

НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 12

Москва 2018

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК [002.65:007.52] – 047.44

Н.С. Солошенко, Т.А. Пронина, М.И. Гречиков, Ю.Н. Щуко

Динамика развития некоторых актуальных направлений робототехники. Библиометрический подход

При помощи библиометрических методик проведен анализ развития нового актуального направления «автономные мобильные роботы». Выявлены индикаторы публикационной активности. Рассматривалось изменение количества авторов, числа профильных источников информации, устойчивых ключевых слов и словосочетаний. Уделялось внимание цитируемости публикаций. Применялись инструментарии реферативной БД цитирования Scopus (Elsevier) и аналитического ресурса SciMago (Университет Гранады, Испания), использующего информацию из БД Scopus.

Ключевые слова: *робототехника, мобильные роботы, автономные мобильные роботы, библиометрические методы, публикационная активность, транзитные авторы, цитируемость статей*

ВВЕДЕНИЕ

Новые технологии вызывают повышенный интерес у исследователей, грантодержателей, специалистов промышленных предприятий и коммерческих фирм, что приводит к росту количества публикаций и сопровождается увеличением числа вовлеченных в

тематику авторов, организаций, стран и расширением спектра научно-технической литературы по выбранному направлению [1]. При этом анализ динамики развития технологических дисциплин, таких как *робототехника*, библиометрическими методами связан с определенными сложностями, в значительной сте-

пени обусловленными политематическим и междисциплинарным характером предмета исследования.

Ключевые направления робототехники активно развивались с середины 1990-х до начала 2000-х гг. в рамках различных тематических областей, о чем можно судить по материалам многочисленных научных мероприятий по робототехнике, теории познания, лингвистике, психологии, организованных при участии и поддержке таких организаций, как *Association for the Advancement of Artificial Intelligence* (Ассоциация развития искусственного интеллекта), *IEEE International Conference on Robotics and Automation – ICRA* (Международная конференция по робототехнике и автоматике Института инженеров по электронике и электротехнике), *the IEEE/Robotics Society of Japan International Conference on Intelligent Robot and Systems* (Международная конференция по интеллектуальным роботам и системам *IEEE* и Японского общества по робототехнике) и др. [2].

О государственном значении развития робототехники в России свидетельствует, в частности, Указ Президента РФ от 16.12.2015 № 623 «О создании Национального центра развития технологий и базовых элементов робототехники», которым предусмотрено включение робототехнических комплексов (систем) в Перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

ПУБЛИКАЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ В ОБЛАСТИ РОБОТОТЕХНИКИ

Для выявления профильного массива документов по робототехнике был проведен поиск в БД *Scopus* [3] в блоке полей: «Название документа, краткое описание, ключевое слово (*TITLE-ABS-KEY*)» по следующим ключевым терминам: “*robot* OR "unmanned aircraft system*" OR (unmanned W/5 vehicle*) OR drone* OR "uas operation*" OR uav* OR ugv**”. Выделен массив объемом 374 949 документов¹ за временной период 1950–2016 гг. Публикации более ранних лет (1853–1949 гг.) составили менее 0,01% от общего количества документов и не учитывались при анализе статистики.

Заметный рост публикационной активности в этой области наблюдается в начале 1980-х гг. и резко ускоряется в начале 2000-х гг., нося экспоненциальный характер. В настоящее время объемы тематических массивов по робототехнике достигают ~ 30 тыс. документов в год (рис. 1). Наиболее значительный рост числа публикаций (100%) наблюдается в 2007–2011 гг. по сравнению с предыдущим пятилетним периодом (2002–2006 гг.), в то время как в следующем периоде (2012–2016 гг.) прирост публикационной активности замедлился и составил 30%. (табл. 1).

Инструментарий БД *Scopus* предоставляет возможность получения статистики по выбранному потоку документов, определения спектра авторов и организаций, вовлеченных в исследования в данной

¹ В работе анализировались массивы документов, полученные по результатам запросов к БД *Scopus* на 01.04.2018 г.

области, профильных источников, а также перечней авторских и экспертных ключевых слов (контролируемой лексики), включенных в массив документов результатов поиска.

Таблица 1

Изменение количества публикаций по робототехнике по пятилетним периодам

| Хронологические периоды | Количество публикаций |
|-------------------------|-----------------------|
| 2002–2006 | 53679 |
| 2007–2011 | 107271 |
| 2012–2016 | 140476 |

Для выявления перспективных направлений исследований анализировалась статистика использования контролируемых терминов в массиве документов по робототехнике. В этом массиве количество профильных публикаций, индексируемых терминами *мобильный(е) робот(ы) / mobile robot(s)*, насчитывает 34610 документов в период 1985–2016 гг., что составляет третью позицию по количеству публикаций после документов, индексируемых терминами *робототехника (robotics)* и *роботы (robots)*. Начиная с середины 1990-х гг. исследования по мобильным роботам активно развиваются (рис. 2).

Изменение общего количества публикаций по мобильным роботам по пятилетним периодам представлено в табл. 2. Наибольший прирост публикационной активности (96%) наблюдается с 1997 по 2001 гг. (5379 документов) по сравнению с 1992–1996 гг. (2744 документа). В следующем пятилетнем периоде (2001–2006 гг.) публикационная активность также существенно выросла – на 59%. С 2008 г. количество публикаций практически стабилизировалось на уровне 1600–1800 документов/год.

Таблица 2

Изменения общего числа публикаций по мобильным роботам по пятилетним периодам

| Хронологические периоды | Число публикаций |
|-------------------------|------------------|
| 1992–1996 | 2744 |
| 1997–2001 | 5379 |
| 2002–2006 | 8547 |
| 2007–2011 | 9068 |
| 2012–2016 | 8729 |

Сравнение типов документов в начальный (1992–1996 гг.) и конечный (2012–2016 гг.) периоды публикационной активности по мобильным роботам позволяет сделать вывод о существенном увеличении числа трудов научных мероприятий (*Conference papers*) по сравнению с количеством рецензируемых оригинальных статей (*Articles*) в массивах документов: в 2,2 раза в 1992-1996 гг. и в 1,9 раза в 2012-2016 гг. (табл. 3).

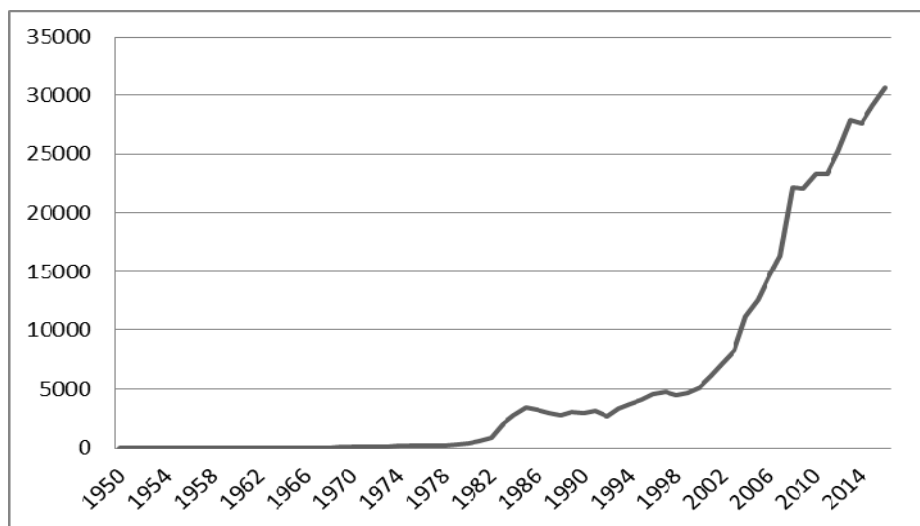


Рис. 1. Изменение количества публикаций по робототехнике

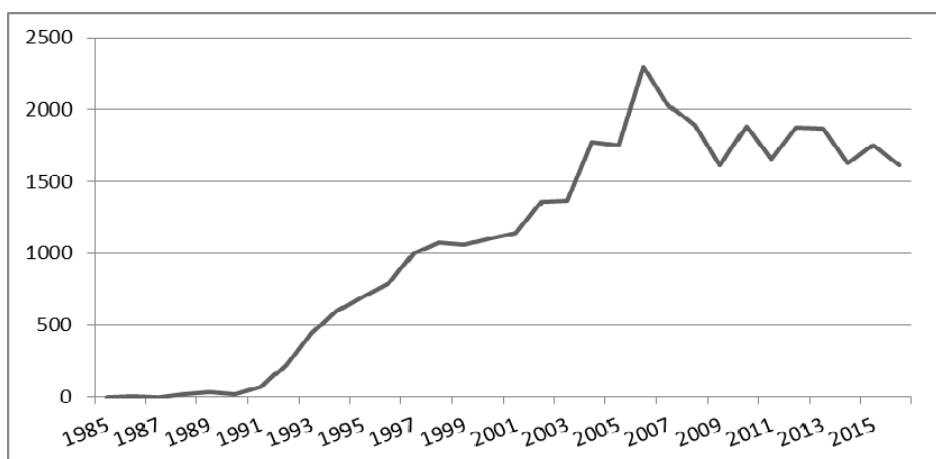


Рис. 2. Изменение количества публикаций по мобильным роботам

Распределение типов документов по мобильным роботам (%)

| Тип документов | 1992–1996 | 2012–2016 |
|-------------------|-----------|-----------|
| Conference Papers | 66 | 64,5 |
| Articles | 29,8 | 33,7 |

Динамика тематического распределения публикаций указывает на смещение фокуса публикационной активности от технических наук (*Engineering*) – 1992–1996 гг. к вычислительным (*Computer science*) – 2012–2016 гг. (табл. 4), что, в значительной степени, связано с успехами в изучении искусственного интеллекта [2].

В отличие от трудов научных мероприятий по мобильным роботам в области *Engineering (MR-CP-ENG)*, пик публикаций которых наблюдается в 2004–2007 гг., с начала 2000-х гг. прирост количества статей по этому направлению (*MR-AR-ENG*) существенно

Таблица 3

уменьшился, и поток документов стабилизировался в среднем на уровне 400–450 документов/год (рис. 3), что свидетельствует о наступлении периода стагнации.

Таблица 4

Тематическое распределение публикаций по мобильным роботам (%)

| Область исследований | 1992–1996 | 2012–2016 |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Engineering | 90 | 66,7 |
| Computer Science | 51,5 | 68,8 |
| Mathematics | 11,8 | 16,8 |
| Physics and Astronomy | 7,3 | 3,7 |
| Materials Science | 2,3 | 2,5 |

Наибольший прирост публикационной активности по статьям в области *Engineering (MR-AR-ENG)* отмечается с 1997 по 2001 гг. (170%), по сравнению с предыдущим пятилетним периодом 1992–1996 гг. (табл. 5).

Таблица 5

Изменение количества статей по мобильным роботам в области технических наук по пятилетним периодам

| Хронологические периоды | Количество статей |
|-------------------------|-------------------|
| 1992–1996 | 709 |
| 1997–2001 | 1915 |
| 2002–2006 | 1950 |
| 2007–2011 | 2073 |
| 2012–2016 | 2208 |

Дальнейшая работа проводилась на массиве проиндексированных в БД *Scopus* статей (*Articles*) по мобильным роботам в области *Engineering (ENG)*. Это обусловлено решением ограничить междисциплинарный характер исследований и анализировать публикационную активность по техническим аспектам, учитывая только отрецензированные статьи из авторитетных источников.

В ходе исследования инструментарий БД *Scopus* использовался для осуществления экспресс-анализа динамики развития актуальных направлений в области создания *мобильных роботов*, и, в частности, бы-

ли выделены ключевые термины, устойчивые для тематической области.

В анализируемом массиве документов рассматривались ранги двадцати наиболее встречаемых экспертных (контролируемых) терминов, большинство из которых являются словами общенаучной лексики: *algorithms, navigation, motion planning, machine design, sensors* и др.

Динамика рангов значимых ключевых терминов представлена в табл. 6. При этом *сенсоры (Sensors)* и *компьютерное зрение (Computer Vision)* можно отнести к междисциплинарным терминам, в то время как термины *манипуляторы (Manipulators)* и *автономные мобильные роботы (Autonomous Mobile Robot(s))* относятся к робототехнике.

Данные в табл. 6 указывают на активный рост рейтинга термина *автономные мобильные роботы (AMP)*, начиная с 2007 г., и падение рейтингов остальных тематик в предметной категории *мобильные роботы*.

Для выявления этапов развития тематических направлений *AMP* и *манипуляторы* в массиве документов по *мобильным роботам* были выбраны соответствующие тематические категории и получены выборки документов: по *AMP* – 329 и *манипуляторы* – 511 статей в период с 1989 г. по 2016 г.

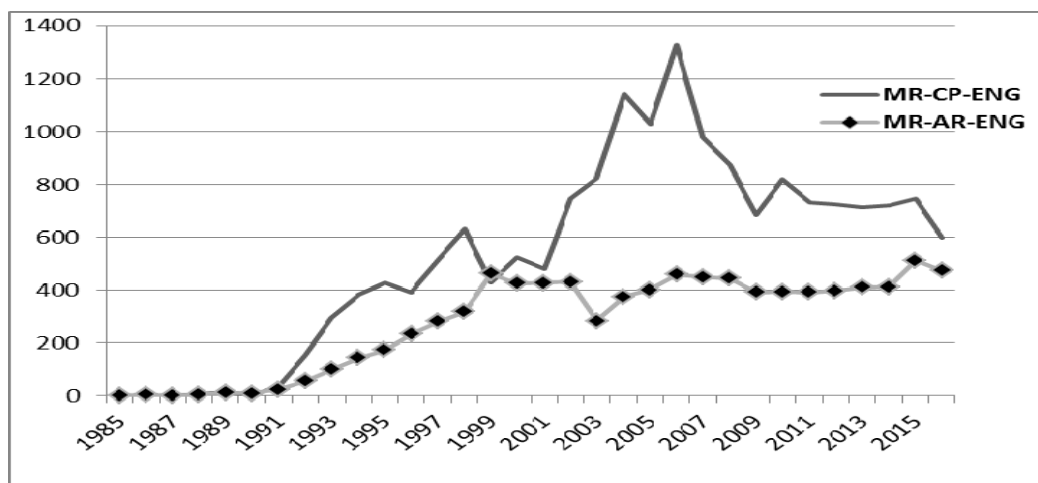


Рис. 3. Изменение количества различных типов публикаций по мобильным роботам

Таблица 6

Динамика рангов значимых ключевых терминов в документном массиве по автономным мобильным роботам (AMP)

| Ключевой термин / Рейтинг* | 1992–1996 | 1997–2001 | 2002–2006 | 2007–2011 | 2012–2016 |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Sensors</i> (Сенсоры) | 8 | 9 | 10 | 7 | 27 |
| <i>Manipulators</i> (Манипуляторы) | 13 | 11 | 14 | 35 | 64 |
| <i>Computer Vision</i> (Компьютерное зрение) | 14 | 10 | 13 | 25 | 26 |
| <i>Autonomous Mobile Robots</i> (Автономные мобильные роботы) | 35 | >160 | 127 | 12 | 13 |

* Выделенные значения относятся к первым 20 рангам

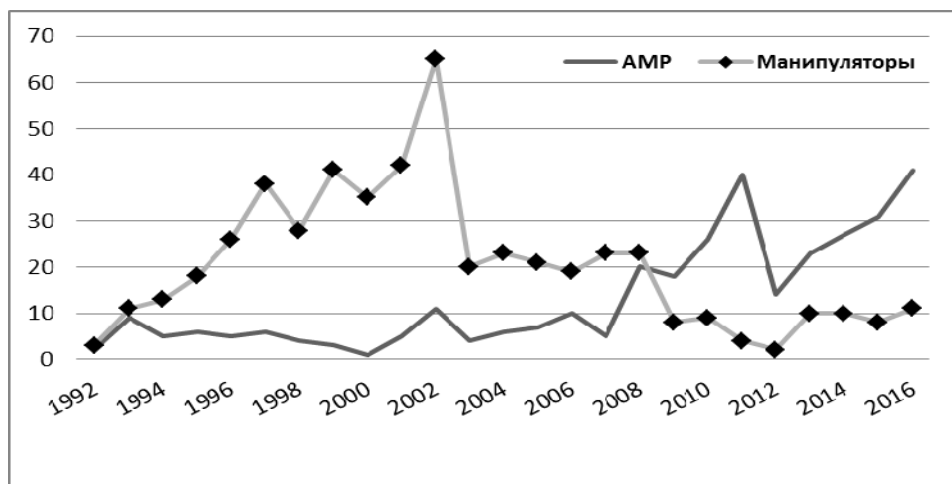


Рис. 4. Изменение числа статей по автономным мобильным роботам (AMP) и манипуляторам

Изменение числа статей в области *Engineering* для массивов документов по AMP и манипуляторам демонстрирует активный рост публикаций по AMP, начиная с 2008 г. (рис. 4). При анализе трех последовательных пятилетних периодов 2002–2006 гг., 2007–2011 гг., 2012–2016 гг. можно отметить наиболее значительный прирост публикаций (на 187%) в 2007–2011 гг. по сравнению с предыдущим периодом (2002–2006 гг.), в то время как следующий пятилетний прирост составляет 25% (табл. 7). Количество статей по *манипуляторам* начинает снижаться, начиная с 2004 г.

Таблица 7

Изменение количества статей по автономным мобильным роботам (AMP) по пятилетним периодам

| Хронологические периоды | Количество публикаций |
|-------------------------|-----------------------|
| 1992–1996 | 27 |
| 1997–2001 | 19 |
| 2002–2006 | 38 |
| 2007–2011 | 109 |
| 2012–2016 | 136 |

Как уже отмечалось, развитию работ по AMP в значительной степени способствовали успехи в области изучения искусственного интеллекта. Существенные результаты исследований стали заметны в связи с развитием «поведенческой робототехники» [4].

Для выявления особенностей формирования направления по AMP использовался ряд индикаторов, в том числе динамика устойчивых ключевых слов, отслеживающая «взрывной» механизм новаторских терминов, т.е. введение в научный оборот и стремительное распространение новых понятий, впоследствии входящих в терминологические словари, либо стагнирующих и исчезающих [5, 6].

В работе [7], посвященной рассмотрению возможностей использования лингвистического аппарата БД *Scopus* для оперативного выявления новых перспективных направлений междисциплинарных исследований, на примере искусственных молекулярных машин были выявлены «новаторские» ключевые термины, характеризующие новое тематическое направление, с использованием выборок авторских ключевых слов и контролируемой лексики.

В ходе настоящего исследования из БД *Scopus* выгружались массивы информации, содержащие библиографические записи по соответствующим периодам публикационной активности по AMP и массивы авторских и экспертных ключевых слов (*Author and Index*). Полученные выборки ключевых терминов ранжировались в порядке убывания частоты использования в последние годы (2014–2016) и анализировались предметными специалистами с целью выделения «новаторских» ключевых слов – как авторских, содержащихся в названиях и рефератах публикаций, так и экспертных (контролируемой лексики), для определения направления развития тематики. В табл. 8 и 9 показаны фрагменты файлов наиболее значимых авторских и экспертных ключевых слов (с частотой использования не менее 3-х в период 2014–2016 гг.).

Массив авторских ключевых слов по AMP включает 79 оригинальных терминов, большая часть которых встречается менее 3 раз, и которые не могут быть отнесены к «новаторской» лексике.

Массив экспертных ключевых слов по AMP включает 373 оригинальных термина, которые так же нельзя назвать «новаторскими». Но при этом они позволяют обозначить определенные направления исследований, например: навигацию (*autonomous navigation, mobile robot navigation(s), motion planning*) и проблемы искусственного интеллекта (*intelligent robots, behavioral research, computer vision, neural networks, sensor networks*). Вместе с тем эти термины могут быть отнесены не только к тематике «автономные мобильные роботы», но, в значительной степени, ко всей предметной области робототехники.

Частота использования наиболее значимых авторских ключевых слов (АКВ) в массиве документов по автономным мобильным роботам (АМР) в БД Scopus*

| Ключевые термины Scopus | 54 АКВ в 1996–2000 гг. | 131 АКВ в 2001–2007 гг. | 193 АКВ в 2008–2010 гг. | 240 АКВ в 2011–2013 гг. | 314 АКВ в 2014–2016 гг. |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Autonomous mobile robot(s) | 12 | 38 | 29 | | 36 |
| Mobile robot(s) | | | 18 | 22 | 34 |
| Path planning | | | 2 | 11 | 7 |
| Navigation | 2 | | 3 | 8 | 6 |
| robot navigation | | | | 2 | 4 |
| Autonomous navigation | | | 2 | | 3 |
| Motion planning | | | 2 | 3 | 3 |

* В верхней строчке указано общее количество авторских ключевых слов (АКВ) в массивах документов по АМР в соответствующие хронологические периоды.

Таблица 9

Частота использования наиболее значимых экспертных ключевых слов (СКВ) в массиве документов по автономным мобильным роботам (АМР) в БД Scopus*

| Ключевые термины Scopus | 132 СКВ в 1996–2000 гг. | 318 СКВ в 2001–2007 гг. | 880 СКВ в 2008–2010 гг. | 841 СКВ в 2011–2013 гг. | 842 СКВ в 2014–2016 гг. |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Autonomous mobile robot(s) | 10 | 33 | 48 | 77 | 100 |
| Mobile robots | 19 | 48 | | 77 | 100 |
| Robots | | 4 | 14 | 9 | 77 |
| Navigation | 4 | 2 | 42 | 55 | 69 |
| Motion planning | 5 | 6 | 4 | 15 | 16 |
| Autonomous navigation | | | 3 | 2 | 11 |
| Range finders | | 3 | | 2 | 10 |
| Navigation systems | 3 | 3 | 3 | 9 | 9 |
| Laser range finder(s) | | | 4 | 7 | 8 |
| Intelligent robots | | 2 | 16 | 5 | 7 |
| Mobile Robot navigation(s) | | | 3 | 2 | 6 |
| Mapping | | 3 | 2 | 3 | 5 |
| Behavioral research | | | | | 4 |
| Robot navigation | | | | 3 | 4 |
| Computer vision | 4 | 2 | 5 | 2 | 4 |
| Global Navigation Satellite Systems | | | | | 4 |
| Neural networks | 3 | | 3 | 6 | 3 |
| Sensor networks | | | 2 | | 3 |

* В верхней строчке указано общее количество экспертных ключевых слов в массивах документов по АМР в соответствующие хронологические периоды.

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ КОММУНИКАЦИЙ ПО АВТОНОМНЫМ МОБИЛЬНЫМ РОБОТАМ (АМР)

Появление нового тематического направления тесно связано с организацией устойчивого профильного научного сообщества, активно развивающего теоретические и экспериментальные основы зарождающейся области исследования [8]. Число авторов, стабильность

их сообщества, изменение количества профильных организаций и источников информации, цитируемость публикаций служат косвенными показателями развития научных коммуникаций по новому направлению или разделу общей предметной области [9,10].

Динамика развития научных коммуникаций по АМР представлена на рис. 5 и в табл. 10. Максимальный прирост показателей количества статей из документного массива по АМР, источников инфор-

мации, организаций и аффилированных с ними авторов наблюдался в 2007-2011 гг. по сравнению с предыдущим пятилетним периодом. Значения прироста были схожи для статей (190%), организаций (190%) и авторов (210%), в то время как количество источников информации выросло примерно на 104%.

В 2012–2016 гг. рост показателей замедлился по сравнению с 2007-2011 гг. и составил: для публикаций – 25%, авторов – 20%, источников – 34%, и организаций – 70%.

Авторский массив по АМР включает 714 исследователей, из которых 127 (18%) опубликовали не менее 2-х статей в период с 2002 по 2016 гг. и 587 (82%) являются «транзитными», т.е. опубликовавшими одну работу в рассматриваемый хронологический период [11, 12]. Только у 5 авторов отмечено не менее 4-х публикаций по АМР с 2002 по 2016 гг., причем ни один из исследователей не вошел в категорию продуктивных авторов по АМР, опубликовавших не менее 9-ти статей по конкретному направлению по определению *Price D.J.S.* [11]. Для этих исследователей были так же выявлены статьи в общем массиве документов по мобильным роботам. Представленные в табл. 11 данные указывают на общую публикационную активность вышеуказанных авторов как в области АМР, так и мобильных роботов.

«Транзитная» модель авторского сообщества по АМР на протяжении почти десятилетнего периода с момента начала активного развития (после 2008 г.) скорее может указывать на отсутствие в открытом секторе публикаций сформировавшейся новой тематики в области мобильных роботов.

В то же время, согласно теории управления, возможен альтернативный взгляд на феномен новых, популярных тематик, как на «повальные увлечения» [13]. Так, после реального представления К.С. Новоселовым с соавторами графеновой пленки в 2004 г. [14] началась «графеновая золотая лихорадка» [15], которая привела к экспоненциальному росту количества статей по графену, начиная с 2006 г., значительная часть которых не рассматривала сущностные свойства нового материала, что сопровождалось уменьшением средней цитируемости публикаций [1].

Массив учреждений, аффилированных с публикациями по АМР в 2002–2016 гг., насчитывает 390 организаций из 46 стран. Наиболее продуктивные по количеству организаций страны (более 2/3 общего массива организаций) отображены на рис. 6, где так же представлены объемы в этих странах так называемых «транзитных» организаций, по аналогии с «транзитными» авторами.

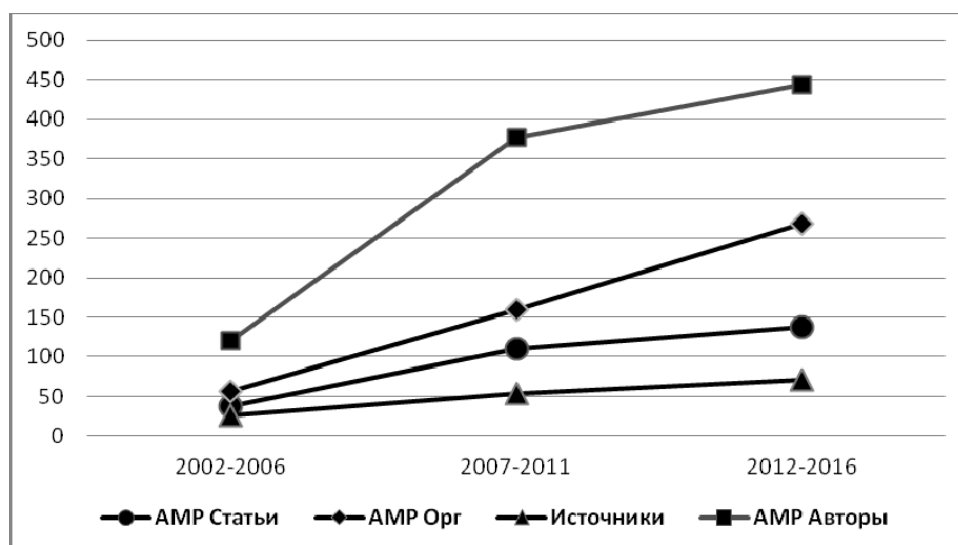


Рис. 5. Динамика развития научных коммуникаций по автономным мобильным роботам (АМР)

Таблица 10

Динамика развития научных коммуникаций по автономным мобильным роботам (АМР)

| Годы | Количество статей | Количество организаций | Количество источников | Количество авторов |
|-----------|-------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
| 2002–2006 | 38 | 56 | 26 | 121 |
| 2007–2011 | 110 | 159 | 53 | 377 |
| 2012–2016 | 137 | 268 | 71 | 443 |

**Публикационная активность авторов по автономным мобильным роботам (AMP)
и мобильным роботам**

| Автор | Аффилиция автора | Количество публикаций по AMP | Количество публикаций по МР |
|------------|--|------------------------------|-----------------------------|
| Ozaki K. | Utsunomiya University, Japan | 7 | 10 |
| Parhi D.R. | National Institute of Technology, Rourkela, India | 5 | 18 |
| Zhuang Y. | Dalian University of Technology, China | 4 | 18 |
| Yuta S. | Shibaura Institute of Technology, Tokyo, Japan | 4 | 15 |
| Kaneko M. | University of Electro-Communications, Chofu, Japan | 4 | 11 |

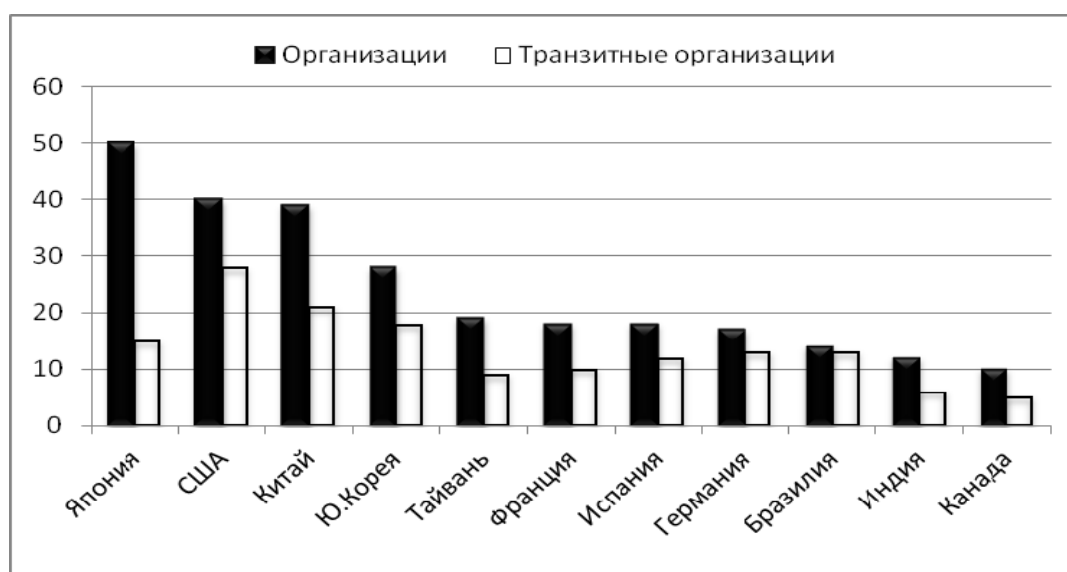


Рис. 6. Доля транзитных организаций в странах, аффилированных с публикациями по автономным мобильным роботам (AMP)

Максимальная относительная доля «транзитных» организаций, т. е. аффилированных только с одной публикацией в рассматриваемый период, отмечается в Бразилии (93%), Германии (76,5%), Испании (67%).

Организации с максимальной публикационной активностью по AMP (≥ 5) представлены в табл. 12, причем 2/3 из них из Японии (5) и Китая (3).

Максимальная доля публикаций по AMP среди общего количества открытых статей по мобильным роботам наблюдается у Национального технологического института Индии (*National Institute of Technology, Rourkela*), компании *Mitsumi Electric Co. Ltd* (Япония) Центральной школы г. Лилля (*Ecole Centrale de Lille*, Франция).

В то же время максимальную публикационную активность по общему направлению *мобильные роботы* в 2002–2016 гг. можно увидеть у организаций из Китая: *Harbin Institute of Technology* (201), *Chinese Academy of Sciences* (124), *Shanghai Jiao Tong University* (116) и *Beihang University* (78).

Массив сериальных изданий, в которых были опубликованы в 2002–2016 гг. статьи по AMP, насчитывает 120 источников, наиболее продуктивные

из которых (7) включают 1/3 массива публикаций (табл. 13), причем журналы *«Robotics and Autonomous Systems»*, *«Advanced Robotics»* и *«Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications»* размещены на крупнейших платформах: *Science Direct (Elsevier)*, *Taylor & Francis*, *Springer Nature* и помещены в 2017 г. во второй квартиль (Q2) по профильным тематическим категориям (*Artificial Intelligence, Computer Science Applications, Control and Systems Engineering, Electrical and Electronic Engineering, Human-Computer Interaction, Software*) аналитического ресурса *SciMago* [16].

«Транзитные» источники, в каждом из которых в данный хронологический период были опубликованы единичные статьи, составляют 63 %, причем их число возрастает с каждым пятилетием и составляет: в 2002–2006 гг. – 14, в 2007–2011 гг. – 24 и в 2012–2016 гг. – 38 изданий. Таким образом, со временем наблюдается рост рассеяния информации (единичных публикаций) по AMP в единичных изданиях.

Еще одним показателем развития популярного перспективного направления может служить индекс оперативности (*immediacy index*) – показатель коли-

чества ссылок в год публикации, демонстрирующий скорость отклика научного сообщества на исследование по новой теме.

Для массивов документов по мобильным роботам и АМР вычислены показатели средней цитируемости статей в год их публикации (N) и следующий год (N+1). С этой целью с использованием инструментария БД *Scopus* выявлено количество ссылок на публи-

кации в годы N и (N+1) в течение всего анализируемого периода (2002–2016 гг.). Результаты вычисления средней цитируемости статей, представленные на рис. 7, указывают на некоторый рост средней цитируемости статей по мобильным роботам в период 2008–2014 гг.: с ~0,3 до ~0,4 в год публикации и колебания средней цитируемости от ~1,3 до ~1,6 на следующий после публикации год.

Таблица 12

Организации с максимальным количеством публикаций по автономным мобильным роботам (АМР)

| Организации | 2002–2006 | 2007–2011 | 2012–2016 | Всего публикаций АМР | Всего публикаций МР | Страна |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|---------------------|-----------|
| Keio University | 2 | 4 | 7 | 13 | 45 | Япония |
| Shenyang Institute of Automation | 3 | 1 | 6 | 10 | 66 | Китай |
| University of Electro-Communications | 2 | | 7 | 9 | 29 | Япония |
| Utsunomiya University | | 2 | 6 | 8 | 21 | Япония |
| National Institute of Technology | | 3 | 5 | 8 | 8 | Индия |
| Carnegie Mellon University | 2 | 1 | 4 | 7 | 72 | США |
| Mitsumi Electric Co. Ltd. | | 2 | 4 | 6 | 6 | Япония |
| Chinese Academy of Sciences | 4 | 2 | | 6 | 124 | Китай |
| Zhejiang University | 1 | 2 | 3 | 6 | 55 | Китай |
| University of Tsukuba | 3 | 1 | 1 | 5 | 27 | Япония |
| Ecole Centrale de Lille | | 2 | 3 | 5 | 8 | Франция |
| Universidad Nacional de San Juan | | 2 | 3 | 5 | 51 | Аргентина |

Таблица 13

Наиболее продуктивные источники информации по автономным мобильным роботам (АМР)

| Название источника | 2002–2006 | 2007–2011 | 2012–2016 | Σ | Профильные предметные категории <i>Scopus</i> | Издатель |
|---|-----------|-----------|-----------|----|--|---|
| Journal of Robotics and Mechatronics | | 1 | 18 | 19 | General Computer Science (Q3); Electrical and Electronic Engineering (Q3) | Fuji Technology Press, Japan |
| Robotics and Autonomous Systems | 3 | 9 | 7 | 19 | Software (Q1); Computer Science Applications (Q2); Control and Systems Engineering (Q2); | Elsevier, NL |
| Advanced Robotics | 4 | 6 | 2 | 12 | Computer Science Applications (Q2); Control and Systems Engineering (Q2); Computer Science: Software (Q2); Human-Computer Interaction (Q2) | Taylor & Francis, UK |
| IFAC-PapersOnLine | | | 12 | 12 | Engineering: Control and Systems Engineering (Q3) | IFAC Secretariat, Austria |
| Journal of Institute of Control, Robotics and Systems | | 7 | 4 | 11 | Control and Systems Engineering (Q3); Computer Science: Software (Q3) | Institute of Control, Robotics and Systems, S.Korea |
| Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications | 2 | 5 | 4 | 11 | Artificial Intelligence (Q2); Control and Systems Engineering (Q2); Software (Q2); Electrical and Electronic Engineering (Q2) | Springer Nature |
| IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems | 1 | 5 | 4 | 10 | Electrical and Electronic Engineering (Q3) | The Institute of Electrical Engineers of Japan |

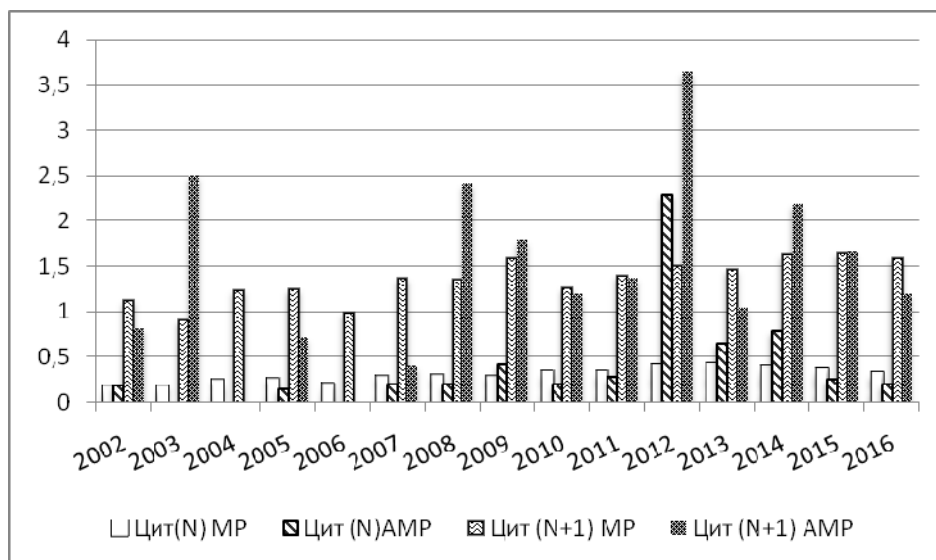


Рис. 7. Средняя цитируемость статей по автономным мобильным роботам (AMP) и мобильным роботам

Средняя цитируемость статей по AMP в год публикации (N) значительно опережает аналогичный показатель по мобильным роботам (MP) в 2012–2014 гг., с пятикратным превышением в 2012 г. – 2,286 (AMP) и 0,407 (мобильные роботы). В 2015 и 2016 гг. средняя цитируемость статей по AMP падает до 0,25 (2015 г.) и 0,195 (2016 г.), что значительно ниже показателей по мобильным роботам: 0,368 (2015 г.) и 0,315 (2016 г.).

Аналогичная ситуация наблюдается с цитируемостью статей по AMP в год, следующий за годом публикации (N+1). Можно увидеть более чем двукратное превышение средней цитируемости по AMP по сравнению с мобильными роботами – 3,641 (AMP) и 1,51 (MP) в 2012 г. и падение показателя в 2015 г.: 1,656 (AMP), 1,641 (MP) и в 2016 г.: 1,195 (AMP), 1,588 (MP).

Можно отметить ускоренный отклик научного сообщества на исследования по автономным мобильным роботам после 2008 г. Вместе с тем показатели средней цитируемости по AMP по годам достаточно нестабильны, в отличие от показателей по мобильным роботам. Это может быть связано с наличием некоторого количества статей по AMP со значительной цитируемостью и с увеличением со временем количества «транзитных» авторов, организаций и источников, аффилированных с публикациями с низкой цитируемостью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение традиционных библиометрических методов с использованием готовых инструментариев БД *Scopus* и аналитического ресурса *SciMago* позволяет выявлять в стабильно развивающихся тематических сферах активные новые направления исследований, что представляет особый интерес для междисциплинарных областей – таких, как робототехника.

Активный рост числа статей, количества авторов, организаций и источников дает возможность увидеть появление в конце 2000-х гг. нового активного сектора открытых публикаций по автономным мобиль-

ным роботам. Небольшая доля абсолютных значений этих индикаторов по сравнению с аналогичными показателями в общем массиве документов по мобильным роботам может свидетельствовать об отсутствии в настоящее время сформировавшегося самостоятельного научного направления и стабильного научного сообщества по AMP в открытом секторе публикаций. Вместе с тем, превышение средней цитируемости статей по AMP в год публикации и следующий год в период 2012–2014 гг. по сравнению с аналогичными показателями по мобильным роботам предполагает ускоренный активный отклик профильных специалистов на исследования по новой тематике. Нестабильность этих показателей и их падение в 2015–2016 гг. могут быть связаны со значительным ростом в последние годы количества транзитных авторов, организаций, источников. Результат – увеличение потока мало цитируемых статей на «модную» тему при очень большой вероятности ухода продуктивных авторов и организаций из открытого информационного пространства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Klincewicz K. The emergent dynamics of a technological research topic: the case of graphene // *Scientometrics*. – 2016. – Vol.106, №1. – P. 319–345.
2. Goodrich M.A., Schultz A.C. Human-Robot Interaction: a Survey // *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*. – 2007. – Vol.1, № 3. – P. 203–275.
3. БД Scopus. – URL: <http://www.scopus.com> (дата обращения: 01.04.2018)
4. Brooks R.A. A robust layered control system for a mobile robot // *IEEE Journal of Robotics and Automation*. – 1986. – Vol. 2, № 1. – P. 14–23.
5. Kleinberg J. Bursty and hierarchical structure in streams // *Data Mining and Knowledge Discovery*. – 2003. – Vol.7, № 4. – P. 373–397.
6. Mane K., Boerner K. Mapping topics and topic bursts in PNAS // *Proceedings of the National Acad-*

- emy of Sciences of the United States of America (PNAS). – 2004. – 101(Suppl 1). – P. 5287–5290.
7. Солошенко Н.С., Пронина Т.А., Зибарева И.В. Возможности использования лингвистических аппаратов реферативно-аналитических ресурсов при выявлении новых направлений в междисциплинарных научных исследованиях: библиометрический подход // Материалы Международной конференции, посвященной 65-летию ВИНТИ РАН «Информация в современном мире» (Москва 25 – 26 октября 2017 г.). – М.: ВИНТИ РАН, 2017. – С. 286–297.
 8. Hoeffner L., Smiraglia R. Visualizing domain coherence: Social informatics as a case study // Advances in Classification Research Online. – 2013. – Vol. 23, № 1. – P. 49–51.
 9. Bettencourt L.M.A., Kaiser D.I., Kaur J., Castillo-Chavez C., Wojick D.E. Population modeling of the emergence and development of scientific fields // Scientometrics. – 2008. – Vol. 75, № 3. – P. 495–518.
 10. Chen C., Chen Y., Horowitz M., Hou H., Liu Z., Pellegrino D. Towards an explanatory and computational theory of scientific discovery // Journal of Informetrics. – 2009. – Vol. 3, № 3. – P. 191–209.
 11. Price de S., Gürsey S. Studies in Scientometrics // International Forum for Information and Documentation. – 1976. – Vol. 1, № 2. – P. 17–24.
 12. Gordon A. Transient and continuant authors in a research field: The case of terrorism // Scientometrics. – 2007. – Vol. 72, № 2. – P. 213–224.
 13. Abrahamson E., Fairchild G. Management fashion: Lifecycles, triggers, and collective learning processes // Administrative Science Quarterly. – 1999. – Vol. 44, № 4. – P. 708–740.
 14. Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V., Jiang D., Zhang Y., Dubonos S. V. et al. Electric field effect in atomically thin carbon films // Science. – 2004. – Vol. 306, № 5696. – P. 666–669.
 15. Geim A.K., Novoselov K.S. The rise of graphene // Nature Materials. – 2007. – Vol. 6, № 3. – P. 183–191.
 16. SCImago Journal & Country Rank (SJR). – URL: <http://www.scimagojr.com> (дата обращения: 01.04.2018).

Материал поступил в редакцию 14.08.18.

Сведения об авторах

СОЛОШЕНКО Наталия Сергеевна – кандидат педагогических наук, Зав. отделом комплектования ВИНТИ РАН, Москва
e-mail: solns@viniti.ru

ПРОНИНА Татьяна Анатольевна – кандидат биологических наук, Зав. Отделением научной информации по проблемам наук о жизни ВИНТИ РАН
e-mail: pronina@viniti.ru

ГРЕЧИКОВ Михаил Игоревич – кандидат технических наук, Зав. Отделением научной информации по проблемам машиностроения и транспорта ВИНТИ РАН
e-mail: mach@viniti.ru

ЩУКО Юлия Николаевна – кандидат географических наук, ВРИО директора ВИНТИ РАН
e-mail: dir@viniti.ru