

УДК 608.3: 621.396.96, 534.6.08, 621.373.826

**В.И. Карнышев, В.И. Авдзейко, В.М. Рулевский, Е.С. Паскаль,
В.А. Краковский, Ю.П. Акулиничев, В.Г. Божков**

Динамика патентования в области обнаружения и локации объектов за счет отражения или переизлучения радио-, акустических и оптических волн

Системы обнаружения объектов искусственного и естественного происхождения широко используются при реализации методов дистанционного зондирования. В этом случае используются сигналы различных диапазонов частот: радиолокационного, акустического и оптического. Приводятся результаты патентного анализа подобных систем обнаружения для основных групп Международной патентной классификации G01S13, G01S15, G01S17. Анализ проведён с использованием базы данных изобретений Патентного ведомства США (USPTO), зарегистрированных с 2015 по 2019 г. Основная цель исследования заключалась в сравнении тенденций развития систем обнаружения объектов, использующих отражение или переизлучение радио-, акустических или электромагнитных волн. Показано, что предложенный подход позволяет выявлять перспективные (прорывные) технические направления, а также формировать прогнозные оценки их развития в краткосрочной перспективе.

Ключевые слова: патентный анализ, Международная патентная классификация, патенты США, системы обнаружения, радиолокация, акустика, лазеры.

doi: 10.21293/1818-0442-2020-23-4-7-15

Исследователи, разработчики, проектировщики постоянно решают проблему выбора эффективных и экономически оправданных путей решения технических проблем. В этом им, помимо опыта и интуиции, существенную помощь оказывают методы прогнозирования, среди которых широко используются аналитические подходы с использованием библиометрической и патентной информации [1].

Однако в отечественной научной периодике число публикаций о практических результатах по прогнозированию развития конкретных технических (технологических) направлений на основе подобной информации заметно уступает количеству иностранных статей на данную тему. Одной из основных причин этого является кардинальное (иногда на порядок и больше) отставание Российской Федерации от мировых лидеров (Китай, США, Южная Корея, Япония) по ежегодному количеству подаваемых заявок и полученных патентов. К тому же среди российских разработчиков и тех, кто принимает решения, существует недооценка патентной информации как источника данных о перспективных (прорывных) технических направлениях.

В ряде зарубежных исследований утверждается, что до двух третей запатентованных изобретений в той или иной форме определяют контуры будущего научно-технического прогресса. Кроме того, особо отмечается положительная корреляция между динамикой патентования технических решений и улучшением производственно-экономических показателей. При этом временной интервал прогнозирования динамики выдачи патентов и соответствующего технологического тренда выбирают равным среднестатистическому периоду практического внедрения изобретений.

В настоящее время известны следующие подходы к использованию патентной и библиометриче-

ской информации для решения задач технического (технологического) прогнозирования:

- автоматический сбор патентных данных на базе Derwent Innovations Index [2];

- подсчёт частоты употребления терминов [3] и автоматическое извлечение терминов из полнотекстовых описаний патентов [4] для анализа технологических тенденций;

- использование патентных карт, создаваемых с помощью базы данных USPTO [5, 6];

- анализ рефератов патентов по ключевым словам [7], анализ рефератов большой совокупности научных публикаций [8], объединение патентов с аналогичными характеристиками в кластеры [9, 10], анализ больших данных (сбор, хранение, анализ и представление результатов) [11];

- аппроксимация временных рядов патентов с помощью линейных, квадратичных, логистических и S-кривых [12];

- отображение конкретных технологий в виде временных рядов и их последующий анализ с использованием свёрточных нейронных сетей [13];

- текстовый анализ основных разделов патентов на уровне подклассов и подгрупп Международной патентной классификации (МПК) с применением системы AttentionXML на основе базы данных USPTO-3M [14];

- использование для патентной классификации МПК и теории старения патентов [15], применение ключевых слов и сети долгосрочной оперативной памяти [16], фильтрация патентов и присвоение класса каждому патентному документу [17].

В данной работе представлены некоторые результаты исследования, проводимого в рамках проекта РФФИ 18-07-01270 «Создание методики выявления и прогнозирования перспективных направлений развития радиоэлектронных систем, использу-

ющих отражение и вторичное излучение радио-, акустических и электромагнитных волн в космической, авиационной и наземной технике на базе патентного анализа» (2018–2020).

Для выявления перспективных направлений развития систем радиолокационного (РЛ), акустического и лазерного зондирования авторами был использован метод патентного анализа, описанный ими в предыдущих работах [18, 19]. Суть этого метода заключается в формировании по ключевым словам (словосочетаниям) баз данных полнотекстовых описаний патентов в соответствующих подгруппах МПК, в последующем построении временных рядов патентов для выбранного интервала времени и в заключительном анализе динамики количества патентов, зарегистрированных в отношении исследуемых систем.

Подобный патентный анализ может проводиться с использованием информации, содержащейся в базах данных международных организаций, таких, например, как Всемирная организация интеллектуальной собственности (WIPO) и Европейское патентное ведомство (ЕРО), или национальных патентных ведомств. При этом выбор патентного ведомства обусловлен следующими основными критериями: достаточная (для ретроспективного анализа) глубина поиска, доступность полнотекстовых описаний патентов (на языке, пригодном для анализа), возможность автоматизации процесса выборки патентов из базы данных, сравнительно большой объём и репрезентативность патентной информации.

В соответствии с этим в качестве первичного источника данных было выбрано Патентное ведомство США (USPTO), полностью удовлетворяющее указанным требованиям. Во-первых, USPTO является общепризнанным и авторитетным ведомством, в котором патентуется большинство мировых технологических лидеров. Кроме того, Патентное ведомство США предоставляет открытый доступ более чем к шести миллионам полнотекстовых описаний патентов в html-формате начиная с 1976 г. и позволяет формировать специализированные патентные базы данных в автоматическом режиме.

В соответствии с Международной патентной классификацией, системы, предназначенные для дистанционного обнаружения объектов, реализуются с использованием отражения или вторичного излучения радиоволн (группа МПК G01S13), акустических волн (G01S15) или электромагнитных волн (G01S17). Согласно 18-й редакции МПК, первые системы (условно радиолокационные) классифицируются в рамках 62 подгрупп (от G01S13/00 до G01S13/95), акустические системы – в рамках 26 подгрупп (от G01S15/00 до G01S15/96), а лазерные системы, в свою очередь, описываются 19 подгруппами (от G01S17/00 до G01S17/95) МПК.

В данной статье проводится сравнительный анализ развития указанных систем обнаружения и выявление перспективных направлений путём исследования динамики регистрации патентов США

на изобретения в соответствующих подгруппах иерархической системы Международной патентной классификации.

Анализ радиолокационных, акустических и лазерных систем

На рис. 1 приведены временные ряды с числом патентов США, зарегистрированных в трёх анализируемых группах МПК с 1976 по 2019 г. Общее число неповторяющихся патентов, относящихся к какой-либо из 62 подгрупп G01S13 и выданных Патентным ведомством США за период в 44 года, составляет 14 086 ед. Аналогичное число для акустических систем в 26 подгруппах G01S15 равно 6593 ед., а для лазерных систем в 19 подгруппах G01S17 – 6 748 ед.

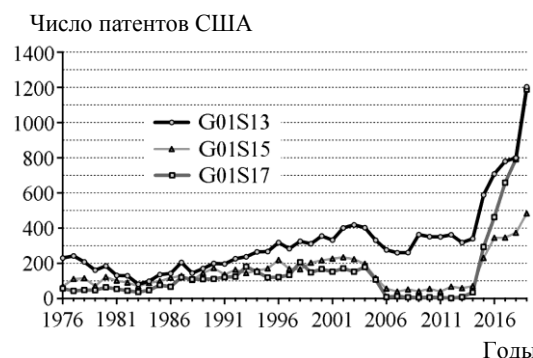


Рис. 1. Динамика выдачи патентов США в группах МПК G01S13, G01S15, G01S17 с 1976 по 2019 г.

Снижение количества патентов, зарегистрированных с 2005 по 2014 г., особенно в группах G01S15 и G01S17, объясняется целым рядом причин: общим снижением численности патентов США, выданных с 2005 по 2006 г., внутренней реорганизацией процесса регистрации патентов в USPTO, а также регулярными изменениями, вносимыми в Международную патентную классификацию, а именно, ликвидацией устаревших подгрупп, объединением или переносом существующих подгрупп, а также добавлением новых, ранее не существовавших.

Учитывая этот факт, а также среднее время жизни патента на изобретение порядка шести-семи лет, для выявления тенденций технического развития в ходе сравнительного анализа временной интервал можно ограничить пятью годами (2015–2019). На рис. 2 приведены гистограммы распределения патентов США за указанный период времени.

Таким образом, с 2015 по 2019 г. было выдано 4 077 патентов, связанных с радиолокационными системами, 1 777 патентов, относящихся к использованию волн акустического диапазона, и 3 391 патент – на системы, использующие лазерное излучение. При этом по сравнению с 2015 г. абсолютное число патентов в 2019 г. в группе G01S13 возросло примерно в 2 раза, в группе G01S15 – в 2,1 раза, а в группе G01S17 – более чем в 4 раза. Тогда как для интервала анализа в 10 лет (2010–2019) аналогичный показатель роста для условных радиолокационных, аку-

стических и лазерных систем составит 3,4; 8,8 и 169,5 раза соответственно.

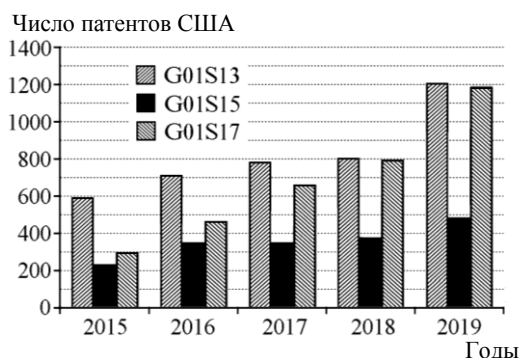


Рис. 2. Динамика выдачи патентов США в трёх группах МПК с 2015 по 2019 г.

Приведенные количественные данные о регистрации изобретений в Патентном ведомстве США показывают, что все три технических направления характеризуются положительной динамикой роста на десятилетнем временном интервале. При этом очевидно, что в количественном отношении разра-

ботке радиолокационных и лазерных систем уделяется большее внимание, чем разработке акустических (гидроакустических) систем. Причём лазерные системы демонстрируют наиболее резкий рост количества патентов на изобретения, выданных за десять лет – с 2010 по 2019 г. Подобный тренд позволяет утверждать о перспективности разработки подобных систем, по крайней мере в 2020–2022 гг.

Сравнительный анализ основных направлений применения радиолокационных, акустических и лазерных систем

В соответствии с МПК условно радиолокационные, акустические и лазерные системы по своему назначению подразделяются на системы с использованием отражения, следящие системы, системы с использованием вторичного излучения, комбинированные системы и системы, специально предназначенные для особых применений.

Для оценки перспектив развития перечисленных типов систем был проведен анализ динамики выдачи патентов США за период с 2015 по 2019 г. Количественные результаты анализа приведены в табл. 1.

Таблица 1

Динамика выдачи патентов США с 2015 по 2019 г.

Тип систем	Подгруппы МПК	Годы					Всего
		2015	2016	2017	2018	2019	
Системы, использующие принцип отражения волн							
Радиолокационные	G01S13/02 – G01S13/64	275	338	378	382	544	1917
Акустические	G01S15/02 – G01S15/62	65	110	134	145	192	646
Лазерные	G01S17/02 – G01S17/58	182	319	488	596	894	2 479
Следящие системы							
Радиолокационные	G01S13/66 – G01S13/72	31	50	65	44	91	281
Акустические	G01S15/66	3	5	9	6	12	35
Лазерные	G01S17/66	20	56	60	70	97	303
Системы, использующие переизлучение волн							
Радиолокационные	G01S13/74 – G01S13/84	66	98	104	87	120	475
Акустические	G01S15/74	2	4	8	3	6	23
Лазерные	G01S17/74	5	12	10	10	6	43
Комбинированные системы							
Радиолокационные	G01S13/87	39	63	75	77	149	403
Акустические	G01S15/87	13	32	34	36	51	166
Лазерные	G01S17/87	14	29	51	52	80	226
Системы специального назначения							
Радиолокационные	G01S13/88 – G01S13/95	276	438	488	523	833	2 558
Акустические	G01S15/88 – G01S15/96	164	257	257	288	383	1 349
Лазерные	G01S17/88 – G01S17/95	174	238	370	473	755	2 010

Системы, использующие принцип отражения волн

В соответствии с данными табл. 1 очевидно, что среди систем, использующих принцип отражения волн, более динамично развиваются лазерные системы. Начиная с 2017 г. количество патентов США, ежегодно выдаваемых на эти системы, начали превосходить число патентов на радиолокационные системы; при этом в 2019 г. на них было выдано в 1,3 раза больше патентов, чем на радиолокационные, и в 3,8 раза больше, чем на акустические системы. Следовательно, в краткосрочной (2–3 года) перспективе разработка лазерных систем является более

перспективным техническим направлением среди систем, использующих принцип отражения волн.

Согласно Международной патентной классификации, группы G01S13/02, G01S15/02 и G01S17/02, описывающие системы, в которых используется принцип отражения радиоволн, акустических волн и электромагнитных волн (лазерное излучение), соответственно, подразделяются на следующие виды систем:

а) системы для определения местоположения цели (подгруппы G01S13/06, G01S15/06, G01S17/06), в том числе:

– для измерения только дальности (G01S13/08, G01S15/08, G01S17/08);

– с использованием передачи прерывистых импульсно-модулированных колебаний (G01S13/10, G01S15/10, G01S17/10);

– с использованием передачи непрерывных немодулированных колебаний и колебаний, модулированных по амплитуде, частоте или фазе колебаний (G01S13/32, G01S15/32, G01S17/32);

– с одновременным измерением дальности и других координат (G01S13/42, G01S15/42, G01S17/42);

– косвенным определением данных местоположения (G01S13/46, G01S15/46, G01S17/46);

б) измерительные системы, основанные на относительном перемещении цели (G01S13/50, G01S15/50, G01S17/50).

В табл. 2 представлены данные о количестве патентов, которые были зарегистрированы за пять лет, с 2015 по 2019 г., для радиолокационных

(G01S13), акустических (G01S15) и лазерных (G01S17) систем.

Для краткости в табл. 2 используется условное обозначение подгрупп. Так, например, обозначению G01S1N/06 соответствуют подгруппы МПК G01S13/06, G01S15/06, G01S17/06. В столбцах этой таблицы приведено число патентов, равное суммарному количеству патентов США, которые принадлежат к основной подгруппе и к соответствующим ей подгруппам нижнего уровня. Например, подгруппа МПК G01S13/32 является основной по отношению к подгруппам G01S13/34, G01S13/36, G01S13/38 и G01S13/40, находящимся ниже неё в иерархической классификации. За пять лет в этих подгруппах было выдано 78, 368, 27, 30 и 6 патентов соответственно, что в сумме составляет 509 ед. Но поскольку один и тот же патент может принадлежать нескольким подгруппам, то после устранения дублирования суммарное число патентов уменьшилось до 458 ед.

Таблица 2

Количество патентов США для систем, использующих принцип отражения волн

Тип систем	Системы для определения местоположения цели (G01S1N/06)	Для измерения только дальности (G01S1N/08)	При передаче прерывистых импульсно-модулированных колебаний (G01S1N/10)	При передаче непрерывных немодулированных колебаний (G01S1N/32)	Для измерения дальности и других координат (G01S1N/42)	Для косвенного определения местоположения (G01S1N/46)	Измерительные системы (G01S1N/50)
	1	2	3	4	5	6	7
Радиолокационные	1273	834	264	458	381	126	611
Акустические	332	218	111	26	63	43	109
Лазерные	1 878	1 183	543	116	638	140	232

Из табл. 2 следует, что по количеству патентов системы (G01S1N/06), использующие принцип отражения волн для определения местоположения цели, в разы опережают измерительные системы (G01S1N/50), основанные на относительном перемещении цели. Причём это характерно для всех трёх диапазонов волн.

Так, для радиолокационных систем этот разрыв составляет примерно 2 раза, для акустических – 3 раза, а для лазерных – почти 8 раз. Это говорит о большей актуальности и перспективности технических решений для определения местоположения объектов по сравнению с измерением относительного перемещения цели.

При этом общее количество патентов, выданных за пять лет на лазерные системы определения местоположения цели, превосходит этот показатель для акустических и радиолокационных систем примерно в 5,7 и 1,5 раза соответственно.

Кроме того, в 2019 г. количество патентов в подгруппе G01S17/06 увеличилось в 3,5 раза по сравнению с 2015 г.

В соответствии с МПК системы для определения местоположения цели применяются для измерения только дальности (G01S1N/08), одновременного измерения дальности и других координат (G01S1N/42), а также для косвенного определения данных местоположения (G01S1N/46). Суммарное (с устранением дублирования) число патентов США, выданных в

этих трёх подгруппах для радиолокационных, акустических и лазерных систем за пять лет, равно 1 186, 292 и 1 686 ед., соответственно. Таким образом, лазерные системы определения местоположения цели развиваются более интенсивно, чем радиолокационные, и, тем более акустические. Причём наибольшее число патентов – 1 183 ед. – было выдано в подгруппе G01S17/08, относящейся к техническим решениям, связанным с одновременным измерением лазерными системами дальности и других пространственных координат цели.

В свою очередь, системы для обнаружения местоположения цели при измерении только дальности реализуются с использованием передачи прерывистых импульсно-модулированных колебаний (G01S1N/10) или с использованием передачи непрерывных немодулированных колебаний и колебаний, модулированных по амплитуде, частоте или фазе колебаний (G01S1N/32).

В соответствии с табл. 2 число патентов (543 ед.), выданных в подгруппе G01S17/10 за пять лет, по количеству патентов опережают радиолокационные и акустические системы в 2 и 4,9 раза соответственно. Тогда как в случае излучения немодулированных непрерывных колебаний или передачи модулированных сигналов радиолокационные системы (G01S13/32) по числу патентов (458 ед.) превосходят как акустические (в 17,6 раза), так и лазерные системы (в 3,9 раза).

Следящие системы

В табл. 1 приведены данные о количестве патентов США на радиолокационные, звуколокационные и лазерные следящие системы, зарегистрированные с 2015 по 2019 гг. Необходимо отметить, что за пятилетний (2015–2019 г.) период на эти системы приходилось 87, 92 и 98% от общего числа патентов, выданных на следящие системы за десятилетний период (2010–2019 гг.). Таким образом, наиболее интенсивно эти системы начали развиваться начиная с 2015 г.

Несмотря на то, что количество патентов на радиолокационные системы выросло втрое, с 31 ед. в 2015 г. до 91 ед. в 2019 г., характер изменения нельзя считать регулярным. Учитывая провал в числе патентов (44 ед.) в 2018 г., однозначный вывод о перспективах дальнейшего развития радиолокационных следящих систем в ближайшие 2–3 года можно будет сделать только после получения дополнительной информации о динамике патентования в 2020–2021 гг. Устойчивый положительный тренд демонстрируют следящие лазерные системы. Так, с двадцати патентов в 2015 г. число зарегистрированных технических решений в подгруппе G01S17/66 выросло в 2019 г. до 97 ед. В отличие от первых двух, звуколокационные следящие системы развиваются гораздо менее интенсивно. Так, в подгруппе G01S15/66 характер изменения количества патентов аналогичен случаю радиолокационных систем, но при существенно меньших (примерно на порядок) абсолютных значениях: 3 патента в 2015 г. и 12 патентов в 2019 г.

Таким образом, анализ динамики выдачи патентов позволяет утверждать, что перспективными, конкурирующими направлениями развития следящих систем следует считать радиолокационные и лазерные системы. Причём стабильный, устойчивый рост числа патентов, регистрируемых в отношении следящих лазерных систем, позволяет отдать им предпочтение в краткосрочной (2–3 года) перспективе.

Системы, использующие переизлучение волн

Данные о количестве патентов на радиолокационные, акустические и лазерные системы, в которых используется переизлучение волн, приведены в табл. 1 за период с 2015 по 2019 гг. Несмотря на не совсем явный тренд в изменении числа патентов, радиолокационные системы в количественном отношении значительно превосходят два других типа систем. За пять лет на радиолокационные системы было выдано 475 патентов, что в 11 и почти в 20 раз превосходит аналогичное количество для лазерных и акустических систем. Это объясняется тем, что именно радиолокационный диапазон в полной мере позволяет реализовать эффект переизлучения. Поэтому можно сделать вывод о том, что в ближайшие годы системы, использующие переизлучение радиоволн, продолжат активно развиваться.

Комбинированные системы

Что касается комбинированных РЛ систем (G01S13/87), систем гидроакустических станций (G01S15/87) и комбинаций систем с использованием

электромагнитных волн, иных чем радиоволны (G01S17/87), то все они демонстрируют положительную динамику роста на интервале 2015–2019 гг., несмотря на некое плато в 2017–2018 гг., когда число патентов увеличилось всего на 1–2 патента.

В свою очередь, в 2019 г. количество патентов на радиолокационные системы, по сравнению с 2018 г., выросло почти в 1,9 раза, а на акустические и лазерные – в 1,4 и 1,5 раза соответственно. Это позволяет утверждать, что в ближайшие годы комбинированные радиолокационные системы будут развиваться более активно по сравнению с комбинированными акустическими и лазерными системами.

Системы, предназначенные для особого применения

По общему числу патентов (5 420 ед. после устранения дублирования) системы, которые предназначены для особого применения в радио-, оптическом и акустическом диапазонах (см. табл. 1), превосходят более чем на 650 патентов системы, использующие принцип отражения волн (4 761 ед. без дубликатов). Кроме того, в 2019 г. число патентов США, относящихся к радиолокационным, акустическим и лазерным системам для особого применения, возросло соответственно в 3; 2,3 и 4,3 раза.

Необходимо отметить, что для всех трёх типов систем характерен нарастающий тренд в количестве выданных патентов, особенно для лазерных систем. Более высокие темпы роста числа патентов для систем особого применения, использующих оптический диапазон волн, позволяют предположить, что в ближайшие годы эти системы по количеству патентов могут выйти в лидеры. В свою очередь, акустические системы демонстрируют менее впечатляющие результаты по сравнению с двумя другими типами систем. Следовательно, можно предположить, что в ближайшие 2–3 года наиболее перспективными направлениями развития систем специального назначения будут лазерные и радиолокационные системы.

Кроме того, в 2019 г. количество патентов в подгруппе G01S17/06 увеличилось в 3,5 раза по сравнению с 2015 г.

Области применения исследуемых систем

Всего, с 2015 по 2019 г. Американским патентным ведомством было выдано 4 077 патентов, связанных с радиолокационными системами (группа G01S13), 1 777 патентов, относящихся к использованию волн акустического диапазона (G01S15), и 3 391 патент – на системы, использующие лазерное излучение (G01S17). В табл. 3 в процентном отношении показано количество патентов США, зарегистрированных за пять лет, для трёх типов систем различного назначения в соответствии с Международной классификацией. Для большей наглядности эти данные представлены в виде круговых диаграмм (рис. 3).

Очевидно, что в наибольшей степени радиолокационные, акустические и лазерные системы используются в системах, предназначенных для особого

го применения, и в системах, использующих принцип отражения волн различного диапазона. В силу особенностей акустических и оптических сигналов, а также природы зондируемых объектов, системы, соответствующие группам МПК G01S15 и G01S17, практически не используют эффект переизлучения.

Комбинированные системы занимают примерно одинаковую долю от общего числа патентов для всех трёх групп МПК. Доля следящих систем в лазерных и радиолокационных системах примерно одинакова, тогда как в акустическом диапазоне это направление развивается слабо.

Таблица 3

Соотношение числа патентов США в отдельных областях применения к общему числу патентов

Тип систем	Системы, использующие принцип отражения волн (%)	Следящие системы (%)	Системы, использующие переизлучение волн (%)	Комбинированные системы (%)	Системы, предназначенные для особого применения
Радиолокационные	34	5	8,4	7,2	45,4
Акустические	29,1	1,6	1	7,5	60,8
Лазерные	49	6	0,8	4,5	39,7



Рис. 3. Круговые диаграммы соотношения числа патентов США для пяти областей применения к общему числу патентов в группах G01S13, G01S15 и G01S17

Выводы

Основываясь на проведенном анализе динамики выдачи патентов США на изобретения с 2015 по 2019 г. в трёх группах Международной патентной классификации (G01S13, G01S15 и G01S17), можно сделать следующие выводы:

1. Анализ динамики выдачи патентов на изобретения в интервале 5–10 и более лет позволяет проводить сравнение тенденций развития различных технических направлений, выявлять среди них перспективные или прорывные, а также формировать прогнозные оценки их развития по крайней мере в краткосрочной перспективе.

2. За пять лет (2015–2019) наибольшее развитие в группах МПК G01S13, G01S15 и G01S17 получили системы, предназначенные для особого применения, а также системы, использующие принцип отражения волн.

3. Среди систем, использующих принцип отражения волн, лазерные (G01S17) системы определения местоположения цели (в частности, системы одновременного измерения дальности и других пространственных координат цели) имеют наилучшие количественные показатели и могут рассматриваться в качестве наиболее перспективных на ближайшие 2–3 года.

4. В системах обнаружения местоположения цели с использованием передачи прерывистых им-

пульсно-модулированных колебаний лазерные системы значительно опережают радиолокационные (G01S13) и акустические (G01S15) системы.

5. В системах обнаружения местоположения цели в случае излучения немодулированных непрерывных колебаний или передачи модулированных сигналов радиолокационные системы многократно превосходят как акустические, так и лазерные системы.

6. Наиболее перспективными, конкурирующими направлениями развития следящих систем следует считать радиолокационные и лазерные системы, причём последним, судя по динамике патентования, следует отдать предпочтение в ближайшие годы.

7. Для систем, использующих переизлучение, основной краткосрочный тренд развития будет связан с дальнейшим совершенствованием только радиолокационных систем.

8. Наиболее интенсивно системы, предназначенные для особого применения, будут развиваться в ближайшие годы преимущественно в классе лазерных и радиолокационных систем.

Данное исследование проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках выполнения проекта РФФИ № 18-07-01270А «Создание методики выявления и прогнозирования перспективных направлений развития радиоэлектронных систем, использу-

ющих отражение и вторичное излучение радио-, акустических и электромагнитных волн в космической, авиационной и наземной технике на базе патентного анализа».

Литература

1. Kim J. Technology trends analysis and forecasting application based on decision tree and statistical feature analysis / J. Kim, M. Hwang, Do-Heon Jeong, H. Jung // Expert Systems with Applications. – 2012. – Vol. 39. – P. 12618–12625.
2. Quan Z. Design and Implementation of Patent Data Automatic Acquisition System / Z. Quan, D. Jing, L. Bohan // Proceedings of the International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA). – 2018. – P. 395–399.
3. Segev A. Analysis of Technology Trends Based on Diverse Data Sources / A. Segev, S. Jung, S. Choi // IEEE Transactions on Services Computing. – 2015. – Vol. 8, No. 6. – P. 903–915.
4. Extraction of Characteristic Terms from Patent Documents for Technical Trend Analysis. / K. Takano, M. Tanaka, H. Sakai, R. Kitajima, T. Ota, C. Tanabe, H. Sakaji // Proceedings of the 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI). – 2019. – P. 667–672.
5. Chang D.S. Developing a novel patent map to explore R&D directions and technical gaps for thin-film photovoltaic industry / D.S. Chang, C.H. Kao // Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. – 2009. – P. 59–63.
6. Xingwang W. A case study of technology innovation approach: The construction of technology forecasting system / W. Xingwang, T. Yanjie // Proceedings of the 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. – 2012. – Vol. 1. – P. 150–153.
7. Patent abstract analysis on Chinese big data / Z. Yang, Z. Zhang, S. Zhang, J. Wang, H. Lin, B. Zeng // Proceedings of the 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD). – 2017. – P. 2116–2122.
8. Boekel R.C. Exploring the Nanotechnology Landscape for Competitive Advantage Using SAO-Mining / R.C. Boekel, S.W. Cunningham, X. Wang // Proceedings of the 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET). – 2017. – P. 1–11.
9. Agglomerative hierarchical Clustering technique for partitioning patent dataset / Smarika, N. Mattas, P. Kalra, D. Mehrotra // Proceedings of the 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions). – 2015. – P. 1–4.
10. Patent search and trend analysis / A.M. Supraja, S. Archana, S. Suvetha, T.V. Geetha // Proceedings of the 2015 IEEE International Advance Computing Conference (IACC). – 2015. – P. 501–506.
11. Seo W. Big Data Framework for Analyzing Patents to Support Strategic R&D Planning / W. Seo, N. Kim, S. Choi // Proceedings of the IEEE 14th International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 14th International Conference on Pervasive Intelligence and Computing, 2nd International Conference on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC / PiCom / DataCom / CyberSciTech). – 2016. – P. 746–753.
12. Lu-Cheng H. Research on technological trajectories based on patent documents and related empirical study / H. Lu-Cheng, L. Yan // Proceedings of the 2011 International Conference on Management Science & Engineering, 18th Annual Conference Proceedings. – 2011. – P. 988–993.
13. Zexi X. Long-Term Trend Prediction Algorithm Based on Neural Network for Short Time Series / X. Zexi, Z. Haiyang, M. Yue // Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Parallel & Distributed Processing with Applications, Big Data & Cloud Computing, Sustainable Computing & Communications, Social Computing & Networking. – 2019. – P. 1233–1238.
14. Multi-label Patent Classification using Attention-Aware Deep Learning Model / A.H. Roudsari, J. Afshar, C.C. Lee, W. Lee // Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp). – 2020. – P. 558–559.
15. Nguyen K. Hot topic detection and technology trend tracking for patents utilizing term frequency and proportional document frequency and semantic information / K. Nguyen, B.-J. Shin, S.J. Yoo // Proceedings of the 2016 International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp). – 2016. – P. 223–230.
16. Grawe M.F. Automated Patent Classification Using Word Embedding / M.F. Grawe, C.A. Martins, A.G. Bonfante // Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA). – 2017. – P. 408–411.
17. Semantic and Topological Patent Graphs: Analysis of Retrieval and Community Structure / A. Rattinger, J. Le Goff, R. Meersman, C. Guetl // Proceedings of the Fifth International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security (SNAMS). – 2018. – P. 51–58.
18. Авдзейко В.И. 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. 53–61.
19. Авдзейко В.И. Анализ перспективных направлений развития систем, использующих отражение или вторичное излучение акустических волн / В.И. Авдзейко, Е.С. Паскаль, В.И. Карнышев // Вопросы радиоэлектроники. – 2020. – № 7-8. – С. 6–13.

Карнышев Владимир Иванович

Канд. техн. наук, зав. патентно-информационным отделом Томского государственного ун-та систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
ORCID: 0000-0002-4751-8160
Тел.: +7 (382-2) 70-15-83
Эл. почта: pio@main.tusur.ru

Авдзейко Владимир Игоревич

Канд. техн. наук, н.с. ТУСУР
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7 (382-2) 70-15-83
Эл. почта: avi@main.tusur.ru

Рулевский Виктор Михайлович

Д-р техн. наук, доцент, ректор ТУСУР
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7 (382-2) 51-05-30
Эл. почта: rector@tusur.ru

Паскаль Евгения Сергеевна

Мл. н.с. каф. радиотехнических систем (РТС) ТУСУРа
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7 (382-2) 41-38-89
Эл. почта: evgeniapascal@gmail.com

Краковский Виктор Адольфович

Д-р техн. наук, доцент, профессор каф. СВЧКР ТУСУРа
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7 (382-2) 70-15-18
Эл. почта: office1@crystalt.ru

Акулиничев Юрий Павлович

Д-р техн. наук, профессор каф. РТС ТУСУРа
Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050
Тел.: +7-931-806-80-01
Эл. почта: aupa1941@mail.ru

Божков Владимир Григорьевич

Д-р техн. наук, профессор, нач. отд. АО «НИИПП»
Красноармейская ул., д. 99а, г. Томск, Россия, 634034
Тел.: +7 (382-2) 55-50-89
Эл. почта: bozhkov_vg@niipp.ru

Karnyshev V.I., Avdzeiko V.I., Rulevskiy V.M., Pascal E.S.,
Krakovskiy V.A., Akulinichev Yu.P., Bozhkov V.G.

**Comparative analysis of object detection systems using
the reflection or reradiation of radio-, acoustic or
electromagnetic waves**

The systems intended for detecting objects of artificial and natural origin are widely used while implementing the remote sensing methods. In this case, such different frequency ranges of sounding signals as radar, acoustic and optical ones are used. This article presents the results of patent analysis of the detection systems for such groups of the International Patent Classification as G01S13, G01S15, G01S17. The analysis has been carried out using the database of the United States Patent and Trademark Office (USPTO) inventions registered from 2015 to 2019. The aim of the given study was to compare the development trends of the object detection systems using the reflection or reradiation of radio-, acoustic or electromagnetic waves. It is shown that the proposed approach makes it possible to identify the promising (breakthrough) technological directions, as well as to form predictive estimates of their development in the short-term.

Keywords: patent analysis, International Patent Classification, US patents, detection systems, radar, acoustics, lasers.

doi: 10.21293/1818-0442-2020-23-4-7-15

References

1. Kim J., Hwang M., Jeong Do-Heon, Jung H. Technology trends analysis and forecasting application based on decision tree and statistical feature analysis. *Expert Systems with Applications*, 2012, vol. 39, pp. 12618–12625.
2. Quan Z., Jing D., Bohan L. Design and Implementation of Patent Data Automatic Acquisition System. *Proceedings of the International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA)*, 2018, pp. 395–399.
3. Segev A., Jung S., Choi S. Analysis of Technology Trends Based on Diverse Data Sources. *IEEE Transactions on Services Computing*, 2015, vol. 8, no. 6, pp. 903–915.
4. Takano K., Tanaka M., Sakai H., Kitajima R., Ota T., Tanabe C., Sakaji H. Extraction of Characteristic Terms from Patent Documents for Technical Trend Analysis. *Proceedings*

of the 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), 2019, pp. 667–672.

5. Chang D.S., Kao C.H. Developing a novel patent map to explore R&D directions and technical gaps for thin-film photovoltaic industry. *Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2009, pp. 59–63.

6. Xingwang W., Yanjie T. A case study of technology innovation approach: The construction of technology forecasting system. *Proceedings of the 2012 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 2012, vol. 1, pp. 150–153.

7. Yang Z., Zhang Z., Zhang S., Wang J., Lin H., Zeng B. Patent abstract analysis on Chinese big data. *Proceedings of the 2017 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD)*, 2017, pp. 2116–2122.

8. Boekel R.C., Cunningham S.W., Wang X. Exploring the Nanotechnology Landscape for Competitive Advantage Using SAO-Mining. *Proceedings of the 2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 2017, pp. 1–11.

9. Smarika, Mattas N., Kalra P., Mehrotra D. Agglomerative hierarchical Clustering technique for partitioning patent dataset. *Proceedings of the 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions)*, 2015, pp. 1–4.

10. Supraja A.M., Archana S., Suvetha S., Geetha T.V. Patent search and trend analysis. *Proceedings of the 2015 IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, 2015, pp. 501–506.

11. Seo W., Kim N., Choi S. Big Data Framework for Analyzing Patents to Support Strategic R&D Planning. *Proceedings of the IEEE 14th International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 14th International Conference on Pervasive Intelligence and Computing, 2nd International Conference on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech)*, 2016, pp. 746–753.

12. Lu-Cheng H., Yan L. Research on technological trajectories based on patent documents and related empirical study. *Proceedings of the 2011 International Conference on Management Science & Engineering 18th Annual Conference Proceedings*, 2011, pp. 988–993.

13. Zexi X., Haiyang Z., Yue M. Long-Term Trend Prediction Algorithm Based on Neural Network for Short Time Series. *Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Parallel & Distributed Processing with Applications, Big Data & Cloud Computing, Sustainable Computing & Communications, Social Computing & Networking*, 2019, pp. 1233–1238.

14. Roudsari A.H., Afshar J., Lee C.C., Lee W. Multi-label Patent Classification using Attention-Aware Deep Learning Model. *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, 2020, pp. 558–559.

15. Nguyen K., Shin B.-J., Yoo S.J. Hot topic detection and technology trend tracking for patents utilizing term frequency and proportional document frequency and semantic information. *Proceedings of the 2016 International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)*, 2016, pp. 223–230.

16. Grawe M.F., Martins C.A., Bonfante A.G. Automated Patent Classification Using Word Embedding. *Proceedings of the 2017 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)*, 2017, pp. 408–411.

17. Rattinger A., Le Goff J., Meersman R., Guetl C. Semantic and Topological Patent Graphs: Analysis of Retrieval and Community Structure. *Proceedings of the 2018 Fifth International Conference on Social Networks Analysis, Management and Security (SNAMS)*, 2018, pp. 51–58.

18. Avdzeiko V.I., Karnyshev V.I., Meshcheryakov R.V., Pascal E.S. *Patentnyj analiz: vyjavlenie perspektivnyh napravlenij razvitiya radioelektronnyh sistem, ispol'zujushhih otrazhenie i vtorichnoe izluchenie radiovoln* [Patent analysis: revealing the promising trends in the advancement of radio electronic systems using the reflection or reradiation of radio waves]. *Radio Industry*, 2019, vol. 29, no. 1, pp. 53–61 (in Russ.).

19. Avdzeiko V.I., Karnyshev V.I., Pascal E.S. *Analiz perspektivnyh napravlenij razvitiya sistem, ispol'zujushhih otrazhenie ili vtorichnoe izluchenie akusticheskikh voln* [Analysis of prospective directions for development of systems using reflection or secondary radiation of acoustic waves.]. *Issues of radio electronics*, 2020, no. 7-8, pp. 6–13 (in Russ.).

Vladimir I. Karnyshev

Candidate of Engineering Sciences
Head of Patent Information Department
Tomsk State University of Control Systems
and Radioelectronics (TUSUR)
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
ORCID: 0000-0002-4751-8160
Phone: +7 (382-2) 70-15-83
Email: pio@main.tusur.ru

Vladimir I. Avdzeyko

Candidate of Engineering Sciences,
Senior Researcher TUSUR
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
Phone: +7 (382-2) 70-15-83
Email: avi@main.tusur.ru

Victor M. Rulevskiy

Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
Rector TUSUR
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
Phone: +7 (382-2) 51-05-30
Email: rector@tusur.ru

Evgeniya S. Paskal

Junior Researcher TUSUR
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
Phone: +7 (382-2) 41-38-89
Email: evgeniapascal@gmail.com.

Viktor A. Krakovski

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Department of
Microwave and Quantum Radio Engineering, TUSUR
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
Phone: +7 (382-2) 70-15-18
Email: office1@crystalt.ru

Yuri P. Akulinichev

Doctor of Engineering, Professor, Department of Radio
Engineering Systems (RES) TUSUR
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
Phone: +7-931-806-80-01
Email: aup1941@mail.ru

Vladimir G. Bozhkov

Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of Department, Research Institute
of Semiconductor Devices
99a, Krasnoarmeyskaya st., Tomsk, Russia, 634034
Phone: +7 (382-2) 55-50-89
Email: bozhkov_vg@niipp.ru