulse system, continuous radiation system, predictive evaluation

For citation:

Avdzeyko V.I., Karnyshev V.I., Meshcheryakov R.V., Paskal E. S. Patent analysis: revealing the promising trends in the advancement of radio electronic systems using the reflection or reradiation of radio waves. Radiopromyshlennost, 2019, vol. 29, no. 1, pp. 53–60 (In Russian). DOI: 10.21778/2413-9599-2019-29-1-53-60

Введение

Выявление перспективных технических направлений и прогнозирование тенденций развития конкретных тематик научных исследований проводится с использованием различных методов. По мнению авторов, одним из самых перспективных методов выявления (прогнозирования) является патентный анализ [1], основанный на сравнении количества патентов на изобретения и динамики их изменения в заданном интервале времени [2, 3]. В отличие от других источников технической информации, например научных статей, полнотекстовые описания патентов на изобретения включают гораздо больше конкретных технических и/или технологических данных о способах и устройствах, а также содержат сведения, которые могут быть использованы для оценки коммерческих перспектив запатентованных технических решений в случае их практической реализации [4]. При этом патентный анализ эффективно применяется при выявлении возможных конкурентов у новых технических решений, при поиске перспективных технологических тенденций, а также в качестве инструмента, формирующего объективные оценки процессов совершенствования технологий [5, 6]. Технические

и технологические данные, полученные на основе массивов патентной информации, могут с успехом использоваться в ходе формирования направления развития как отдельных промышленных предприятий, так и ряда отраслей в целом.

Особенности патентного анализа как поискового инструмента

Одним из подходов к проведению патентного анализа является использование Международной патентной классификации (МПК) как основы построения временных рядов зарегистрированных патентов согласно иерархической структуре МПК. Принято считать [7], что в патентных ведомствах регистрируются решения, которые обладают существенной новизной, большим потенциалом практического применения, а также коммерческой реализации. Сумев в ходе анализа определить подклассы, группы, подгруппы МПК, в которых наблюдается устойчивый (резкий или «взрывной») рост числа зарегистрированных патентов на интервале, например, последних 10–15 лет, можно выявить перспективные технические (технологические) направления. А сопоставив статистику выданных патентов с наименованием правообладателей, можно

найти группу организаций (фирм, корпораций) наиболее активных заявителей и дать оценку их текущей и будущей (по крайней мере на срок 2–3 года) инновационной (технической, технологической) деятельности.

Другой особенностью патентного анализа является то, что с его помощью можно проводить эффективный мониторинг технологических изменений, происходящих в мире [8]. Поскольку использование методов экстраполяции временных рядов патентов позволяет заранее предсказывать (в пределах от 0,5 до 1,5 года) появление новых разработок на рынке. При этом объединение результатов поиска в базах данных основных национальных (USPTO, Роспатент и др.) и наднациональных (WIPO, EPO) патентных организаций дает возможность определить те структуры, которые способны приобрести лицензии на запатентованные технические решения (технологии).

Авторами данной статьи на протяжении нескольких лет была отработана методика проведения патентного анализа, в основе которой лежит формирование локальных баз данных полнотекстовых описаний патентов на изобретения на заданном уровне структуры МПК [9], как правило – в основных группах и подгруппах МПК.

Следует отметить, что при наличии открытых, наднациональных баз данных патентной информации (WIPO, EPO) с десятками миллионов патентных документов база данных Патентного ведомства США (USPTO – United States Patent and Trademark Office) отличается от них в лучшую сторону тем, что позволяет почти полностью автоматизировать процесс формирования локальных баз данных полнотекстовых описаний начиная с 1976 г. Причем с точки зрения малых выборок это является достаточным для проведения ретроспективного анализа [10]. Кроме того, USPTO привлекает производственные структуры и исследовательские организации со всего мира как одно из национальных патентных ведомств крупнейшей экономики мира [11]. Это в свою очередь обеспечивает приемлемые репрезентативность прогнозных оценок и достоверность выявления перспективных (прорывных) направлений технического (технологического) развития.

С целью выявления перспективных технических направлений в рамках патентного поиска авторами было разработано программное обеспечение [12], давшее возможность в автоматическом режиме сформировать локальную базу данных патентов США на изобретения за 1976–2017 гг. Указанный подход позволяет легко формировать временные ряды числа выданных патентов. При этом в качестве критериев, по которым эти ряды формируются в соответствии с заданным уровнем структуры МПК, могут выступать совокупность номеров

патентов, ключевые слова в их названиях, рефератах и описаниях, имена авторов, наименование правообладателя (заявителя) и т.п.

На основе сформированной базы данных авторами проведено исследование тенденций развития систем, использующих отражение или вторичное излучение радиоволн (группа МПК G01S13), за период с 1976 по 2017 гг. Методика проведения исследования основана на поэтапном выборе перспективных направлений систем и их разновидностей по принципу действия, назначению, областям применения, схемным решениям [13].

Анализ систем, использующих отражение или вторичное излучение радиоволн

Согласно основной группе МПК (16-я редакция) G01S13, упомянутые системы можно разделить в зависимости от принципа действия на следующие подгруппы:

- системы, использующие отражение радиоволн, например первичные радиолокационные системы [14, G01S13/02–G01S13/64];
- радиолокационные следящие системы [14, G01S13/66–G01S13/72];
- системы, использующие переизлучение радиоволн, например вторичные радиолокационные системы [14, G01S13/74–G01S13/84];
- комбинации радиолокационных систем с нерадиолокационными, например сонарами, радиопеленгаторами [14, G01S13/86];
- комбинации радиолокационных систем, например первичных систем с вторичными [14, G01S13/87];
- радиолокационные системы, специально предназначенные для особого применения (электромагнитная разведка или обнаружение объектов, например обнаружение поля в ближней зоне) [14, G01S13/88–G01S13/95].

На первом этапе исследование динамики выдачи патентов США на перечисленные выше системы было ограничено временным интервалом 2007–2017 гг., что можно считать достаточным для патентного «экспресс-анализа» (табл. 1).

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют об устойчивом росте числа выданных патентов США для всех соответствующих подгрупп МПК, что подтверждает непрерывное развитие данных систем. Наиболее перспективными среди них являются системы, использующие отражение радиоволн (G01S13/02–G01S13/64), и системы особого применения (G01S13/88–G01S13/95). Так, количество патентов на эти системы, выданных в 2017 г., возросло по сравнению с 2014 г. в 3 и 5,6 раза соответственно.

Таблица 1. Динамика выдачи патентов на системы, использующие отражение или вторичное излучение радиоволн

Table 1. Dynamics of patenting for systems using reflection or secondary radiation of radio waves

Подгруппа МПК / IPC Subgroup	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
G01S13/02–G01S13/64	102	112	125	134	116	114	93	124	275	338	378
G01S13/66–G01S13/72	13	11	17	9	8	13	4	8	31	50	65
G01S13/74–G01S13/84	11	13	23	15	23	19	25	19	66	98	104
G01S13/86	10	5	8	8	5	14	6	5	48	77	97
G01S13/87	0	2	3	2	2	2	0	3	39	63	75
G01S13/88–G01S13/95	86	82	122	105	86	89	82	86	276	438	488

Анализ систем, использующих отражение радиоволн

В рамках МПК все системы, основанные на отражении объектом зондирующего сигнала, разделены на три группы:

1. Системы, обнаруживающие цели (G01S13/04).
2. Системы, определяющие их местоположение (G01S13/06–G01S13/48).
3. Системы, связанные с измерением параметров отраженного сигнала, зависящих от относительного перемещения целей (G01S13/50–G01S13/64).

Распределение числа патентов США на указанные системы, выданных в 2007–2017 гг., показано на рис. 1.

За эти годы наибольшее количество патентов выдано на системы, определяющие местоположение целей (1325 единиц). Тогда как на системы, обнаруживающие цели, и системы, связанные с измерением параметров отраженного сигнала, приходится 198 и 542 патента соответственно. Причем за 2015–2017 гг. число патентов в подгруппах G01S13/06–G01S13/48 почти в 2 и 7 раз соответственно

превосходит аналогичное количество в подгруппах G01S13/50–G01S13/64 и G01S13/04.

Анализ систем, определяющих местоположение целей

Согласно классификации МПК, среди технических систем, предназначенных для определения координат объектов (целей) и отличающихся по принципу действия, могут быть выделены следующие:

- системы, предназначенные только для измерения дальности [14, G01S13/08–G01S13/40];
- системы, осуществляющие одновременное измерение дальности и других координат [14, G01S13/42–G01S13/44];
- системы, осуществляющие косвенное определение данных о местоположении [14, G01S13/46–G01S13/48].

Динамика изменения числа патентов США для этих систем в интервале 2007–2017 гг. показана на рис. 2.

Общее число патентов в интервале 2007–2017 гг. для указанных систем составляет 952, 303 и 81 соответственно. При этом начиная с 2015 г. наглядно

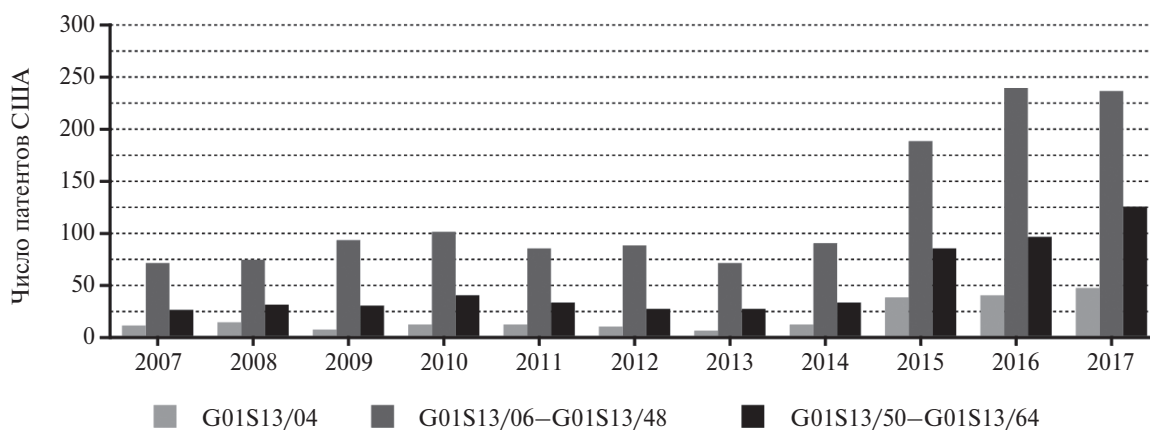


Рисунок 1. Количество патентов США на системы, использующие отражение радиоволн
Figure 1. Number of US patents for systems using the principle of radio waves reflection

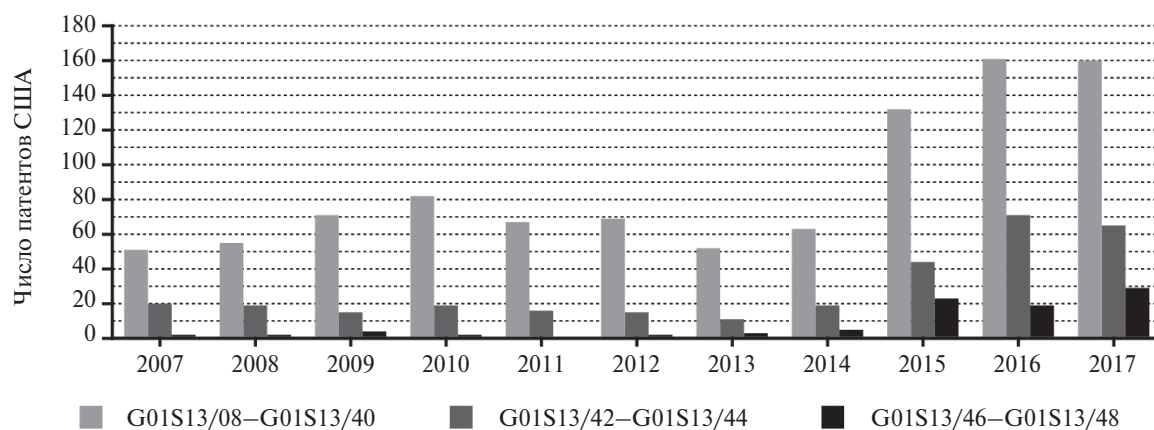


Рисунок 2. Количество патентов США на системы, определяющие местоположение целей
Figure 2. Number of US Patents for target location systems

видна тенденция к росту числа зарегистрированных патентов. Наибольшее их количество в 2015–2017 гг. было выдано на системы, предназначенные только для измерения дальности (450 единиц). Им значительно уступают системы, осуществляющие одновременное измерение дальности и других координат (177 единиц) и косвенное определение данных о местоположении (68 единиц). Таким образом, среди систем, определяющих местоположение целей, наиболее перспективными следует признать технические решения, связанные только с измерением дальности.

Системы, предназначенные только для измерения дальности

Системы, измеряющие лишь дальность до объекта (цели), основаны либо на излучении в пространство импульсно-модулированных колебаний [14, G01S13/10—G01S13/30] с некоторой частотой повторения, либо на формировании амплитудно-, частотно- или фазомодулированных зондирующих

сигналов [14, G01S13/32—G01S13/40], непрерывных во времени.

Динамика их роста за последние годы проиллюстрирована на рис. 3.

Лучшие количественные показатели имеют системы с непрерывным излучением – 315 патентов за период с 2007 по 2017 гг., что превосходит общее число патентов, выданных на импульсные системы (204 единицы). Также очевиден заметный рост числа патентов за 2015–2017 гг. для того и другого типов систем.

Радиолокационные системы, специально предназначенные для особого применения

Подобные радиолокационные системы в рамках МПК подразделены на следующие типы в зависимости от своего назначения:

- системы, используемые в задачах формирования изображения местности и в целях картографии

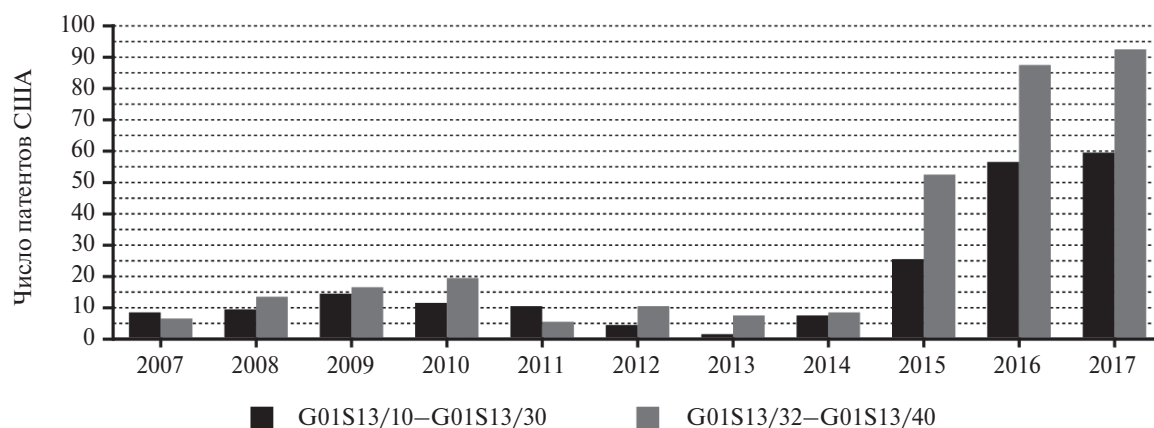


Рисунок 3. Количество патентов США на импульсные системы и системы с непрерывным излучением, предназначенные только для измерения дальности
Figure 3. Number of US Patents for pulsed and continuous radiation systems for distance measurement only

Таблица 2. Количество патентов США для радиолокационных систем, специально предназначенных для особого применения

Table 2. Number of US patents for radar systems designed for specific applications

Подгруппа МПК / IPC Subgroup	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
G01S13/89, G01S13/90	38	24	35	45	30	36	34	20	57	101	67
G01S13/91, G01S13/92	4	3	3	0	5	4	5	2	20	34	42
G01S13/93	32	34	50	36	35	27	20	27	131	206	264
G01S13/94	3	0	6	1	1	2	3	3	6	10	7
G01S13/95	10	18	28	24	18	16	11	16	24	42	44

(G01S13/89), включая устройства синтеза апертуры (G01S13/90);

- системы, управляющие движением объектов (G01S13/91), включая измерение их скорости (G01S13/92);
- системы, используемые для предотвращения столкновения движущихся объектов (G01S13/93);
- системы, предназначенные для избежания столкновения с наземными препятствиями (G01S13/94);
- системы, обеспечивающие метеорологические наблюдения, измерение метеопараметров, свойств гидрометеоров и т.п. (G01S13/95).

Количество патентов США для упомянутых систем приведено в табл. 2.

По числу выданных патентов самыми перспективными среди систем, специально предназначенных для особого применения, являются системы предотвращения столкновений. Всего за период с 2007 по 2017 гг. на них выдано 862 патента. Заметно меньшее число патентов зарегистрировано в отношении систем отображения или картографирования (487 единиц), метеорологических систем (251 единица) и систем управления движением и измерения скорости (122 единицы). Общее число патентов на системы предотвращения столкновений

с наземными препятствиями составило 42 единицы в указанный период. Все перечисленные системы, за исключением подгруппы G01S13/94, демонстрируют устойчивую тенденцию к росту числа выданных патентов с 2015 по 2017 гг.

Выводы

1. Патентный анализ, основанный на оценке динамики выдачи патентов на временных интервалах 10 и более лет, позволяет выявлять перспективные направления развития радиоэлектронных систем, классифицируемых в соответствии с МПК.

2. К наиболее перспективным радиолокационным системам, в которых используются отраженные от цели сигналы или их вторичное излучение, следует отнести первичные радиолокационные системы (или аналогичные системы), а также системы особого применения.

3. Среди радиоэлектронных систем, анализирующих отраженные объектом радиоволны, самыми перспективными следует признать системы, измеряющие лишь дальность до объекта (цели) и применяющие импульсно-модулированные колебания либо непрерывные сигналы с амплитудной, частотной или фазовой модуляцией.

4. Среди систем специального назначения наибольшие перспективы имеют системы предотвращения столкновений.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Данное исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках поддержанного научного проекта № 18-07-01270А.

ACKNOWLEDGMENT

This study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of a supported research project no. 18-07-01270A.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jun S., Lee S.-J. Emerging technology forecasting using new patent information analysis. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 2012, vol. 6, no. 3, pp. 107–115.
2. Chen D.-Z., Lin Ch.-P., Huang M.-Hs., Chan Y.-T. Technology forecasting via published patent applications and patent grants. *Journal of Marine Science and Technology*, 2012, vol. 20, no. 4, pp. 345–356.

3. Liu S., Shyu J. Strategic planning for technology development with patent analysis. *International Journal of Technology Management*, 1997, vol. 13, pp. 661–680.
4. Wu F.-F., Huang L.-Ch. Analysis of patent information in the electric vehicle technology of China [Электронный ресурс]. School of Economics & Management, Beijing University of Technology, P.R. China. URL: http://www4.pucsp.br/icim/ingles/downloads/papers/TL_010.pdf (дата обращения: 11.01.2019).
5. Hall B.H., Griliches Z., Hausman J.A. Patents and R&D: is there a lag? *International Economic Review*, 1986, vol. 27, no. 2, pp. 265–283.
6. Ernst H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. *Small Business Economics*, 1997, vol. 9, no. 4, pp. 361–381.
7. Joutz F.L. Forecasting USPTO patent application filings [Электронный ресурс]. Proceedings of the WIPO–OECD Workshop on Statistics in the Patent Field, Geneva, Switzerland, 2003. URL: https://www.wipo.int/export/sites/www/meetings/en/2003/statistics_workshop/presentation/statistics_workshop_joutz.pdf (дата обращения: 11.01.2019).
8. Adams K., Kim D., Joutz F.L., Trost R.P., Mastrogianis G. Modeling and forecasting U.S. patent application filings. *Journal of Policy Modeling*, 1997, vol. 19, pp. 491–535.
9. Jun S. IPC code analysis of patent documents using association rules and maps-patent analysis of database technology. *Communications in Computer and Information Science*, 2011, vol. 258, pp. 21–30.
10. Schmoch U. Patent analyses in the changed legal regime of the US Patent Law since 2001. *World Patent Information*, 2009, iss. 31, pp. 299–303.
11. Herr D., Han Q., Lohmann S., Brüggmann S., Ertl T. Visual exploration of patent collections with IPC clouds [Электронный ресурс]. CEUR Workshop Proceedings, 2014, vol. 1292. URL: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84914703011&partnerID=40&md5=cca93346510de9e20bf0c9f135ec7a1c> (дата обращения: 04.01.2019).
12. Анализ динамики выдачи патентов для выявления перспективных направлений развития в области силовой электроники / В.И. Авдзейко, В.И. Карнышев, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов, Л.В. Парнюк // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 394. С. 159–169. DOI: 10.17223/15617793/394/27.
13. Авдзейко В.И., Карнышев В.И., Мещеряков Р.В. Прогнозирование направлений развития силовой электроники на основе временных рядов по данным Международной патентной классификации // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. Т. 12, № 2. С. 23–28.
14. Международная патентная классификация [Электронный ресурс]. URL: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPC/IPC2016_extended_XML/ (дата обращения: 04.01.2019).

REFERENCES

1. Jun S., Lee S.-J. Emerging technology forecasting using new patent information analysis. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 2012, vol. 6, no. 3, pp. 107–115.
2. Chen D.-Z., Lin Ch.-P., Huang M.-Hs., Chan Y.-T. Technology forecasting via published patent applications and patent grants. *Journal of Marine Science and Technology*, 2012, vol. 20, no. 4, pp. 345–356.
3. Liu S., Shyu J. Strategic planning for technology development with patent analysis. *International Journal of Technology Management*, 1997, vol. 13, pp. 661–680.
4. Wu F.-F., Huang L.-Ch. *Analysis of patent information in the electric vehicle technology of China*. School of Economics & Management, Beijing University of Technology, P.R. China. Available at: http://www4.pucsp.br/icim/ingles/downloads/papers/TL_010.pdf (accessed: 11.01.2019).
5. Hall B.H., Griliches Z., Hausman J.A. Patents and R&D: is there a lag? *International Economic Review*, 1986, vol. 27, no. 2, pp. 265–283.
6. Ernst H. The use of patent data for technological forecasting: the diffusion of CNC-technology in the machine tool industry. *Small Business Economics*, 1997, vol. 9, no. 4, pp. 361–381.
7. Joutz F.L. Forecasting USPTO patent application filings. *Proceedings of the WIPO–OECD Workshop on Statistics in the Patent Field*, Geneva, Switzerland, 2003. Available at: https://www.wipo.int/export/sites/www/meetings/en/2003/statistics_workshop/presentation/statistics_workshop_joutz.pdf (accessed: 11.01.2019).
8. Adams K., Kim D., Joutz F.L., Trost R.P., Mastrogianis G. Modeling and forecasting U.S. patent application filings. *Journal of Policy Modeling*, 1997, vol. 19, pp. 491–535.
9. Jun S. IPC code analysis of patent documents using association rules and maps-patent analysis of database technology. *Communications in Computer and Information Science*, 2011, vol. 258, pp. 21–30.
10. Schmoch U. Patent analyses in the changed legal regime of the US Patent Law since 2001. *World Patent Information*, 2009, iss. 31, pp. 299–303.
11. Herr D., Han Q., Lohmann S., Brüggmann S., Ertl T. Visual exploration of patent collections with IPC clouds. *CEUR Workshop Proceedings*, 2014, vol. 1292. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84914703011&partnerID=40&md5=cca93346510de9e20bf0c9f135ec7a1c> (accessed: 04.01.2019).
12. Avdzeyko V.I., Karnyshev V.I., Meshcheryakov R.V., Shelupanov A.A., Parnyuk L.V. Dynamics patent analysis of development in perspective trends of power electronics. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 394, pp. 159–169. (In Russian). DOI: 10.17223/15617793/394/27.
13. Avdzeyko V.I., Karnyshev V.I., Meshcheryakov R.V. Forecasting of power electronics development directions based on International Patent Classification time series. *Elektrotehnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 23–28. (In Russian).
14. *Mezhdunarodnaya patentnaya klassifikatsiya* [International Patent Classification]. (In Russian). Available at: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPC/IPC2016_extended_XML/ (accessed 04.01.2019).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Авдзейко Владимир Игоревич, к.т.н., старший научный сотрудник, заместитель начальника научного управления, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Томск, просп. Ленина, 40, тел.: +7 (909) 546-48-86, e-mail: avi@main.tusur.ru.

Карнышев Владимир Иванович, к.т.н., начальник патентно-информационного отдела, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Томск, просп. Ленина, 40, тел.: +7 (961) 095-92-21, e-mail: pio@main.tusur.ru.

Мещеряков Роман Валерьевич, д.т.н., профессор, проректор по научной работе и инновациям, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Томск, просп. Ленина, 40, тел.: +7 (382) 250-26-30, e-mail: mrv@security.tomsk.ru.

Паскаль Евгения Сергеевна, младший научный сотрудник, аспирант, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Томск, просп. Ленина, 40, тел.: +7 (913) 887-64-62, e-mail: evgeniapascal@gmail.com.

AUTHORS

Vladimir I. Avdzeyko, Ph.D. (Engineering), senior researcher, Deputy Head of the Science Division, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, prospect Lenina, Tomsk, 634050, Russia, tel.: +7 (909) 546-48-86, e-mail: avi@main.tusur.ru.

Vladimir I. Karnyshev, Ph.D. (Engineering), Head of Patent Information Department, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, prospect Lenina, Tomsk, 634050, Russia, tel.: +7 (961) 095-92-21, e-mail: pio@main.tusur.ru.

Roman V. Meshcheryakov, Dr. Sci. (Engineering), professor, Vice-Rector for Research and Innovation, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, prospect Lenina, Tomsk, 634050, Russia, tel.: +7 (382) 250-26-30, e-mail: mrv@security.tomsk.ru.

Evgeniya S. Paskal, junior research assistant, postgraduate student, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 40, prospect Lenina, Tomsk, 634050, Russia, tel.: +7 (913) 887-64-62, e-mail: evgeniapascal@gmail.com.

Поступила 05.10.2018; принята к публикации 27.11.2018; опубликована онлайн 20.02.2019.
Submitted 05.10.2018; revised 27.11.2018; published online 20.02.2019.