

Визуализация библиометрических сетей научных публикаций по вопросам исследования человеческого фактора при эксплуатации АЭС на основе библиографической базы данных Dimensions

А.Х. Хакимова^{1,А}, О.В. Золотарев^{2,В}, М.А. Берберова^{3,А,В,С}

^А Автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский центр физико-технической информатики»

^В Автономная некоммерческая организация высшего образования «Российский новый университет»

^С Автономная некоммерческая организация «Международный Центр по ядерной безопасности»

¹ ORCID: 0000-0001-9355-9249, aida_khatif@mail.ru

² ORCID: 0000-0001-6917-9668, ol-zolot@yandex.ru

³ ORCID: 0000-0002-6357-7929, maria.berberova@gmail.com

Аннотация

Надежность человека-оператора является важнейшим показателем безопасной эксплуатации АЭС. Ошибки могут совершаться при проведении проверок работоспособности, технического обслуживания, на этапе управления аварией и т.д.

Необходимость учёта человеческого фактора при проведении анализа безопасности и надёжности АЭС обоснована тем фактом, что ошибочные действия персонала и операторов АЭС прямо или косвенно могут привести к возникновению аварий. Поэтому проведение анализа надёжности персонала (АНП) при выполнении вероятностного анализа безопасности (ВАБ) и оценок риска позволяет выявить наиболее вероятные ошибочные действия персонала АЭС и разработать комплекс мер по их снижению.

В зависимости от вероятных последствий аварии и времени, которым располагает оператор, на вмешательство, персонал будет подвергаться различным уровням стресса, что напрямую повлияет на выполнение действий персонала по устранению неполадок при возникновении аварийной ситуации. Если авария произошла, то за короткий промежуток времени оператору необходимо принять ряд решений, корректность которых может как спасти, так и усугубить ситуацию.

В данной работе рассмотрены вопросы визуализации библиометрических сетей научных публикаций по вопросам исследования человеческого фактора при эксплуатации АЭС.

Ключевые слова: библиометрический анализ, визуализация, сеть цитирования.

1. Введение

Надежность человека-оператора является важнейшим показателем безопасной эксплуатации АЭС. Ошибки могут совершаться при проведении проверок работоспособности, технического обслуживания, на этапе управления аварией и т.д. На стабильность работы АЭС влияет ряд различных факторов:

- уровень организации проекта;
- качество эксплуатируемого оборудования;
- отбор и подготовка компетентного персонала;
- поддержание квалификации работников АЭС

и др.

В системе «человек-машина» надежность технической составляющей рассчитывается известными методами и в соответствии с установленными стандартами надежности. Однако «человеческая» составляющая не может быть технически точно определена, поэтому необходимо предпринимать системные усилия по повышению и последующему поддержанию достигнутого уровня надежности этой составляющей.

Наиболее существенный вклад в аварийные ситуации на опасных объектах вносит персонал. Причиной 70% катастроф являются неправильные действия или низкая надежность персонала и лишь 30% - отказ оборудования, неблагоприятное воздействие внешних факторов и др.

2. Методы и материалы

База данных Dimensions (<http://app.dimensions.ai>) - это расширенная научная база данных, которая включает не только книги, главы и материалы конференций, но также предоставляет гранты, патенты, клинические испытания, программные документы и альтиметрическую информацию.

Метаданные для этой базы данных получены из таких источников, как CrossRef, PubMed, Directory of Open Access Journals, Open Citation Data, реестры клинических испытаний, патентные бюро и более 100 издателей [1]. В некоторых случаях полнотекстовые данные индексируются из открытых источников, таких как PubMed Central и arXiv, обеспечивая более широкие возможности обнаружения и доступа, чем другие базы данных цитирования [2].

Запущенный в январе 2018 года, Dimensions объединяет более 133 миллионов исследовательских документов по всему жизненному циклу исследований. Бесплатная версия платформы обеспечивает открытый доступ к более, чем 95 миллионам записей публикаций и связанных с ними метрик.

Подсчет цитирования является основой библиометрического анализа с конца 1950-х годов и инструментом оценки с середины 1980-х годов. Dimensions строит свой граф цитирования, используя несколько методов [3].

Идентификация организации, устранение неоднозначности авторов, обработка на естественном языке и извлечение ссылок означают, что Dimensions могут точно реагировать на сложные поисковые запросы [4].

VOSviewer - программный инструмент, полностью ориентированный на визуализацию библиометрических сетей. В предоставляемых VOSviewer визуализациях, расстояние между двумя узлами указывает на их взаимосвязь. Таким образом, VOSviewer особенно подходит для визуализации больших сетей.

В библиометрической сети часто существуют большие различия между узлами по количеству ребер, которые они имеют. Популярные узлы, например, представляющие высоко цитируемые публикации, могут иметь на несколько порядков больше связей, чем их менее популярные аналоги. При анализе библиометрических сетей обычно выполняется нормализация этих различий между узлами. VOSviewer по умолчанию применяет нормализацию силы связи [5].

Следующим шагом после построения нормализованной сети является размещение узлов в сети в двумерном пространстве таким образом, чтобы сильно связанные узлы находились близко друг к другу, в то время как слабо связанные узлы находились далеко друг от друга. Для этой цели используется техника сопоставления VOS (VOS - «визуализация сходств») [6].

Помимо этого, VOSviewer по умолчанию назначает узлы в сети кластерам. Кластер - это набор тесно связанных узлов. Каждый узел в сети назначается только одному кластеру. Количество кластеров определяется параметром разрешения. Для обозначения кластера, назначенного данному узлу, VOSviewer (при визуализации библиометрической сети) использует цвета [7].

Кроме этого, VOSviewer поддерживает оверлейные визуализации. В оверлейной визуализации цвет узла указывает на определенное свойство узла. Например, узлы могут представлять журналы, а цвет узла может указывать количество ссылок на данный журнал [8]. Другая визуализация, поддерживаемая VOSviewer, это визуализация плотности [9].

Поиск осуществлялся на платформе Dimensions по ключевым словам «nuclear power plants human factor» в названиях и аннотациях за все годы.

3. Результаты

В базе Dimensions было обнаружено 746 публикаций, из них 520 статей, 125 тезисов, 94 главы из книг, 5 монографий, 2 препринта.

На рис. 1 представлена публикационная активность в области исследования человеческого фактора при эксплуатации АЭС (включая все типы публикаций). Линия тренда экспоненциальная, коэффициент детерминации (R^2), также называемый «величиной достоверности аппроксимации», равен 0,6719.

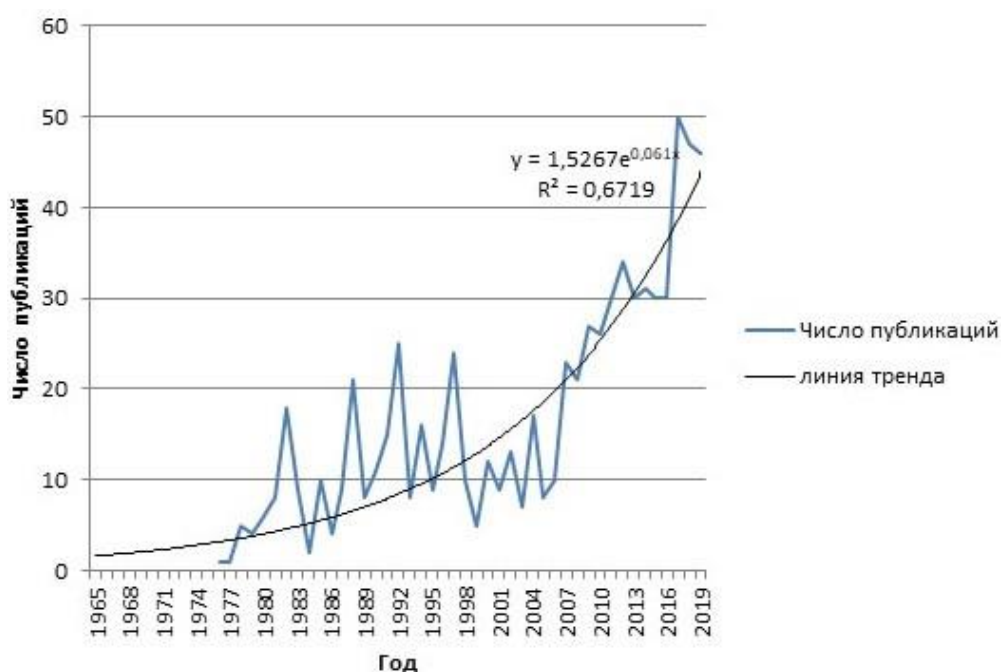


Рис. 1. Публикационная активность в области исследования человеческого фактора при эксплуатации АЭС на основе библиографической базы данных Dimensions

В топ-20 стран с наибольшим числом публикаций (рис. 2) входят такие страны, как США (162 статьи), Южная Корея (65), Китай (62), Япония (32), Тайвань (18), Великобритания (14), Франция (12), Бразилия, Финляндия, Индия (по 10 статей). Россия находится на 16 месте с 7 работами.

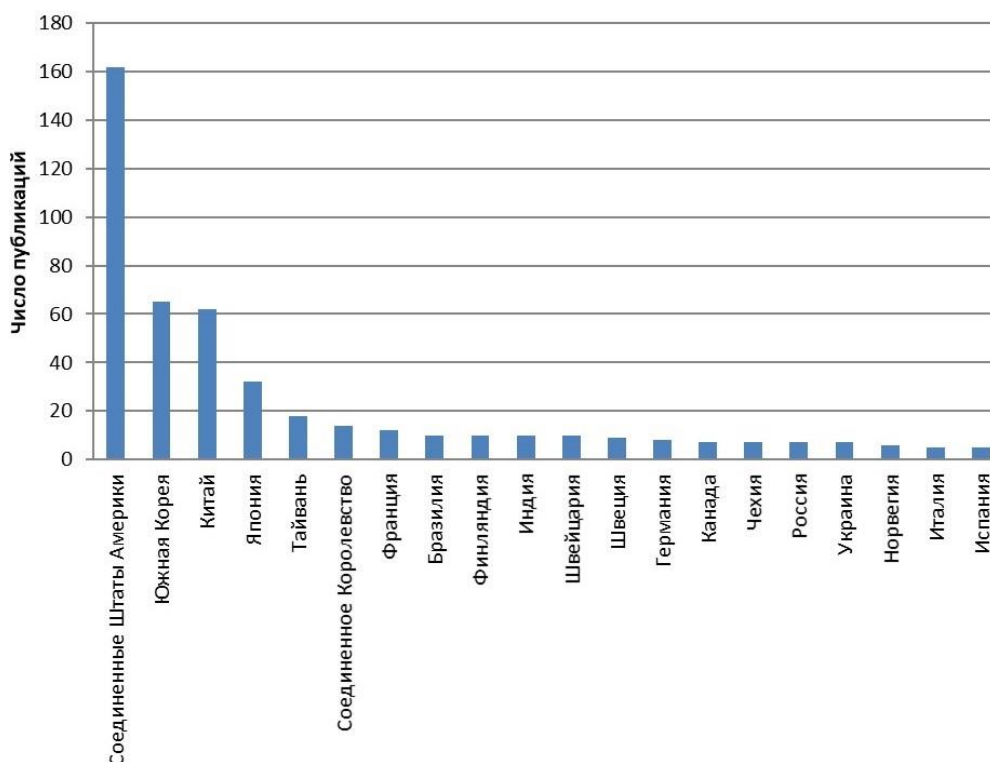


Рис.2. Топ-20 стран с наибольшим числом публикаций

Было выполнено построение сетей авторов на основе соавторства (co-authorship), цитирования (co-citation) и библиографического сочетания (bibliographic coupling).

При построении сети соавторства для 1665 авторов из 43 стран минимальное число статей автора было принято равным пяти. Таких авторов было выделено 36 в 11 кластерах (рис.3). Наибольшие кластеры включали 8 авторов (ведущий автор Seong Poong Hyun), 8 (ведущий автор Boring Ronald L.) и 5 авторов (ведущий автор Zhang Li). Наименьшие кластеры включали одного автора. Сеть показывает высокую степень разобщения авторов из разных стран, и даже в пределах одной страны (например, «китайских» кластеров – 6).

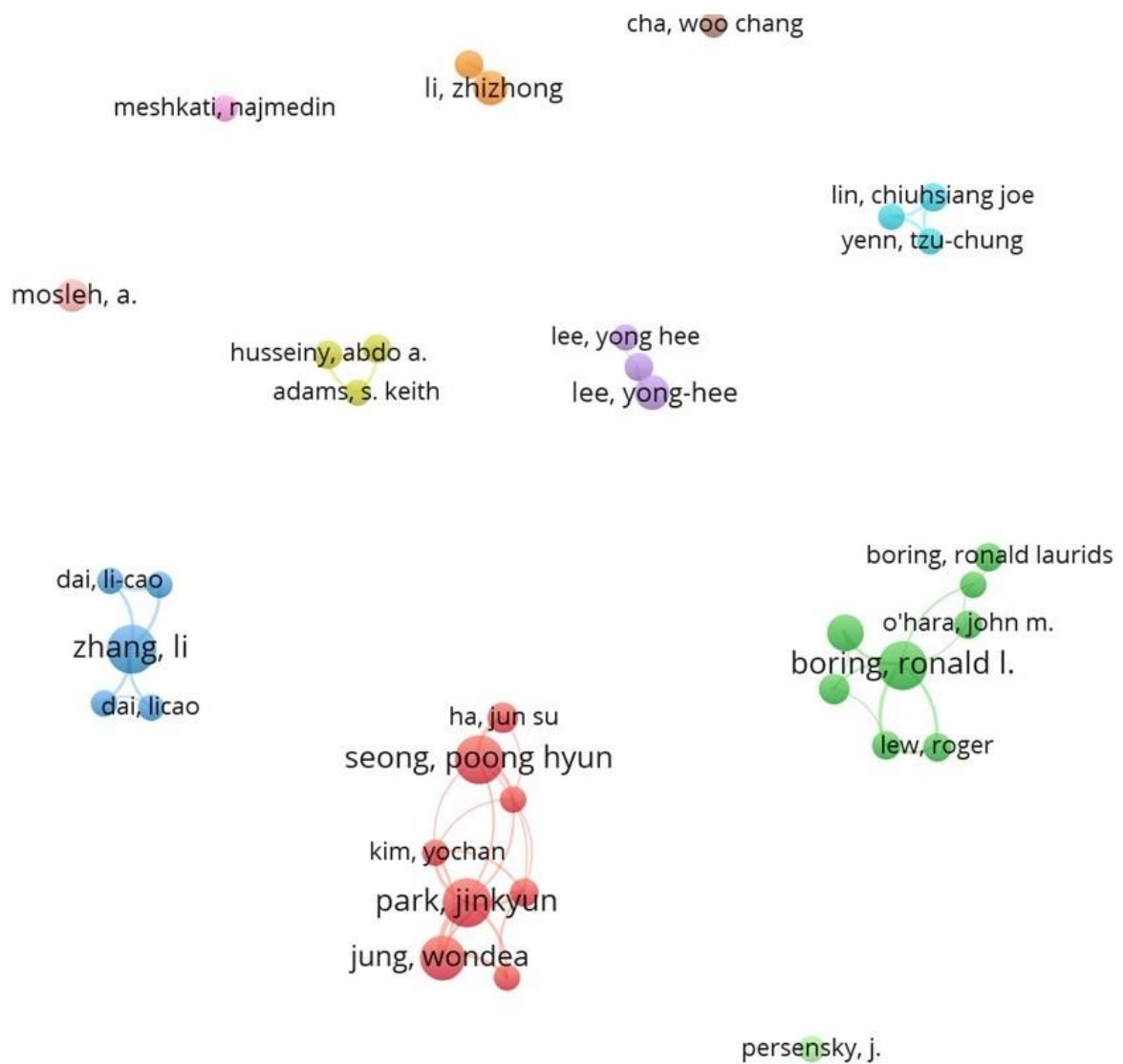


Рис.3. Визуализация сети авторов на основе соавторства

Была построена сеть ученых на основе коцитирования. В этом случае связь между исследователями будет образовываться при цитировании их в одних и тех же источниках. Размер узла в сети зависит от количества ссылок на данного конкретного исследователя.

Минимальное число цитирований было принято равным 20. При этом было выделено 40 авторов (рис.4).

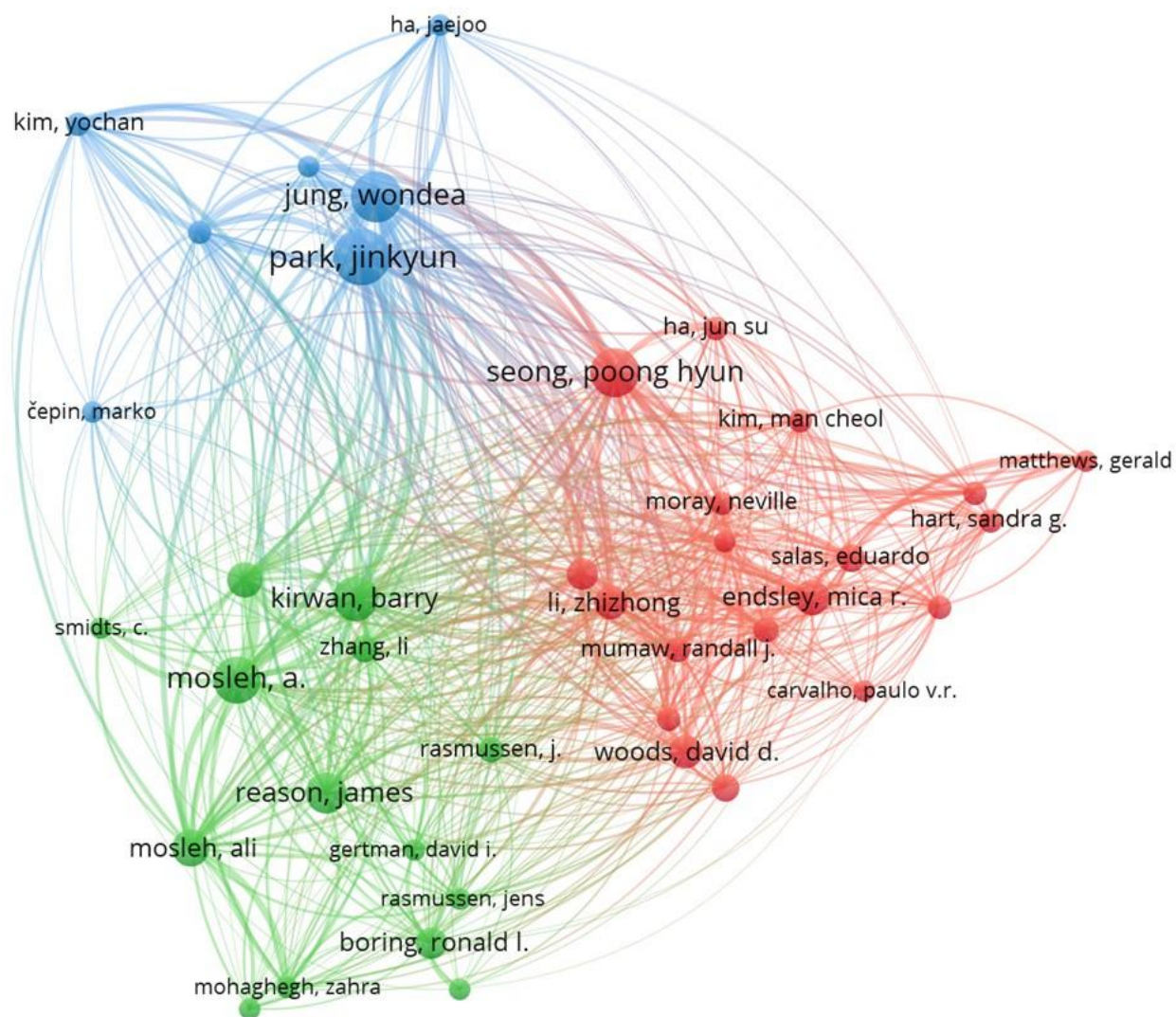


Рис.4. Визуализация сети авторов на основе коцитирования

Было выделено 3 международных кластера авторов, включавших соответственно 19, 14 и 7 авторов. Центральным автором 1 кластера является Seong Poong Hyun, для 2 кластера – Park Jinkyun, для 3 кластера - Mosleh A. Следовательно, ученые знакомы с работами авторов других исследовательских групп.

Была построена сеть ученых на основе библиографического сочетания. В случае библиографического сочетания, связь между исследователями будет построена, если они цитируют одинаковые источники. Размер узла в сети зависит от того, как исследователь цитировал других ученых. Минимальное число цитирований было принято равным 5, было выделено 36 авторов (рис.5).

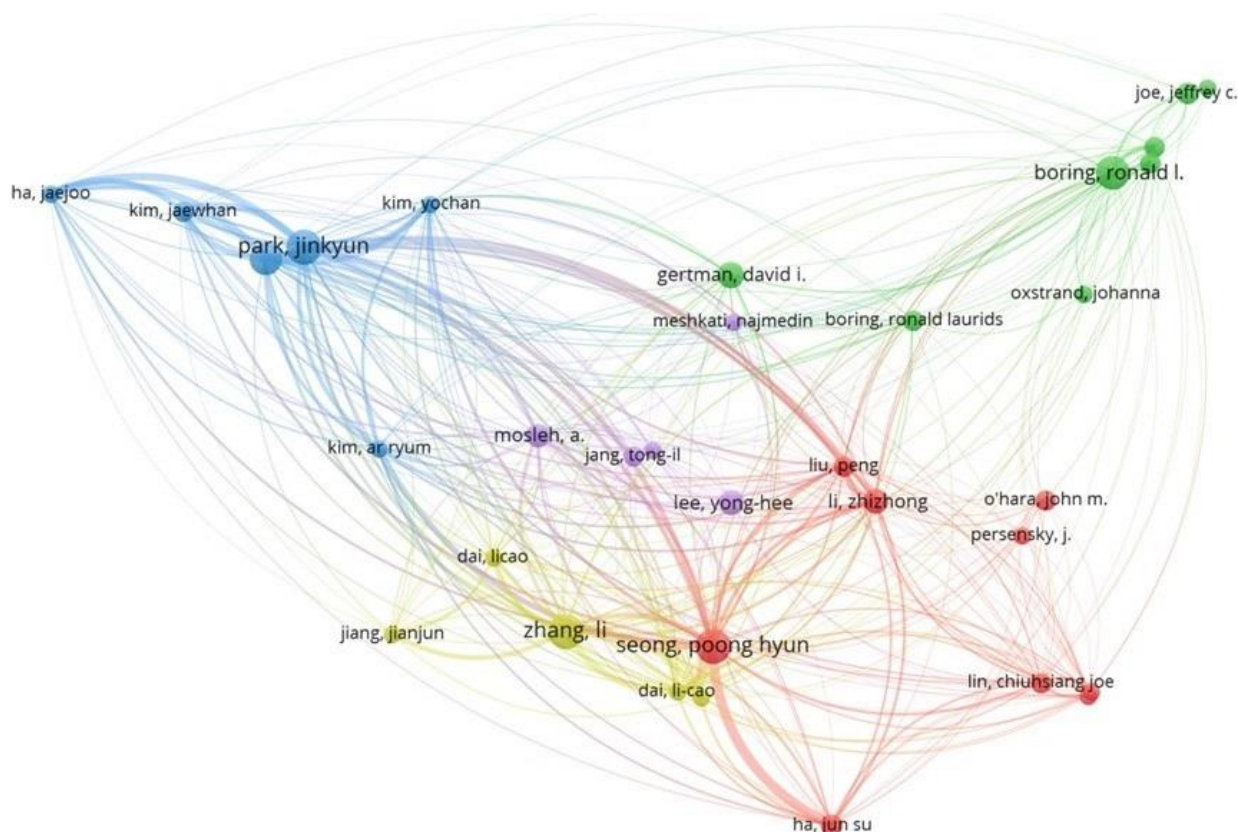


Рис.5. Сеть авторов на основе библиографического сочетания

Было выделено 4 кластера, из них включали китайских авторов (центральными авторами являются Park Jinkyun, Seong Poong Hyun, Zhang Li). Центральным автором международного кластера является Boring Ronald.

Следовательно, как в сетях авторов на основе соавторства, так и в сетях на основе цитирования и библиографического сочетания центральными авторами является небольшой список ученых, включая Park Jinkyun, Seong Poong Hyun, Zhang Li, Boring Ronald.

С целью выявления наиболее влиятельных организаций по изучению человеческого фактора в управлении АЭС была выполнена визуализация сетей соавторства по организациям. Минимальное число статей организации было принято равным трем. Из 297 организаций было выделено 52 организации, удовлетворяющие данным требованиям (рис.6).

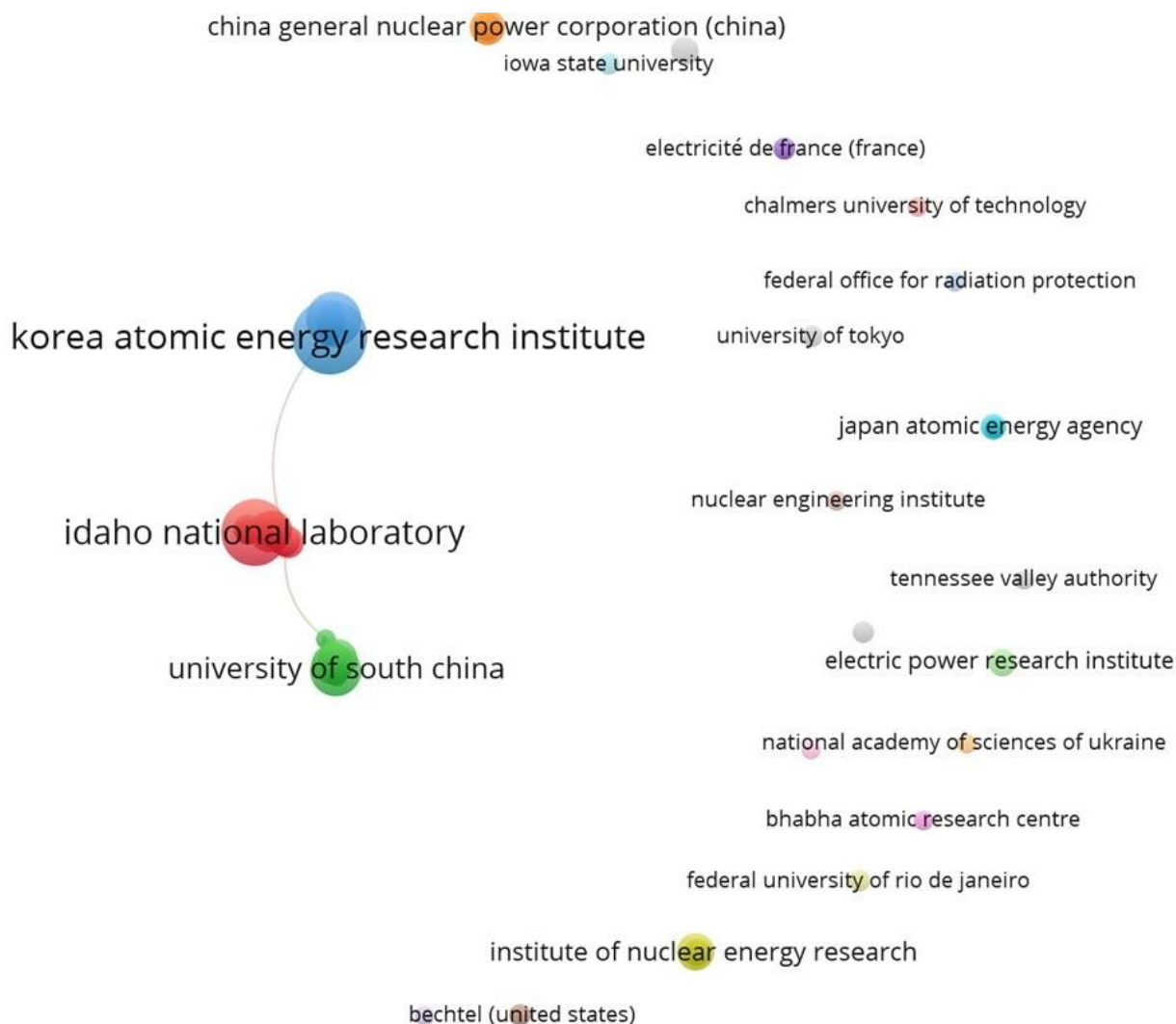


Рис.6. Визуализация сети соавторства по организациям

Визуализация сети соавторства по организациям подтверждает разрозненность исследований. Лишь три организации имеют общие публикации, это – Университет Южного Китая (Китай), Национальная Лаборатория Айдахо (США), Корейский исследовательский институт атомной энергии (Южная Корея). Остальные организации проводят самостоятельные исследования, в том числе, Национальная Академия Наук Украины.

Был проведен анализ соавторства по странам, минимальное число статей страны было принято равным трем. Из 43 стран было выделено 26. Эти 26 стран составили два кластера (рис.7). 1-й кластер включает 16 стран: Австрия, Канада, Китай, Финляндия, Франция, Германия, Индия, Италия, Норвегия, Россия, Южная Корея, Швеция, Швейцария, Турция, Объединенные Арабские Эмираты, Великобритания. Центральная страна – Южная Корея. В состав 2-го кластера входит 7 стран: Австралия, Бразилия, Чехия, Япония, Тайвань, Украина, США. Центральная страна – США.

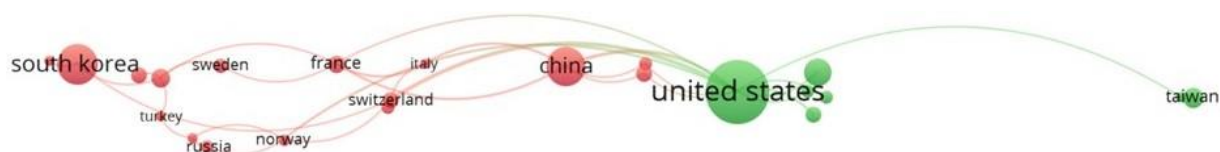


Рис.7. Визуализация сети соавторства по странам

Был проведен анализ цитирования по источникам публикаций, минимальное число публикаций в источнике было принято равным пяти. Выделили 23 наиболее цитируемых источника (рис.8). Самые цитируемые источники – это «Reliability Engineering &

System Safety», «Annals of Nuclear Energy», «Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting».

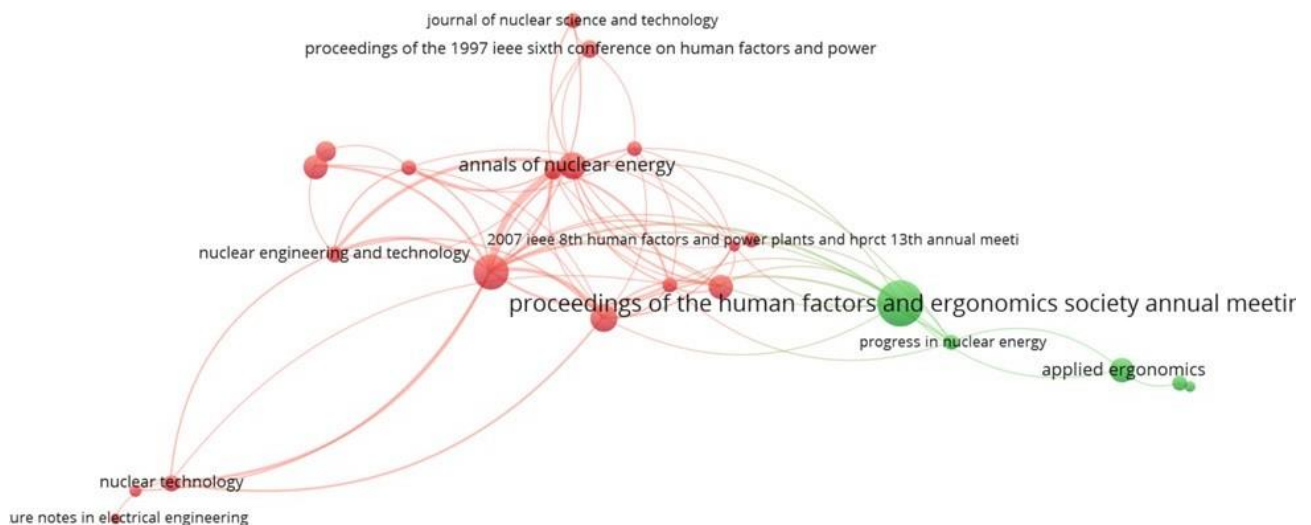


Рис.8. Визуализация сети цитирования по источникам

Мы рассмотрели сеть цитирования по странам. Минимальное число публикаций страны было принято равным пяти (рис.9). Было выявлено 19 стран в 3-х кластерах. 1-й кластер включает 8 стран: Китай, Чехия, Германия, Индия, Италия, Япония, Южная Корея, Великобритания. В состав 2-го кластера вошли 6 стран: Бразилия, Франция, Норвегия, Россия, Швеция, Тайвань. К 3-му кластеру относятся 5 стран: Канада, Финляндия, Испания, Швейцария, США.

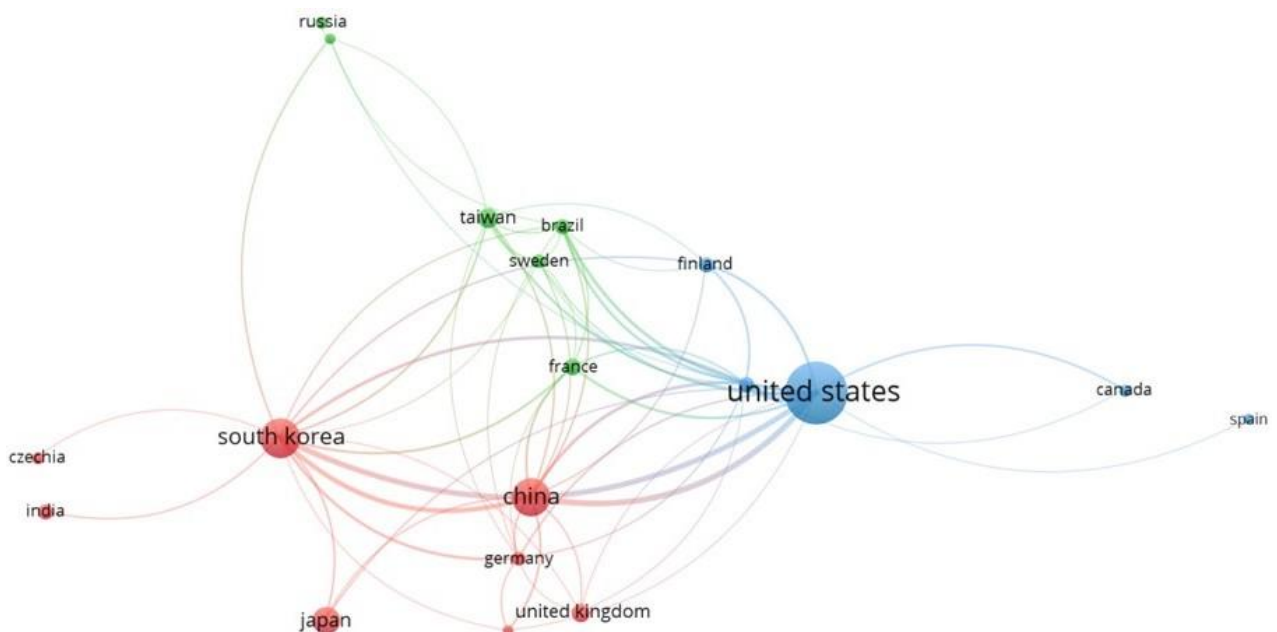


Рис.9. Визуализация сети цитирования по странам

Мы рассмотрели сеть цитирования по организациям. Минимальное число публикаций страны было принято равным пяти (рис.10). Было выделено 24 организации, авторы которых цитируют друг друга.

Первый кластер включает 11 организаций:

- Chosun University, Korea Advanced Institute of Science And Technology, Korea Atomic Energy Research Institute, Korea Institute of Nuclear Safety (Южная Корея);

- China General Nuclear Power Corporation, Harbin Engineering University (Китай), Institute of Nuclear Energy Research, Chung Yuan Christian University (Тайвань);
- Electric Power Research Institute, United States Nuclear Regulatory Commission (США);
- Institute for Energy Technology (Норвегия).

Второй кластер включает 7 организаций:

- Hunan Institute of Technology, Nuclear and Radiation Safety Center, College Park, University of South China (Китай);
- the Ohio State University, University of Maryland, Sandia National Laboratories (США);
- Paul Scherrer Institute (Швейцария).

Третий кластер включает 6 организаций:

- Brookhaven National Laboratory, Idaho National Laboratory, University of Idaho, (США);
- National Tsing Hua University (Тайвань), Tsinghua University (Китай);
- Vtt Technical Research Centre of Finland (Финляндия).

Следовательно, можно выделить три группы сотрудничающих организаций. Во главе первой группы находятся южнокорейские институты. Во главе второй группы – китайские, во главе третьей группы – американские.

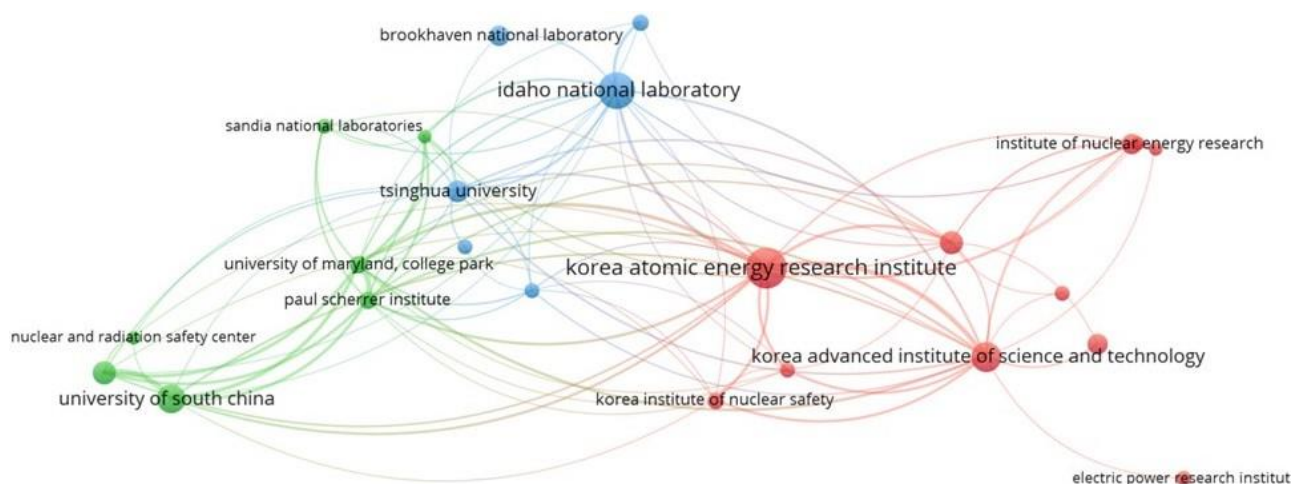


Рис.10. Визуализация сети цитирования по организациям

В изучаемой теме работают более полутора тысяч авторов, пишущих на английском языке. Результаты визуализации позволяют заключить, что авторы не участвуют в крупных международных коллаборациях. VOSviewer показывает «изолированные» исследовательские группы и сотрудничество между отдельными авторами.

Для выявления наиболее цитируемых статей мы построили сеть визуализации наиболее цитируемых документов, приняв минимальное число цитирований равным пятнадцати. Было выделено 39 статей в пяти кластерах (рис.11).

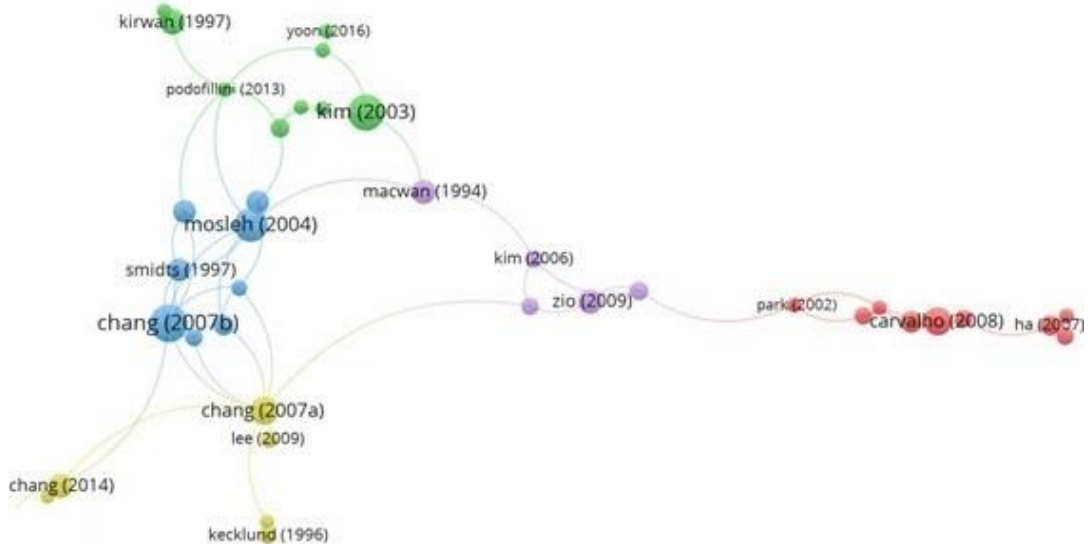


Рис.11. Визуализация сетей наиболее цитируемых документов

Первый кластер (красный, 9 статей) формируется вокруг статьи «Human Factors Approach for Evaluation and Redesign of Human–System Interfaces of a Nuclear Power Plant Simulator» (2008) [10].

Второй кластер (зеленый, 9 статей) группируется вокруг статьи «A Taxonomy of Performance Influencing Factors for Human Reliability Analysis of Emergency Tasks» (2003) [11].

Третий кластер (синий, 8 статей) формируется вокруг публикации «Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accidents. Part 1: overview of the IDAC model» (2007) [12].

Четвертый кластер (оливковый) формируется вокруг статьи «Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accidents. Part 2: IDAC Performance Influencing Factors Model» (2007) [13].

Пятый кластер (фиолетовый) группируется вокруг статьи «a fuzzy set-based approach for modeling dependence among human errors» (2009) [14].

В соответствии с центральными публикациями мы можем выделить следующие актуальные направления развития исследований:

- 1) учет человеческого фактора при оценке и перепроектировании интерфейсов человек-система АЭС на примере симуляторов;
- 2) таксономия факторов, влияющих на производительность, для анализа надежности человека в чрезвычайных ситуациях;
- 3) когнитивное моделирование и динамическое вероятностное моделирование реакции рабочей бригады на сложные системные аварии на примере модели IDAC;
- 4) моделирование зависимости между человеческими ошибками на основе нечеткого подхода, основанного на множестве.

IDAC - модель информации, решений и действий в контексте экипажа для анализа надежности человека. Модель разработана для вероятностного прогнозирования реакции команды, управляющей диспетчерской АЭС, во время аварии для использования в вероятностных оценках риска. Спектр ответа оператора включает когнитивные, эмоциональные и физические действия в ходе аварии. IDAC включает модель экипажа из трех типов операторов: лица, принимающие решения, лица, принимающие решения, и консультанта [12, 13].

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, гранты № 17-07-01475, 18-07-00225, 18-07-00909, 18-07-01111 и 19-07-00455.

Список использованных источников

1. Hook DW, Porter SJ, Herzog C. Dimensions: building context for search and evaluation. *Front Res Metr Anal.* 2018 Aug 23;3:23. doi: 10.3389/frma.2018.00023. doi: 10.3389/frma.2018.00023.
2. Schonfeld R. A new citation database launches today: Digital Science's Dimensions. *Scholarly Kitchen* [Internet]. 15 Jan 2018. <https://scholarlykitchen.sspnet.org/2018/01/15/new-citation-database-dimensions>.
3. Hook D.W., Porter S.J. and Herzog C. Dimensions: Building Context for Search and Evaluation. *Front. Res. Metr. Anal.*, 2018. 3:23. doi: 10.3389/frma.2018.00023
4. Williams C. Dimensions from Digital Science, 2018. *Insights* 31: 33. DOI: <http://doi.org/10.1629/uksg.420>
5. Van Eck, N.J., & Waltman, L. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2009. 60(8), 1635–1651.
6. Van Eck, N.J., Waltman, L., Dekker, R., & Van den Berg, J. A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2010. 61(12), 2405–2416.
7. Waltman, L., Van Eck, N.J., & Noyons, E.C.M. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 2010. (4), 629–635.
8. Van Eck, N.J., Waltman, L., Van Raan, A.F.J., Klautz, R.J.M., & Peul, W.C. Citation analysis may severely underestimate the impact of clinical research as compared to basic research. *PLoS ONE*, 2013. 8(4), e62395.
9. Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice*. 2014 (pp. 285–320). Springer.
10. Carvalho P.V.R., Dos Santos I.L., Gomes J.O., Borges M.R.S., Guerlain S. Human Factors Approach for Evaluation and Redesign of Human–System Interfaces of a Nuclear Power Plant Simulator. *Displays*, 2008. 29(3), 273-284.
11. Kim J.W., Jung W. A Taxonomy of Performance Influencing Factors for Human Reliability Analysis of Emergency Tasks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2003. 16(6), 479-495.
12. Chang Y.H.J., Mosleh A. Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accidents. Part 1: overview of the IDAC model. *Reliability Engineering & System Safety*, 2007. 92(8), 997-1113.
13. Chang Y.H.J., Mosleh A. Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accidents. Part 2: IDAC Performance Influencing Factors Model». *Reliability Engineering & System Safety*, 2007. 92(8), 1014-1040.
14. Zio E., Baraldi P., Librizzi M., Podofillini L., Dang V.N. A Fuzzy Set-Based Approach for Modeling Dependence Among Human Errors. *Fuzzy Sets and Systems*, 2009. 160(13), 1947-1964

Visualization of bibliometric networks of scientific publications on the study of the human factor in the operation of nuclear power plants based on the bibliographic database Dimensions

A.Kh. Khakimova^{1,A}, O.V. Zolotarev^{2,B}, M.A. Berberova^{3,A,B,C}

^A Autonomous non-profit organization "Scientific and Research Center for Information in Physics and Technique"

^B Autonomous non-profit organization of higher education "Russian New University"

^C Autonomous non-profit organization "International Nuclear Safety Center"

¹ ORCID: 0000-0001-9355-9249, aida_khatif@mail.ru

² ORCID: 0000-0001-6917-9668, ol-zolot@yandex.ru

³ ORCID: 0000-0002-6357-7929, maria.berberova@gmail.com

Abstract

The reliability of the human operator is an essential indicator of the safe operation of nuclear power plants. Mistakes can be made during performance checks, maintenance, at the stage of accident management, etc.

The need to take into account the human factor in the analysis of safety and reliability of nuclear power plants is justified by the fact that erroneous actions of personnel and operators of nuclear power plants directly or indirectly can lead to accidents. Therefore, the analysis of personnel reliability (ANP) when performing a probabilistic safety analysis (PSA) and risk assessments allows us to identify the most likely erroneous actions of NPP personnel and to develop a set of measures to reduce them.

Depending on the likely consequences of the accident and the time available to the operator for the intervention, the personnel will be exposed to various levels of stress, which will directly affect the personnel's actions to troubleshoot in the event of an emergency. If an accident has occurred, then in a short period of time the operator needs to make a number of decisions, the correctness of which can both save and aggravate the situation.

This paper considers the issues of visualization of bibliometric networks of scientific publications on the study of the human factor in the operation of nuclear power plants.

Keywords: bibliometric analysis, visualization, citation network.

References

1. Hook DW, Porter SJ, Herzog C. Dimensions: building context for search and evaluation. *Front Res Metr Anal.* 2018 Aug 23; 3: 23. doi: 10.3389 / frma.2018.00023. doi: 10.3389 / frma.2018.00023. [
2. Schonfeld R. A new citation database launches today: Digital Science's Dimensions. *Scholarly Kitchen* [Internet]. Jan 15, 2018. <https://scholarlykitchen.sspnet.org/2018/01/15/new-citation-database-dimensions>.
3. Hook D.W., Porter S.J. and Herzog C. Dimensions: Building Context for Search and Evaluation. *Front Res. Metr. Anal.*, 2018. 3:23. doi: 10.3389 / frma.2018.00023
4. Williams C. Dimensions from Digital Science, 2018. *Insights* 31: 33. DOI: <http://doi.org/10.1629/uksg.420>

5. Van Eck, N.J., & Waltman, L. How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2009. 60 (8), 1635–1651.
6. Van Eck, N.J., Waltman, L., Dekker, R., & Van den Berg, J. A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2010. 61 (12), 2405-2416.
7. Waltman, L., Van Eck, N.J., & Noyons, E.C.M. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 2010. (4), 629–635.
8. Van Eck, N.J., Waltman, L., Van Raan, A.F.J., Klautz, R.J.M., & Peul, W.C. Citation analysis may severely underestimate the impact of clinical research as compared to basic research. *PLoS ONE*, 2013.8 (4), e62395.
9. Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In Y. Ding, R. Rousseau, & D. Wolfram (Eds.), *Measuring scholarly impact: Methods and practice*. 2014 (pp. 285-320). Springer
10. Carvalho P.V.R., Dos Santos I.L., Gomes J.O., Borges M.R.S., Guerlain S. Human Factors Approach for Evaluation and Redesign of Human – System Interfaces of a Nuclear Power Plant Simulator. *Displays*, 2008.29 (3), 273-284.
11. Kim J.W., Jung W. A Taxonomy of Performance Influencing Factors for Human Reliability Analysis of Emergency Tasks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2003.16 (6), 479-495.
12. Chang Y.H.J., Mosleh A. Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accidents. Part 1: overview of the IDAC model. *Reliability Engineering & System Safety*, 2007. 92 (8), 997-1113.
13. Chang Y.H.J., Mosleh A. Cognitive Modeling and Dynamic Probabilistic Simulation of Operating Crew Response to Complex System Accidents. Part 2: IDAC Performance Influencing Factors Model». *Reliability Engineering & System Safety*, 2007. 92(8), 1014-1040.
14. Zio E., Baraldi P., Librizzi M., Podofillini L., Dang V.N. A Fuzzy Set-Based Approach for Modeling Dependence Among Human Errors. *Fuzzy Sets and Systems*, 2009. 160(13), 1947-1964.