

УДК 656.073.28:004

DOI: 10.37890/jwt.vi79.491

Социально-сетевой анализ зарубежных исследований в области автоматизации грузовых контейнерных перевозок

Е.Е. Петрова¹

ORCID: 0000-0003-4219-8177

В. В. Ганнесен¹

Т.Е. Маликова²

¹*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия*

²*Морской государственный университет им. адмирала Г. И. Невельского,
г. Владивосток, Россия*

Аннотация. Актуальность темы обусловлена следующим. Повышение уровня автоматизации и цифровизации технологических процессов перевалочных комплексов - одна из приоритетных задач развития морского и речного транспорта Российской Федерации на ближайшие годы. Значимость научных исследований направленных на поиск решений этой задачи, несомненно, увеличивает объем уже накопленных знаний и скорость появления новых в данной предметной области. Как следствие появляется потребность в обновлении и систематизации вновь полученных теоретических и практических разработок в обзорных исследованиях, которые бесспорно являются фундаментом всей академической исследовательской деятельности, так как направлены на выявление актуальных проблем и связей будущих научных разработок с уже существующими. В работе выполнен анализ научного поля исследований в области автоматизации технологических процессов контейнерных терминалов на предмет доминирующих тематических направлений зарубежных научных школ за последние десятилетия. Источником информационного потока для анализа послужили вторичные открытые научные данные, размещенные в системе Google Scholar. Задачи исследования включали поиск публикаций, соответствующих заявленной тематике, кластеризацию авторов этих статей по принципу соавторства, выявление ученых, максимально способствовавших развитию новых научных разработок, определение научных интересов исследователей по анализу текстов их научных работ. Для решения задач применялись метод рёберной кластеризации, а также структурный и позиционный анализы. В результате был сгенерированы сетевой граф по авторской принадлежности научных работ, граф перекрестного цитирования научных публикаций, а также граф сопоставления результатов исследований ученых с одним из тематических направлений предметной области исследований. Построение и анализ графов были выполнены с использованием программного обеспечения Gephi.

Ключевые слова: контейнерный терминал, технологический процесс, цифровизация, автоматизация, подъемно-транспортные машины, библиометрический сетевой анализ.

Social network analysis of foreign research in the field of automation of cargo container transportation

Ekaterina E. Petrova¹

ORCID: 0000-0003-4219-8177

Vitalii V. Gannesen¹

Tatiana E. Malikova²

¹*Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia.*

²*Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoi, Vladivostok, Russia*

Abstract. The relevance of the topic is caused by the following. Improving automation and digitalization of technological processes of transshipment complexes is one of the priorities for development of maritime and river transport in the Russian Federation in the coming years. The importance of scientific research aimed at finding solutions to this problem, undoubtedly, increases already accumulated knowledge and the rate of emergence of new ones in this area. As a result, there is a need to update and systematize newly obtained theoretical and practical developments in review studies, which undoubtedly form the foundation of all academic research activities, as they are aimed at identifying current problems and links of future scientific developments with existing ones. The work analyzes the scientific area research in the field of automation of technological processes of container terminals regarding the dominant thematic areas of foreign scientific schools over the past ten years. The source of information flow for the analysis was secondary open scientific data posted in the GoogleScholar system. The objectives of the study included searching for publications corresponding to the stated topic, clustering the authors of these articles based on the principle of co-authorship, identifying scientists who contributed most to the new scientific developments, determining the scientific interests of researchers by analyzing the texts of their scientific works. The method of edge clustering, as well as structural and positional analyses were used to solve the tasks. As a result, a network graph was generated for the authorship of scientific works, a cross-citation graph of scientific publications, as well as a graph for comparing the research results of scientists with one of the thematic directions of the subject area of research. Graph construction and analysis were performed using Gephi software.

Keywords: container terminal, technological process, digitalization, lifting-and-shifting machines, bibliometric network analysis

Введение

Повышение уровня автоматизации и цифровизации технологических процессов перевалочных комплексов, в целях снижения издержек, повышения надежной и безопасной эксплуатации перегрузочного оборудования и транспортных средств одна из приоритетных задач развития морского и речного транспорта Российской Федерации на ближайшие годы³⁵. Актуальность, теоретическая и практическая значимость научных исследований направленных на поиск решений этой задачи увеличивает объем уже накопленных знаний и скорость появления новых знаний в данной области. Связь будущих научных разработок с уже существующими является фундаментом всей академической исследовательской деятельности, поэтому научный обзор работ, ведущих ученых остается актуальным во все времена [1,2]. Без этого сложно идти в ногу с новейшими исследованиями, а также адекватно оценивать новизну и степень проработанности тематики собственного научного исследования [3–5].

Целью работы является исследование поля научных работ в области автоматизации технологических процессов контейнерных терминалов на предмет доминирующих тематических направлений в деятельности зарубежных научных школ за последние десятилетие. Задачи исследования включают поиск наиболее релевантных зарубежных публикаций, относящихся к данной области научных знаний, кластеризацию авторов этих статей по принципу соавторства с выявлением числа ученых, максимально способствовавших развитию новых научных разработок, а также определение научных интересов исследователей по анализу текстовых научных работ.

³⁵ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.

Методы и материалы

Источником информационного потока для научного исследования послужили вторичные открытые научные данные, размещенные в системе Google Scholar. Выборка публикаций формировалась в следующей последовательности. В первой итерации из базы данных Google Scholar были выгружены статьи, опубликованные за последние десять лет, с ключевыми словосочетаниями «reachstacker automation», «automation of container crane», «automation of container terminals», «automation of loading operations at the terminal», «automation of loading and unloading devices», «gantry crane automation». Затем из этого списка были отобраны релевантные по отношению к области автоматизации технологических процессов контейнерных терминалов научные публикации. Во второй итерации из базы данных Google Scholar были выгружены статьи, на которые были ссылки в уже отобранных при первой итерации статьях. В результате был сформирован фрагмент сети научных публикаций, для каждой из которых известны ключевые словосочетания, список соавторов, список цитируемой литературы, страна происхождения публикации.

Для решения основных задач (выявления научных школ, ключевых ученых и актуальной научной тематики) исследования применялся метод рёберной кластеризации. Данный метод позволяет находить пересекающиеся сообщества, т. е. соотносить одну вершину с более чем одним сообществом [6]. В результате был сгенерирован сетевой граф авторов, принадлежащих разным научным школам, но имеющих общие научные работы, а дальнейший анализ публикаций этих авторов дал возможность сформировать представление о предметной области их исследований. Построение и анализ сетевого графа были выполнены с помощью программного обеспечения Gephi.

Ограничения на достоверность результатов, представленных в данной работе. Во-первых, подборка научных работ по объективным причинам (закрытие баз Scopus и Web of Science для российских пользователей) включает только те, которые проиндексированы в Google Scholar. Во-вторых, так как выборка публикаций формировалась вручную, было принято решение ограничиться числом статей, найденных через поисковый запрос по ключевым словосочетаниям, а также числом статей из списков цитирований в этих статьях, и не искать в базе данных статьи по последующим звеньям цепочек цитирований. Принятое решение ограничивает глубину проводимого исследования одним шагом и как следствие накладывает определенные ограничения на достоверность полученных результатов и выводов.

Результаты

Фрагмент сетевого графа соавторства представлен на рис. 1. Авторы статей, попавших в случайную выборку, показаны на нем узлами (кружками). Величина диаметра каждого из узлов соотносится с количеством статей данного автора в случайной выборке. Наличие у авторов совместных статей показано с помощью ребер, соединяющих узлы. Толщина каждого ребра соотносится с количеством общих статей у авторов. Количество статей, соответствующих ребру называется степенью ребра.

Рассмотрим, как граф организован. Он состоит из одиннадцати кластеров или научных сообществ (показано на рис. 1 цветом), тридцати пяти узлов, и сорока ребер. Для ребер графа средняя степень равна 1, причем ребра со степенями 1 и 2 встречаются наиболее часто.

Это говорит о том, что, хотя большинство авторов не склонны работать в одиночку, при этом частота взаимодействия в авторских коллективах невелика (одна/две совместные работы). Сеть очень разреженная, размер самого большого связного кластера составляет шесть узлов, т. е. 1/6 от всей совокупности узлов. Наиболее часто встречаются научные сообщества с размерностью два/три узла, т. е.

два три соавтора в коллективе. Исходя из результатов сетевого анализа статей из данной случайной выборки сделан вывод: тип взаимодействия научных сообществ между собой в последние десять лет определяется как «ассортативная структура», она же «разделенная структура» (assortative structure/edges within groups). Такая структура предполагает наличие в сети нескольких локальных кластеров (маленьких сообществ), которые между собой практически не взаимодействуют, либо взаимодействуют посредством мостов.



Рис. 1. Кластеризация научных публикаций по принципу соавторства

Сетевой граф соавторства был использован не только для выявления групп авторов, работающих совместно, но и для поиска ученых, максимально способствовавших развитию новых научных разработок в рассматриваемый временной период, т. е. ключевых авторов. Способствовать развитию научных знаний авторы могут в разных смыслах. Первый вариант – лидер, т. е. ученый непосредственно занимающийся разработкой новых научных результатов.

Наибольшее количество опубликованных значимых для развития науки статей у автора позволяет говорить о его лидерстве как ученого. Второй вариант, ученый способствует распространению и развитию научных знаний через научное сотрудничество, в том числе и с иностранными учеными. Поиск всех ключевых авторов графа соавторства (рис. 1) выполнен средствами позиционного анализа с использованием метрик центральности, их числовые значения для каждого узла вычисляются в программе Gephi автоматически. Результаты анализа представлены на рис. 2.

Узлы, для которых метрика Degree Centrality приняла наибольшее значение были отнесены программой к центральным (показаны на рис. 2 голубым цветом). Центральные узлы в сетевом графике два – Mahdi Homayouni и Junliang He [8,9]. Это авторы, имеющие большее количество публикаций и объединяющие относительно большие группы соавторов. Они являются по своей сути лидерами в данной области научных знаний и генерируют основные научные результаты в своем кластере. Поэтому знакомство с их разработками позволяет сделать вывод о векторе развития исследовательского интереса научных школ (кластеров) в настоящее время. Так, непосредственно внутри этих кластеров активно развиваются два научных направления: разработка моделей и алгоритмов, направленных на оптимизацию погрузочно-разгрузочных и складских операций в контейнерном терминале (научный руководитель Mahdi Homayouni); решение задач оптимизации работы грузоподъемных машин, а также задач распределения складских помещений на контейнерной площадке с поиском оптимальной стратегии распределения контейнеров в автоматизированном контейнерном терминале (научный руководитель Junliang He).

Максимальное значение метрики Betweenness Centrality определяет узел сети как мост (показан на рис. 2 красным цветом). В научной литературе можно встретить другой термин «узел контроллер передачи информации» как синоним термину «мост». Мост в данной в сети один – Caimao Tan [10]. Если удалить ребро «Junliang He – Caimao Tan», то кластер, в котором данные узлы находятся, распадется на два дополнительных изолированных научных сообщества с лидерами Junliang He и CaimaoTan.

Метрика Eigenvector Centrality выявляет узлы коммуникаторы. Для данного сетевого графа эта метрика равна нулю, т. е. узлы, обеспечивающие более быструю связь (обмен информацией) между центральными узлами различных кластеров отсутствуют. Данный факт еще раз подтверждает вывод о том, что в рассматриваемой сети тип взаимодействия научных сообществ между собой является «ассортативной структурой».

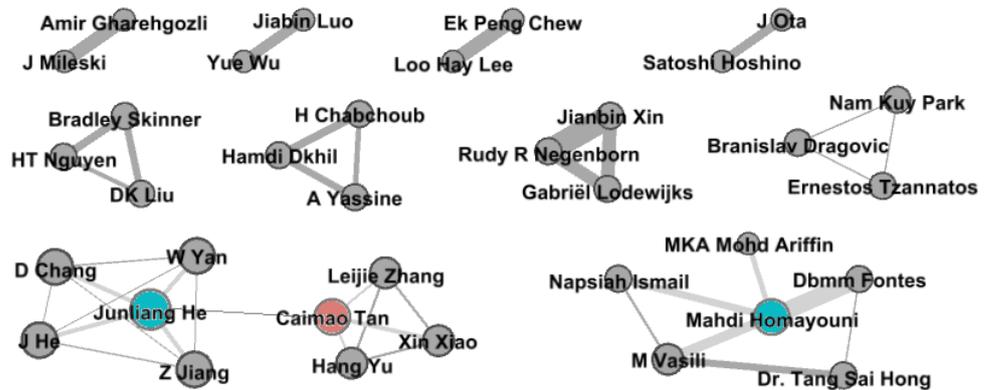


Рис. 2. Характеристики узлов в зависимости от их меры центральности

Распределение в выборке публикаций по странам их происхождения также подтверждает наличие большого числа локальных кластеров в международной сети (рис. 3). При этом наибольшее количество научных публикаций по исследуемой тематике аффилированы в странах Западной Европы, Китае и Южной Кореи. Основная тематика научных исследований в странах Западной Европы – комплексная оптимизация управления погрузочно-разгрузочными работами на автоматизированных контейнерных терминалах [11]; в Китае – автоматизация как отдельных грузоподъемных машин, так и контейнерных терминалов в целом [12]; в Южной Кореи - моделирование процессов управления перегрузочными операциями [13].

Если обратить внимание на распределение научных публикаций по тематическим рубрикам (рис. 4), то наибольший интерес у иностранных ученых вызывают вопросы, связанные с моделированием процессов управления перегрузочными операциями и оптимизацией грузоподъемных машин. Этот вывод сделан как по количеству опубликованных на данную тему работ, так и по количеству вовлеченных в данную проблематику авторов. Кроме того, достаточно большое количество разработок посвящено различным аспектам оценки результатов внедрения автоматизации в технологические процессы терминальной обработки контейнеров. А вот об актуальности внедрения средств автоматизации на терминале в иностранных источниках практически уже не пишут. В выборку попали только три автора с публикациями на данную тему. В решении задач, связанных с моделированием процессов управления перегрузочными операциями, лидируют китайские ученые и ученые Западной Европы. Наибольшее количество работ, посвященных различным

аспектам оценки результатов внедрения автоматизации в технологические процессы терминальной обработки контейнеров у китайских и корейских ученых.

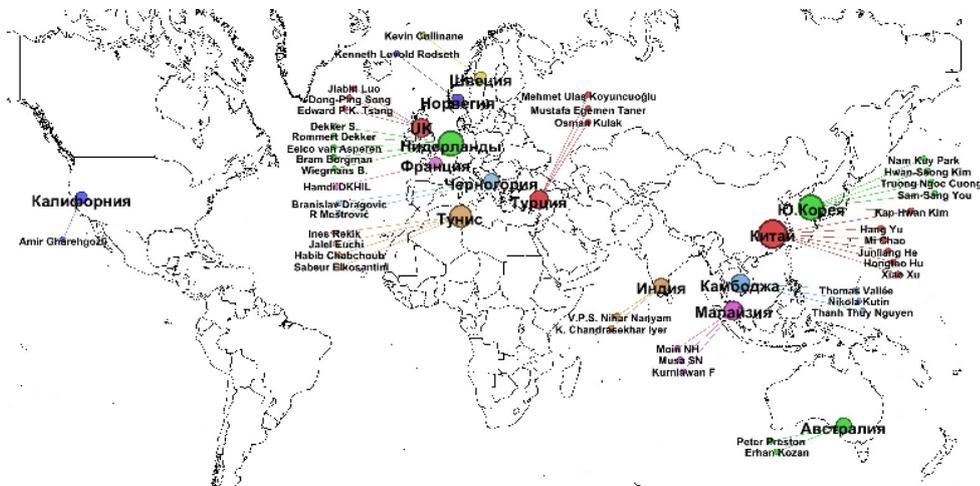


Рис. 3. География авторов, ведущих научные разработки в области автоматизации и цифровизации процессов терминальной обработки контейнеров

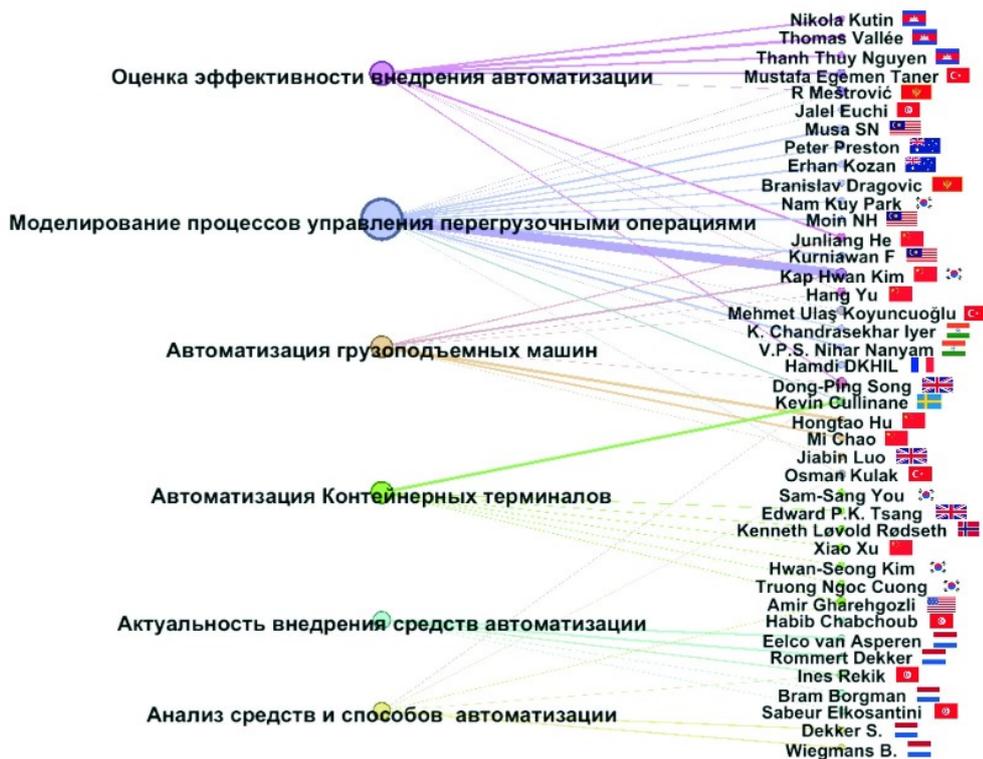


Рис. 4. Сеть результатов научной работы каждого автора по группам тематических направлений предметной области исследований

Такая иерархия распределения научных тематик – показатель того, что проблема автоматизации и цифровизации перегрузочных процессов находится на

заключительном этапе своего развития, а именно в цикле (эксплуатация, измерения, анализ, корректирующие действия) улучшения качества управления уже автоматизированными процессами (рис. 5). Для сравнения, аналогичный анализ работ российских ученых, выполненный авторами с использованием базы данных библиотеки eLIBRARY, показал, что жизненный цикл наших научных исследований находится в стадии внедрения новых технических разработок [13,14,15].

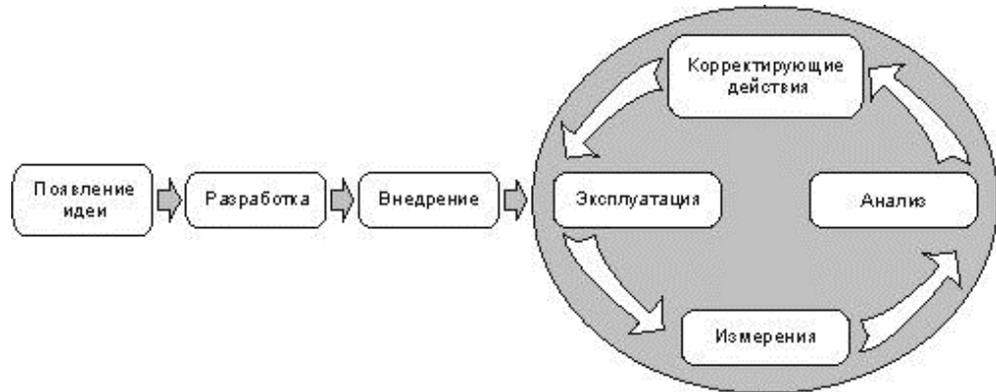


Рис. 5. Жизненный цикл научных разработок

На основе выполненного анализа сетевого графа соавторства (рис. 1) был сделан промежуточный вывод о том, что узлы, обеспечивающие более быструю связь (обмен информацией) между центральными узлами различных кластеров, отсутствуют из-за ассортативной структуры самой сети. Существует и другое (альтернативное) объяснение факту отсутствия узлов коммунитаторов и малому количеству мостов (один), а именно сеть обмена информации на основе соавторства построена в данном случае как международная и именно по этой причине ее структура ассортативная. И не смотря на такую структуру обмен новыми научными идеями и разработками между кластерами на самом деле интенсивен, просто организован другим способом (не через мосты и коммунитаторы).

Для уточнения этого момента дополнительно была построена сеть (ориентированный граф) перекрестного цитирования научных публикаций по данным выборки (рис. 6). Узлами этой сети являются по-прежнему авторы статей, попавших в случайную выборку, а ребра отражают наличие в статьях каждого из авторов ссылок на научные разработки остальных авторов. Толщина ребра, соединяющего два узла между собой, показывает степень «ссылаемости» на научные работы, а направление стрелок – кто кого цитирует.

Сетевой граф перекрестного цитирования помимо степени востребованности результатов исследования каждого автора дополнительно несет информацию о характере опосредованного взаимодействия научных сообществ. Поэтому он более информативен в плане объективно сформировавшихся способов обмена информацией между отдельными научными сообществами в международной научной сети.

Выводы на основе анализа ориентированного графа перекрестного цитирования (рис.6). Особенность формирования списка литературы в зарубежных публикациях – большое количество ссылок (тридцать и более) на работы ученых, не являющихся соавторами по отношению к автору статьи. При этом на собственные совместные работы авторского коллектива (составы авторских коллективов показаны на рис. 1), или работы одного из их членов ссылаться не принято. Работы для списка цитирования подбираются по следующим правилам: простое упоминание (ссылка на работу исследователя, ранее изучавшего данный вопрос); упоминание в развитии научного направления (автор цитирующей статьи развивает кем-то ранее

высказанные идеи). Характерно, что средняя степень «ссылаемости» на научные работы других авторов в статьях научных коллективов невелика (всего одно-два упоминания приходится на каждую статью в опубликованных ими списках литературы). Тем не менее, следует отметить, что у каждого авторского коллектива есть приоритетные авторы, на чьи работы они ссылаются многократно. В сетевом графе цитирований дополнительно удалось выявить группу узлов/авторов, на которые есть ссылки от авторов, представляющих разные научные кластеры. Иными словами, две-три научные школы независимо друг от друга цитируют работы ученых из этой группы. Следовательно, данную группу ученых следует в дальнейшем рассматривать как «авторитетную» на основании мнений авторов статей из совокупной выборки (показаны на рис. 6 красным цветом).

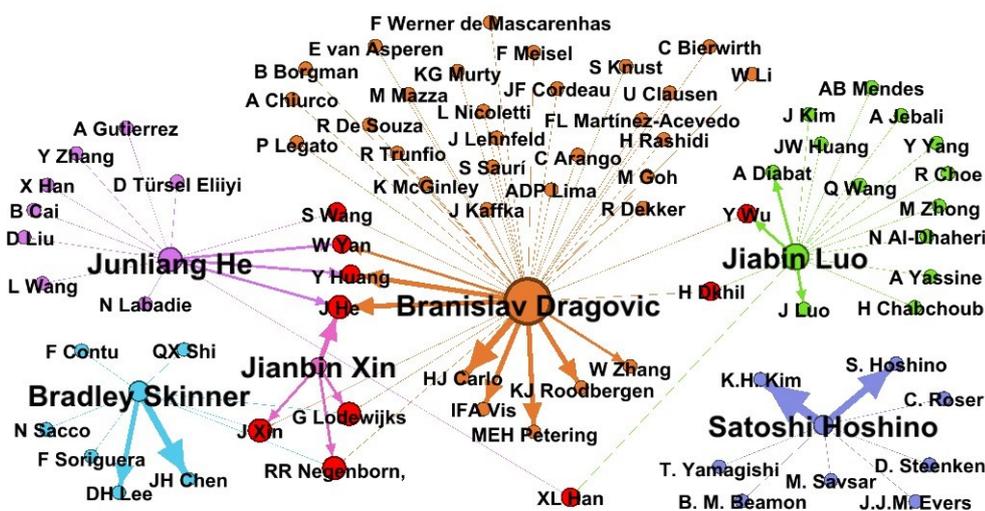


Рис. 6. Сеть цитирования научных публикаций

Обсуждение

Бесспорно – любой человек занимающийся научными исследованиями хотя бы раз в жизни решал задачу поиска значимых работ из области своих научных интересов. Как правило, в результате поиска формировался большой список работ, из которых только часть публикаций в конечном итоге оказывалась релевантной. В эпоху больших данных затраты времени исследователя на решение этой задача значительно увеличились.

Социально-сетевой анализ поля научных исследований в области своих научных интересов является удобным инструментом обработки полученной в результате поиска информации больших объемов. Во-первых, позволяет в наглядной форме отобразить взаимодействие ученых по принципу соавторства (рис. 1). Другими словами, представить базу данных по авторам в графическом виде. Кроме того, сервисы программного обеспечения Gephi позволяют легко добавлять к в уже включенным в сеть авторам исследователей с новыми научно значимыми разработками (сервис пополнения базы данных в режиме реального времени опубликования новых работ). Во-вторых, выделение в сети (рис. 2) ключевых авторов (лидер, мост, коммуникатор) ускоряет дальнейший поиск новых научных идей в области своих научных интересов чрез ознакомление в первую очередь с работами данных ученых. В-третьих, знания о степени развития научного направления в целом и о наиболее значимых на сегодняшний день исследовательских темах (рис. 4) позволяет находиться научному коллективу в тренде современной академической

исследовательской деятельности. В-четвертых, следует отметить, что результаты этого исследования имеют несколько академических и отраслевых последствий.

Для ученых, занимающихся проблемой автоматизации технологических процессов контейнерных терминалов, опубликованные сетевые графики позволят быстро организовать свой собственный поиск новых актуальных научных разработок с опорой на ключевые узлы (центральные, мосты и коммутаторы). А также знания о способах распространения информации в конкретном поле научных исследований (рис. 6) помогают более эффективно распространять собственные научные разработки, как в академическом, так и в отраслевом сообществах.

В практическом плане статья является, своего рода, методическим пособием по сбору и обработке информации для написания первой главы диссертационного исследования. Соискатели и аспиранты могут использовать опубликованные результаты для обоснования актуальности и новизны своего исследования, правильно сформулировать постановку решаемой ими задачи, определиться с набором используемых в работе методов и инструментов и т. д.

Для отраслевого сообщества представляет интерес систематизация и концентрация в одном источнике информации о текущих разработках в области автоматизации и цифровизации контейнерных терминалов. Другими словами, они заинтересованы в появлении научных работ, которые с некоторой периодичностью будут держать их в курсе текущего развития базы данных, раскрывающей накопленный практический опыт и знания, а также возникающих тенденции в отношении конкретных тем из данной области исследований.

Заключение

В результате выполненного анализа были выявлены следующие особенности локализации знаний и способов распространения научных идей в международном поле исследований автоматизации технологических процессов контейнерных терминалов:

1. Тип взаимодействия научных сообществ между собой в последние десять лет определяется как ассортативная / разделенная структура. Научные знания распространяются в сети через центральные узлы и мосты, узлы коммутаторы отсутствуют. Сеть очень разреженная, размер самого большого связанного кластера составляет шесть узлов, т. е. 1/6 от всей совокупности узлов. Наиболее часто встречаются научные сообщества с размерностью два - три соавтора в коллективе.
2. Обмен новыми научными идеями и разработками между кластерами происходит опосредованно через цитирование работ других ученых. Список цитируемой литературы формируется по следующим правилам: простое упоминание (ссылка на работу исследователя, ранее изучавшего данный вопрос); упоминание в развитии научного направления (автор цитирующей статьи развивает кем-то ранее высказанные идеи). В отличие от российской традиции в иностранных публикациях в списках цитирований преобладают чужие научные исследования, т. е. на свои работы или одного из членов своего авторского коллектива ссылаться не принято. Нет ограничений на год издания цитируемой статьи, т. е. в списках литературы из выборки встретилось много ссылок на статьи, опубликованные 20-30 лет назад. Работы, опубликованные за последнее десятилетие, цитируются иностранными источниками в меньшем количестве. Средняя степень «ссылаемости» на научные разработки других авторов в статьях научных коллективов невелика (всего одно-два упоминания каждой статьи приходится на всю совокупность литературных источников из опубликованных ими списков). Другими словами, авторы статей каждый раз ссылаются на новые источники информации.

3. Разработки иностранных ученых находятся в завершающей стадии жизненного цикла научной идеи, а именно переосмысление полученных результатов (этап улучшения качества управления уже автоматизированными технологическими процессами). Доминирующие тематические направления в деятельности зарубежных научных школ за последние десятилетие – моделированием процессов управления перегрузочными операциями и оценкарезультатов внедрения автоматизации в технологические процессы терминальной обработки контейнеров.

Список литературы

1. Dragović, B., Zrnić, N., Tzannatos E., Kosanić, N. and Dragović, A. (2023), "A bibliometric analysis and assessment of container terminal operations research", *Maritime Business Review*, Vol. 8 No. 3, pp. 269-293. <https://doi.org/10.1108/MABR-07-2022-0035>
2. Тимошек, Е. С. Аналитический обзор моделей и методов в управлении работой флота / Е. С. Тимошек, Т. Е. Маликова // *Эксплуатация морского транспорта*. – 2021. – № 4(101). – С. 38-51. – DOI 10.34046/aumsuomtl01/7. – EDNGJAWXI.
3. Соловьева, Е. Е. Исследование подходов в разработке алгоритмов управления автоматизированной системой организации поиска и выемки контейнеров / Е. Е. Соловьева // *Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития: Материалы Пятой международной научно-технической конференции, Петропавловск-Камчатский, 18–21 октября 2022 года*. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2022. – С. 70-74. – EDN TIXLVL.
4. Ганнесен, В. В. Обоснование схемы технологической операции расформирования контейнерного штабеля при автоматизации рабочего цикла автопогрузчика / В. В. Ганнесен, Т. Е. Маликова, Е. Е. Петрова // *Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова*. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 603-616. – DOI 10.21821/2309-5180-2023-15-4-603-616. – EDNXGBVXM.
5. Тимошек, Е. С. Распределительная модель судов снабжения арктического региона на участке транспортной сети / Е. С. Тимошек, Т. Е. Маликова // *Вестник Волжской государственной академии водного транспорта*. – 2019. – № 60. – С. 213-222. – EDNKPHANZ.
6. A link clustering based overlapping community detection algorithm / Ch. Shi, Y. Cai, D. Fu, Y. Dong [et al.] // *Data & Knowledge Engineering*. 2013. Vol. 87. P. 394– 404. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2013.05.004> 21. Scopus – поиск документа // Scopus [Б. м.]. 2021. URL: <https://www.scopus.com/> (дата обращения: 10.11.2021).
7. Fontes, D.B.M.M., Homayouni, S.M. A bi-objective multi-population biased random key genetic algorithm for joint scheduling quay cranes and speed adjustable vehicles in container terminals. *FlexServManuf J* 35, 241–268 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10696-022-09467-6>.
8. Junliang He, ZhaoweiJin, Caimao Tan, Yu Wang, and Hang Yu *Asia-Pacific Journal of Operational Research* Vol. 38, No. 03, 2140005 (2021) *Yard Template Generation in a Container Terminal Considering Time Requirement of Vessel Operation* <https://doi.org/10.1142/S0217595921400054>.
9. Minghui Wei, Junliang He, Caimao Tan, Jiantao Yue, Hang Yu, *Quay crane scheduling with time windows constraints for automated container port*, *Ocean & Coastal Management*, Volume 231, 2023, 106401, ISSN 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106401>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569122003775>).
10. Seyed Mahdi Homayouni, Sai Hong Tang, Omid Motlagh, A genetic algorithm for optimization of integrated scheduling of cranes, vehicles, and storage platforms at automated container terminals, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Volume 270, 2014, Pages 545-556, ISSN 0377-0427, <https://doi.org/10.1016/j.cam.2013.11.021>.
11. Jianbin Xin, Rudy R. Negenborn, Corman, Francesco, Optimal scheduling and routing of free-range AGVs at large scale automated container terminals/ *Journal / series Periodica Polytechnica Transportation Engineering* Volume 44(3) Pages / Article No. 145 – 154, 2016 <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000183049>

12. Ngoc CT, Xu X, Kim H-S, Nguyen DA, You S-S. Container port throughput analysis and active management using control theory. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment. 2022;236(1):185-195. doi:10.1177/14750902211020875
13. Петрова, Е.Е. Социально-сетевой анализ научного поля исследований в области автоматизации грузовых контейнерных перевозок / Е. Е. Петрова, Т. Е. Маликова // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии: Пятая Международная научная конференция, Санкт-Петербург, 04–20 апреля 2024 года. Том Часть 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2024. – С. 235-242.
14. Соловьева, Е. Е. Алгоритм управления действиями погрузчика при выборке контейнеров из операционного штабеля морского терминала / Е. Е. Соловьева, Т. Е. Маликова // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы: Сборник статей XXVI Международная научная конференция. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 29 мая – 02 2023 года. Том Часть 3. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2023. – С. 127-132. – EDNHKRBVB.
15. Соловьева, Е. Е. Выбор оптимальной последовательности сигналов блока управления при обработке штабеля контейнеров на морском терминале / Е. Е. Соловьева, Т. Е. Маликова // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2023. – Т. 15, № 3. – С. 426-436. – DOI 10.21821/2309-5180-2023-15-3-426-436. – EDNJTWBZS.

Reference

1. Dragović, B., Zrnić, N., Tzannatos, E., Kosanić, N. and Dragović, A. (2023), "A bibliometric analysis and assessment of container terminal operations research", Maritime Business Review, Vol. 8 No. 3, pp. 269-293. <https://doi.org/10.1108/MABR-07-2022-0035>
2. Timoshek, E. S., and Malikova, T. E. (2021) Analytical review of models and methods in fleet management. Jekspluatacija morskogo transporta. № 4(101), 38-51. – DOI 10.34046/aumsuomtl01/7.
3. Solov'eva, E. E. I research of approaches in the algorithms development for managing an automated system for organizing the search and seizure of containers (2022). Tehnicheskaja jekspluatacija vodnogo transporta: problem iputiravitija: Materialy Pjatoj mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskij konferencii, Petropavlovsk-Kamchatskij: Kamchatskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 70-74.
4. Gannesen, V. V., Malikova T. E., and Petrova E. E. (2023). Justification of the container stack unpacking technological operation scheme in the automation of the loader work cycle // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rečnogo flotaim. Admiral S.O. Makarova. 15, № 4. 603-616. – DOI 10.21821/2309-5180-2023-15-4-603-616.
5. Timoshek, E. S., and Malikova T. E. (2019). Routing model for supply ships operating in the arctic region transport network. Vestnik Volzhskoj gosudarstvenno jakademii vodnogo transporta. № 60, 213-222.
6. A link clustering based overlapping community detection algorithm / Ch. Shi, Y. Cai, D. Fu, Y. Dong [et al.] // Data & Knowledge Engineering. 2013. Vol. 87. P. 394– 404. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2013.05.004> 21. Scopus – поиск документа // Scopus [Б. м.]. 2021. URL: <https://www.scopus.com/> (дата обращения: 10.11.2021).
7. Fontes, D.B.M.M., Homayouni, S.M. A bi-objective multi-population biased random key genetic algorithm for joint scheduling quay cranes and speed adjustable vehicles in container terminals. FlexServManuf J 35, 241–268 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10696-022-09467-6>.
8. Junliang He, Zhaowei Jin, Caimao Tan, Yu Wang, and Hang Yu Asia-Pacific Journal of Operational Research Vol. 38, No. 03, 2140005 (2021) Yard Template Generation in a Container Terminal Considering Time Requirement of Vessel Operation <https://doi.org/10.1142/S0217595921400054>.
9. Minghui Wei, Junliang He, Caimao Tan, Jiantao Yue, Hang Yu, Quay crane scheduling with time windows constraints for automated container port, Ocean & Coastal Management, Volume 231, 2023, 106401, ISSN 0964-5691,

- <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106401>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569122003775>).
10. Seyed Mahdi Homayouni, Sai Hong Tang, Omid Motlagh, A genetic algorithm for optimization of integrated scheduling of cranes, vehicles, and storage platforms at automated container terminals, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Volume 270, 2014, Pages 545-556, ISSN 0377-0427, <https://doi.org/10.1016/j.cam.2013.11.021>.
 11. Jianbin Xin, Rudy R. Negenborn, Corman, Francesco, Optimal scheduling and routing of free-range AGVs at large scale automated container terminals/ *Journal / series PeriodicaPolytechnica Transportation Engineering* Volume44(3)Pages / Article No.145 – 154, 2016 <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000183049>
 12. Ngoc CT, Xu X, Kim H-S, Nguyen DA, You S-S. Container port throughput analysis and active management using control theory. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*. 2022; 236(1):185-195. doi:10.1177/14750902211020875
 13. F. Corman et al., "Optimizing hybrid operations at large-scale automated container terminals," 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), Budapest, Hungary, 2015, pp. 514-521, doi: 10.1109/MTITS.2015.7223302.
 14. Solov'eva, E. E., and Malikova, T. E. (2023). The algorithm for controlling the loader operations when selecting containers from the marine terminal operational stack *Volnovajaj elektronika i infokomunikacionnye sistemy: Sbornik statej XXVI Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija*. 3. – Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstven-nyj universitet ajerokosmicheskogo priborostroenija, № 3, 127-132.
 15. Solov'eva, E. E., and Malikova, T. E. (2023). The selection of the control unit optimal signalling sequence in container stack handling at sea port terminal. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*. 15 (3), 426-436.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Петрова Екатерина Евгеньевна, старший преподаватель, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, д.52-Б, e-mail: pillers@mail.ru

Ганнесен Виталий Витальевич, доцент, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, д.52-Б, e-mail: v_gannesen@mail.ru

Маликова Татьяна Егоровна, доктор технических наук, доцент, Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского, 690059, г. Владивосток, Верхнепортовая, д.50-А, e-mail: Malikova@msun.ru

Ekaterina E. Petrova, Senior Lecturer, Far Eastern State Technical Fisheries University, 52-B Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, e-mail: pillers@mail.ru

Vitalii V. Gannesen, Associate Professor, Far Eastern State Technical Fisheries University, 52-B Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, e-mail: v_gannesen@mail.ru

Tatiana E. Malikova, Dr. of Technical Sciences, associate professor, Maritime State University named after Admiral G. I. Nevelskoi, 50-A Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690059, e-mail: Malikova@msun.ru

Статья поступила в редакцию 03.04.2024; опубликована онлайн 20.06.2024.
Received 03.04.2024; published online 20.06.2024.