

УДК 004.045

МОДЕЛЬ НАУЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО, НАУКОМЕТРИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРТНОГО ПОДХОДОВ

Бочкарёв П.В., Гусева А.И., Киреев В.С., Кузнецов И.А., Филиппов С.А.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

Москва, e-mail: aiguseva@mephi.ru, vskireev@mephi.ru,

IAKuznetsov@mephi.ru, PVBochkarev@mephi.ru, Stanislav@Philippov.ru

Настоящая статья посвящена моделированию как самих научных направлений, так и их жизненного цикла. Такое моделирование необходимо для оценки не только вклада научного коллектива в развитие данного научного направления, но и перспективности самого научного направления. Для построения моделей в работе используется комплексный подход, на основе интеграции объектно-ориентированных, наукометрических и экспертных методов. Использование предложенного комплексного подхода дает ряд преимуществ. Благодаря объектно-ориентированным методам появляется возможность впервые учесть преемственность, взаимосвязи и сложные взаимозависимости между различными научными направлениями, оценивать и сравнивать между собой различные научные направления. Экспертные методы позволяют представить фазы жизненного цикла научного направления как соотношение объемов различных научных результатов и установить границы этих соотношений. Наукометрические и статистические методы позволяют уточнить установленные границы и подтвердить адекватность предложенных моделей.

Ключевые слова: научное направление, жизненный цикл научного направления, научный результат, объектно-ориентированный подход, наукометрический подход, экспертный подход

SCIENTIFIC TREND'S MODEL BASED ON THE INTEGRATION OF OBJECT-ORIENTED, SCIENTOMETRIC AND EXPERT APPROACHES

Bochkarev P.V., Guseva A.I., Kireev V.S., Kuznetsov I.A., Philippov S.A.

National Research Nuclear University (Moscow Engineering Physics Institute),

Moscow, e-mail: PVBochkarev@mephi.ru, aiguseva@mephi.ru,

vskireev@mephi.ru, IAKuznetsov@mephi.ru, Stanislav@Philippov.ru

The present article is devoted to the modeling of both the research areas and their life cycle. Such modeling is necessary to assess not only the contribution of the research team in the development of this research area, but also the most promising scientific directions. For building models we use an integrated approach based on the integration of object-oriented, information-analytical and expert methods. The use of the proposed integrated approach provides a number of advantages. Thanks to object-oriented methods appears the first opportunity to consider the continuity, interrelation and complex interdependence between different scientific areas, to evaluate and to compare different research areas. Expert methods allow to present phase of the life cycle of scientific directions, as the volume ratio of the various scientific results and to establish the limits of these ratios. Scientometric and statistical methods allow to clarify the limits and to confirm adequacy of the proposed models.

Keywords: scientific trend, life cycle of scientific trend, scientific result, object-oriented approach, scientific approach, the expert approach

Научное (научно-техническое) направление представляет собой совокупность научных работ, объединенных общностью объекта и методов исследования, общностью тем и их взаимосвязанностью. К научным работам, или, более точно, научным результатам (НР), относятся тезисы докладов, статьи, монографии и учебники, препринты, защищенные диссертации и результаты интеллектуальной деятельности (патенты на изобретения, промышленные образцы, полезные модели и селекционные достижения, свидетельства государственной регистрации на программы для ЭВМ и базы данных).

В настоящее время финансирование науки происходит на конкурсной основе [2]. В этом случае перед экспертами встает задача, каким образом можно оценить вклад

научного коллектива в развитие данного научного направления и насколько перспективно рассматриваемое научное направление. Для ответа на заданные вопросы привлекаются в основном экспертные решения, а не результаты наукометрических исследований [3, 4]. Но вопрос о точности и достоверности такого подхода до сих пор остается открытым. Не удается проследить динамику развития научного направления, учесть преемственность, взаимосвязи и сложные взаимозависимости между различными научными направлениями. Возникают проблемы оценивания и сравнения между собой различных научных направлений. Следовательно, разработка модели жизненного цикла научного направления, предназначенной для решения указанных проблем, является особо актуальной.

Состояние вопроса

Г.А. Несветаилов в своих работах предлагал модель жизненного цикла научного направления, состоящую из четырех этапов своего развития: зарождение, рост, зрелость и насыщение с последующим распадом [5]. Этапы зарождения и роста составляют интенсивную фазу а этапы зрелости и насыщения – экстенсивную. Во время первой, интенсивной фазы, число ежегодно получаемых принципиально новых научных результатов быстро увеличивается, на экстенсивной – падает. По длительности интенсивная стадия познания заметно короче, чем экстенсивная. На разных этапах жизненного цикла преобладают разные виды научных результатов. Так, на первом этапе развития научного направления преобладают фундаментальные исследования, на второй – прикладные исследования и разработки. В соответствии с этим изменяется основной вид результатов научной деятельности в сторону увеличения патентов и авторских свидетельств.

В настоящее время создание научных результатов приходится не столько на отдельные учены, сколько на творческие коллективы – научные школы, «невидимые колледжи», многопрофильные научные коллективы, научные группы, основанные на принципах гибкого проективного финансирования, центры перспективных исследований и т.д. [6, 7]. Результаты, накопленные научным направлением, складываются из результатов нескольких научных коллективов, как формальных, в виде научных школ и проектных коллективов, так и неформальных – «невидимых колледжей». Количественные характеристики, приведенные в [8], дают нам представление о работе эффективных научных школ за 10 лет (таблица).

Представленные выше количественные характеристики позволяют, на наш взгляд,

определить экспертным образом границы между фазами жизненного цикла научных направлений.

В работе [4] рассмотрены проблемы вычисления значений количественных индикаторов взаимосвязей науки и технологий как для целых областей знаний, так и для отдельных направлений исследований. Для выявления этих взаимосвязей используются название публикаций, цитируемых в описаниях отобранных изобретений, ключевые слова из названий публикаций и ключевые слов из аннотаций публикаций. Такой подход, с нашей точки зрения, может быть применен и для исследований жизненного цикла научных направлений.

Предлагаемый подход

В данной работе предлагается следующий подход. Научное направление, с нашей точки зрения, представимо как

$$St = \langle Name, Cont, \{Sr_i\}, Ph \rangle,$$

где *Name* соответствует названию научного направления, например в виде одной или нескольких рубрик из одного из используемых классификаторов ГРНТИ, классификатор направлений фундаментальных научных исследований РАН, классификаторы РФФИ, РГНФ и т.д.; *Cont* – представляет собой контент, который описывает семантику научного направления, его суть, которая может быть определена на основе анализа ключевых слов; $\{Sr_i\}$ – множество полученных научных результатов в виде тезисов докладов, статей, монографий и учебников, репринтов, защищенных диссертаций и результатов интеллектуальной деятельности; *Ph* фаза (зарождение, рост, зрелость и насыщение).

Объектно-ориентированная модель жизненного цикла научного направления представлена на рис. 1.

Рекомендуемые нормативные значения эффективных научных школ (за 10 лет) [8]

Критерий	Нормативное значение
Количество защищенных диссертаций	Докторских, не менее 1 Кандидатских, не менее 5 Магистерских, не менее 40
Количество публикаций	Статьи (РИНЦ, <i>WOS</i> , <i>Scopus</i> и т.д.), не менее 200 Монографии, препринты, не менее 40 Учебники, учебные пособия, не менее 20
Максимальный индекс цитирования работ членов научной школы	Не менее 10
Количество проведенных конференций	Не менее 10
Количество конференций, проведенных другими организациями, в которых участвовали члены научной школы	Не менее 20

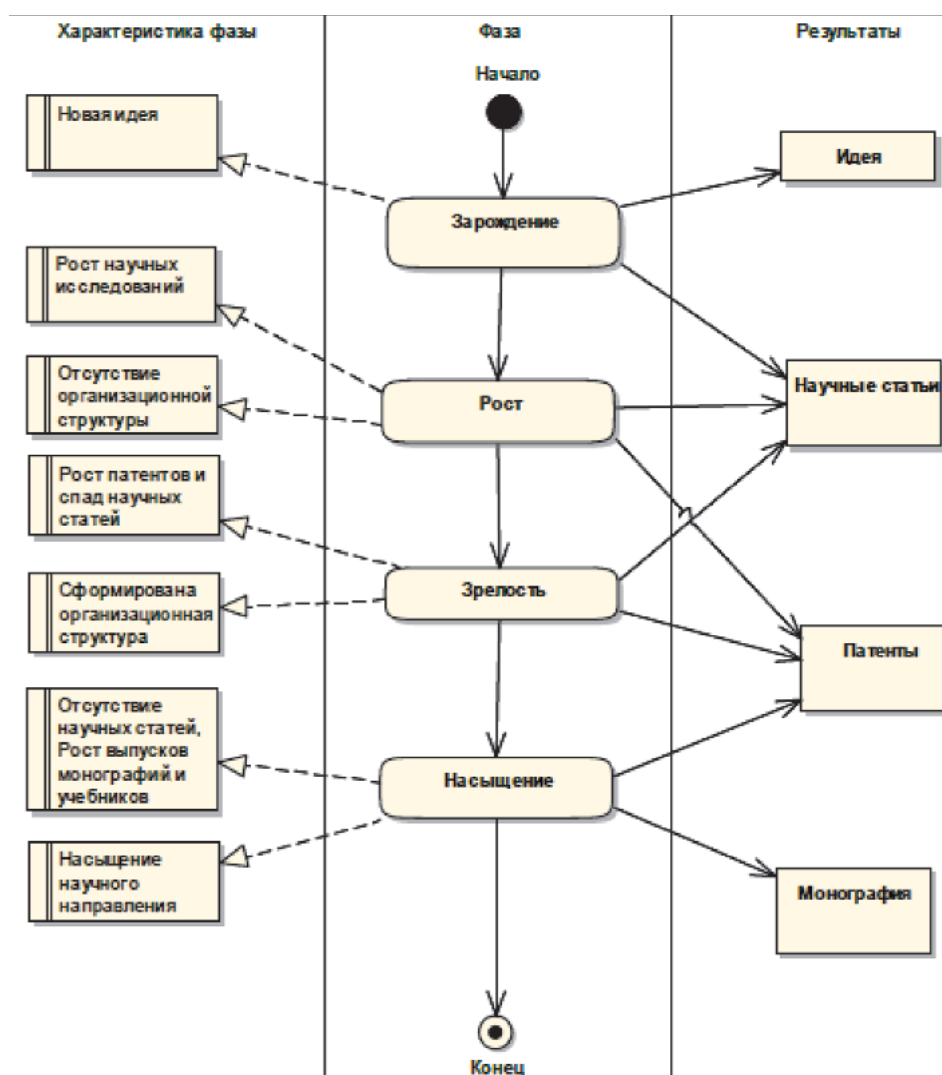


Рис. 1. Объектно-ориентированная модель жизненного цикла научного направления

На этапе зарождения, как правило, присутствует лишь новая идея, которая вызрела в недрах небольшого творческого коллектива в виде научной школы либо «невидимого колледжа», либо в голове отдельного ученого. Факт рождения новой научной идеи фиксируется в виде небольшого количества публикации – статьи, препринты или тезисы докладов.

Если эта идея поддерживается научным сообществом и у нее появляются последователи, то начинается фаза роста, когда количество публикаций резко растет. Это, как правило, тезисы докладов, статьи, незначительное количество препринтов и патентов, начинают появляться авторефераты диссертаций.

В какой-то момент рост количества публикаций стабилизируется и наступает фаза зрелости. Для этой фазы характерно образование организационной структуры – появляются конференции и симпозиумы, посвященные тематике данного научно-

го направления, исследования переходят в прикладную область и резко возрастает количество патентов. Возможно возникновение организаций, целиком ориентированных на исследования в рамках данного научного направления. Наблюдается рост количества авторефератов. Начинают появляться монографии.

Фаза насыщения характеризуется уменьшением количества научных статей и авторефератов диссертаций, увеличением монографий и учебников. Именно на фазе насыщения старого научного направления происходит рождение нового, который частично наследует контент.

В развитие модели жизненного цикла, представим объектно-ориентированную модель научного направления, которая согласуется с формальной концептуальной моделью научных данных CERIF (Common European Research Information Format) [9] (рис. 2).

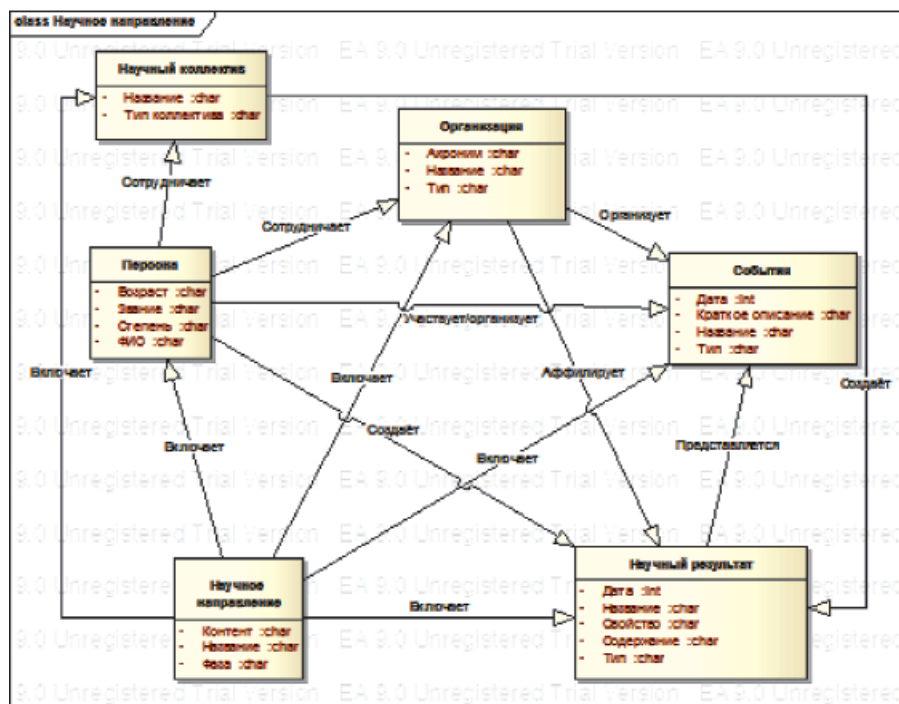


Рис. 2. Объектно-ориентированная модель научного направления

К базовым сущностям, которые содержит данная модель, относятся: Научное направление, Научный результат, Научный коллектив, Персона, Организация, Событие.

С помощью сущности Научное направление реализуется такое свойство объектно-ориентированного подхода, как агрегирование, когда крупное Научное направление может содержать в себе более мелкие Научные направления.

При моделировании используются следующие виды связи: включает, создает, участвует, организует, аффилирует, представляется.

Сущность Научное направление описывается, как правило, названием, контентом и фазой жизненного цикла; включает сущности Научный результат, Персона, Научный коллектив, Организация, Событие. По этой связи происходит наследование таких свойств, как название, контент и фаза.

Этот Научный результат создают Персона и Научный коллектив. Через Научный коллектив проявляется такое свойство объектно-ориентированного подхода, как прототипирование: эта сущность представлена типами Научная школа, Невидимый колледж, Проектный коллектив. Типом Научного результата может быть Книга; Книжная рецензия; Резюме главы книги; Рецензия главы книги; Часть книги; Антология; Монография; Справочник; Словарь; Учебник; Энциклопедия; Руководство;

Другие книги; Журнал; Журнальная статья; Рецензия журнальной статьи; Резюме журнальной статьи; Труды конференции; Статья трудов конференции; Сборник научных работ; Статья сборника научных работ; Препринт; Письмо; Письмо редактору; Автореферат диссертации; Диссертация; Отчет; Краткое сообщение; Постер; Презентация; Новости; Комментарий; Аннотация; Стандарт, Патент на изобретение, Промышленный образец, Полезная модель, Селекционное достижение, Свидетельство государственной регистрации на программы для ЭВМ и базы данных.

Научный результат представляется через Событие (т.е. на конференции, выставке, симпозиуме и т.д.). Сущность Организация аффилирует Научный результат.

Сущность Персона сотрудничает с Научным коллективом и Организацией, участвует в Событии или организует Событие. Помимо этого, Организация также организует Событие.

Полученные результаты

С этой точки зрения фаза научного направления может быть вычислена на основании соотношения различных научных результатов. Наукометрические данные позволяют это сделать, что подробно описано в [1]. Проблемой остается адекватный выбор самих соотношений. Здесь на помощь приходят экспертные оценки.

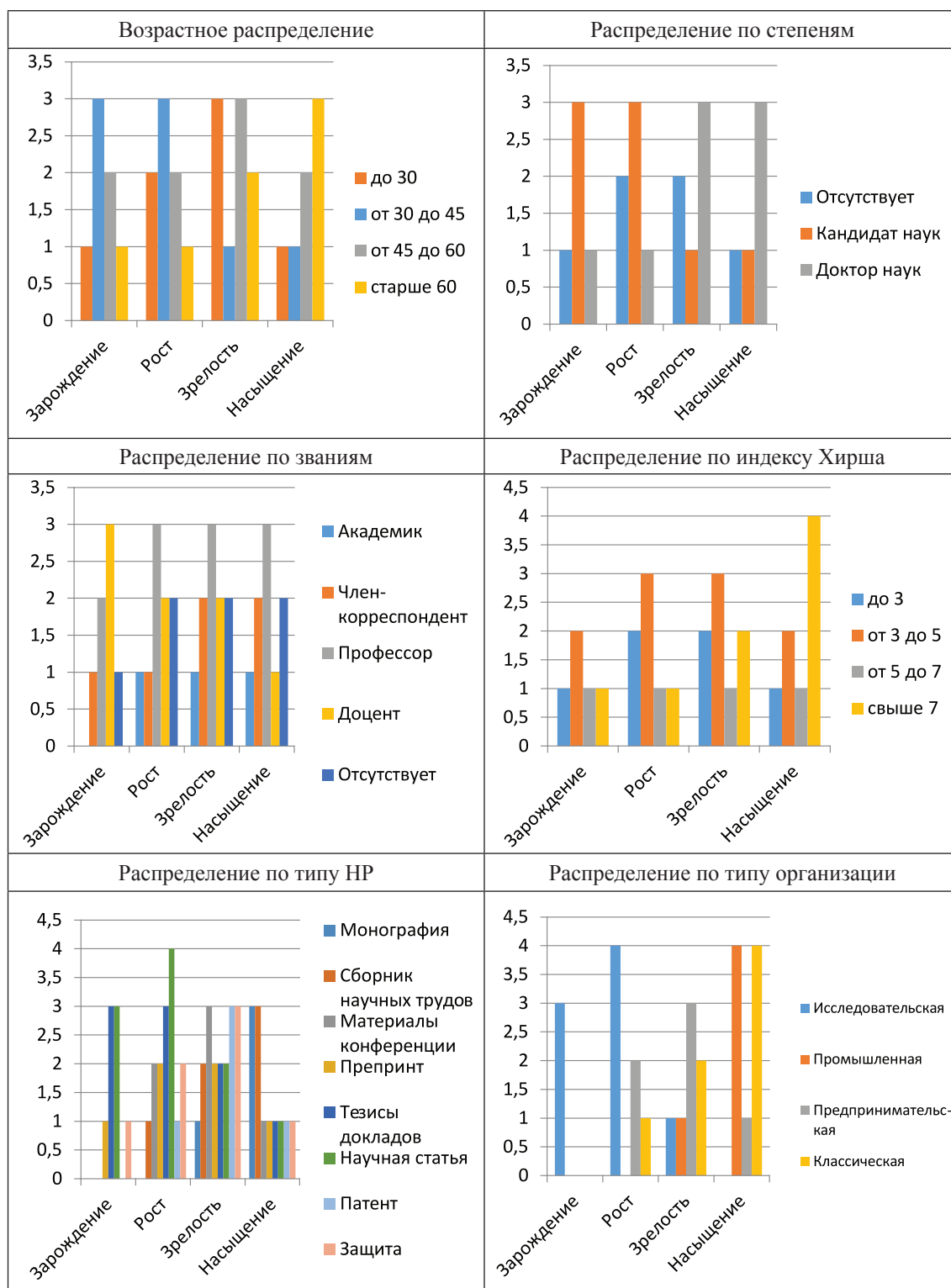


Рис. 3. Соотношение количественных показателей фаз жизненного цикла НН

На основании построенной модели был выделен ряд показателей, количественно характеризующих каждую фазу научного направления. К ним относятся: свойства сущности Персона, такие как учёные звание и степень, возраст, индекс

Хирша; свойство Тип сущности Научный Результат (НР); свойство Тип сущности Организация. Кроме количественных свойств возраста и индекса Хирша, остальные показатели носят категориальный характер (рис. 3).

Для каждого показателя характерно собственное распределение категорий, соответствующее определённой фазе научного направления. С помощью экспертного подхода, подкреплённого результатами статистического исследования по базе данных КиберЛенинки, были предварительно определены соотношения между категориями показателей. Полученные распределения носят в целом асимметричный характер, что особенно хорошо заметно на диаграмме распределения типа организации.

В среднем, по мере развития научного направления, имеет место возрастной и компетентностный сдвиг значений свойств участников, сдвиг типа научного результата от публикаций к патентам и учебным пособиям и смена типа организаций-участников с исследовательского на классический. Полученные соотношения позволяют создать решающие правила для идентификации фазы выбранного направления. Однако границы данных правил носят нечёткий характер, т.к. направления фундаментального и прикладного типа имеют свои особенности как в продолжительности ЖЦ, так и в соотношениях для некоторых показателей.

Например, значения индекса Хирша, в основном (см. результаты рис. 4) лежат в пределах от 0 до 24, но для физики, медицины и химии (фундаментальные направления) наблюдается чёткий сдвиг этих значений вправо, в то время как для инженерных, математических наук наблюдается основной пик частот для значений 5–9.

классификации фазы жизненного цикла научного направления вносит Научный результат. Статистические методы исследования только подтверждают данный вывод. Например, на рис. 5 представлены количественные объёмы публикаций (в тысячах единиц), с 1985 по 2015 гг., индексированные в Web of Science. Рассмотрены укрупнённые научные направления – отрасли науки ядерная физика (рис. 5, а), география (рис. 5, б), генетика и наследственность (рис. 5, в) и наноисследования (рис. 5, г).

Для отрасли науки ядерная физика мы наблюдаем фазу зрелости, переходящую в насыщение, отрасль география пережила насыщение и зарождение в своем составе нового, менее крупного научного направления, связанного с появлением ГИС систем. Генетика и наследственность за рассматриваемый период времени пережили фазу роста и переход в фазу зрелости. Для наноисследований мы наблюдаем фазу роста.

Заключение

Использование предложенного комплексного подхода дает ряд преимуществ. Благодаря объектно-ориентированным методам появляется возможность впервые учесть преемственность, взаимосвязи и сложные взаимозависимости между различными научными направлениями, оценивать и сравнивать между собой различные научные направления.

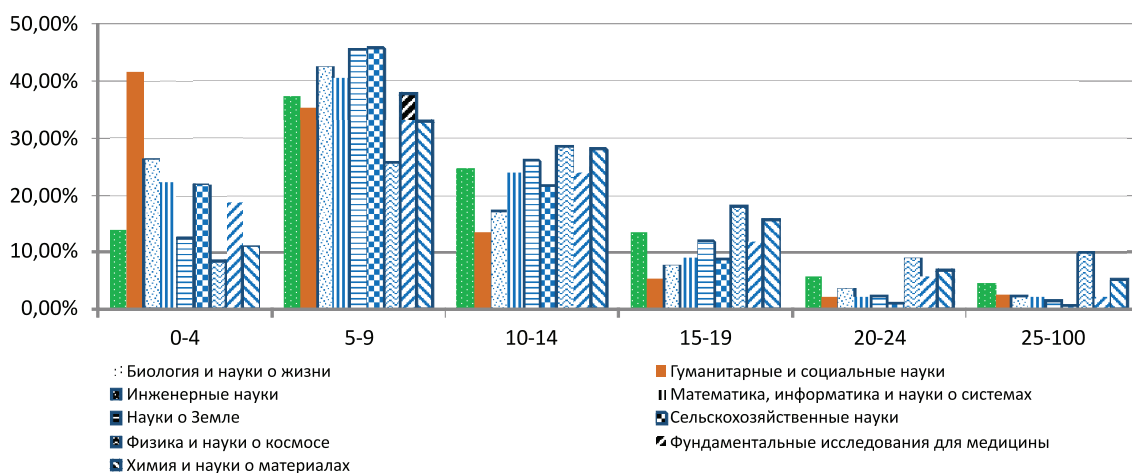
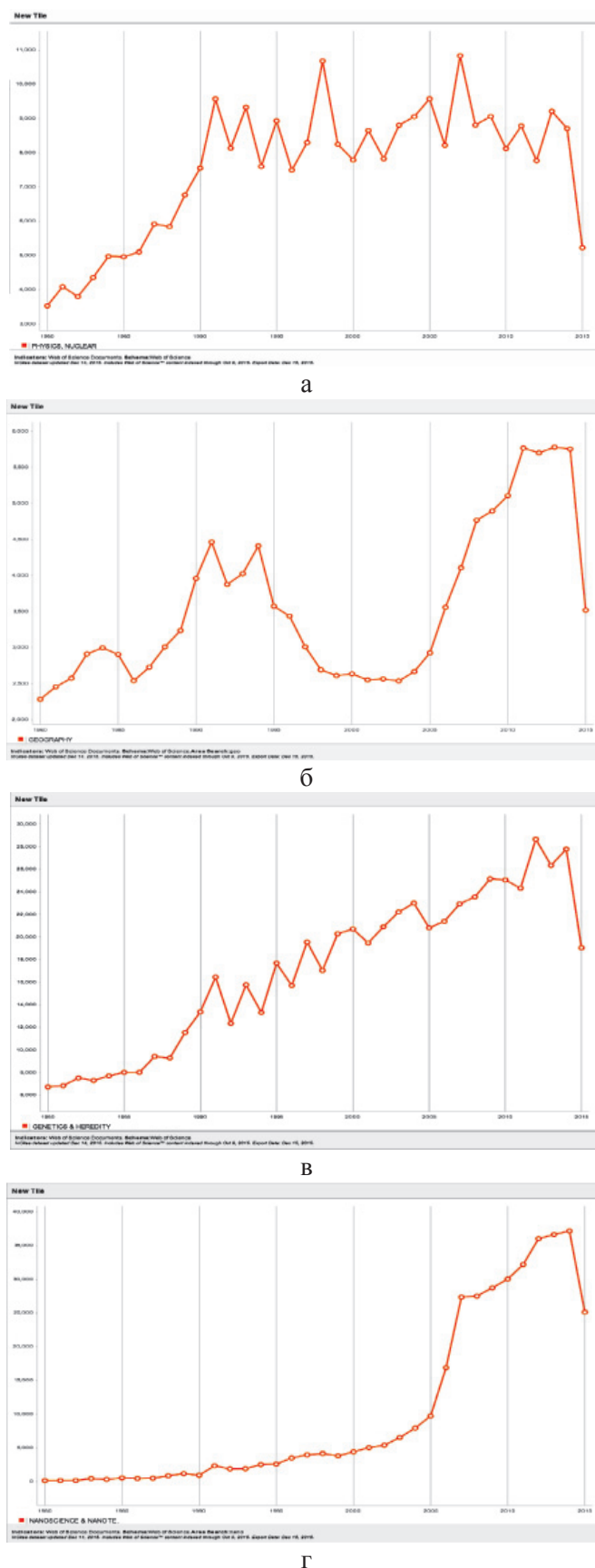


Рис. 4. Значение индекса Хирша для руководителей научных коллективов

В целом предложенные модели являются адекватными и хорошо описывают жизненный цикл научных направлений. Например, по экспертным оценкам, наибольший вклад при решении задачи

Экспертные методы позволяют представить фазы жизненного цикла научного направления как соотношение объемов различных научных результатов и установить границы этих соотношений.



Г

Рис. 5. Объемы публикаций, индексируемых в Web of Science с 1980 по 2015 гг.:
а – ядерная физика; б – география; в – генетика и наследственность; г – наноисследования

Наукометрические и статистические методы позволяют уточнить установленные границы и подтвердить адекватность и точность предложенных моделей.

Работа поддержана грантом РФФИ № 15-07-08742.

Список литературы

1. Гусева А.И., Киреев В.С., Кузнецов И.А., Бочкарев П.В. Исследование алгоритмов многомерной классификации научных данных // *Фундаментальные исследования*. – 2015. – № 11, часть 5. – С. 868–874.
2. Едронova В. Н., Овчаров А. О. Содержание, структура и специфические особенности науки как особого вида деятельности // *Экономический анализ: теория и практика*. 2013. № 2(305). – С. 2–14.
3. Лычагин М.В., Мкртчян Г.М., Лычагин А.М., Попов И.Ю. Новое исследование инноваций в 2006–2013 годах: библиометрический анализ на основе EconLit // *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки*. – 2014. – Т. 14, вып. 3. – С. 150–162.
4. Минин В.А., Зацман И.М., Кружков М. Г., Норекия Т.П. Методологические основы создания информационных систем для вычисления индикаторов тематических взаимосвязей науки и технологий // *Информатика и ее применения*. – 2013. – Т. № 7, вып. 1. – С. 70–81.
5. Несветайлов Г.А. Научные кадры: возраст и творчество // *Социологические исследования*. – 1998. – № 9. – С. 115–119.
6. Павельева Т.Ю. Проблемы современных российских научных школ // *Социально-политические науки*. – 2012. № 1. С. 156–161.
7. Проценко Л.Г. Стратегии исследования неформальных научных сообществ: «невидимые колледжи» vs научные школы // *Известия Уральского федерального университета. Сер. 1, Проблемы образования, науки и культуры*. – 2015. – № 3 (141). – С. 153–162.

8. Прудский В.Г., Попова Е.С. Идентификация и оценка эффективности функционирования научных школ как стратегической конкурентной компетенции вузов // *ArsAdministrandi*. 2013. № 1. С. 114–123.

9. Резниченко В.А., Проскудина Г.Ю., Овдий О.М. Концептуальная модель научной публикации // *Труды 14-й Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» (RCDL-2012)*. URL: <http://rcdl.ru/doc/2012/paper5.pdf> (дата обращения: 23.11.2015).

References

1. Guseva A.I., Kireev V.S., Kuznetsov I.A., Bochkarev P.V. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2015, no. 11 (5), pp. 868–874.
2. Edronova V.N., Ovcharov A. O. *Jekonomicheskij analiz: teorija i praktika*, 2013, no. 3(305), pp. 2–4.
3. Lychagin M.V., Mkrtychyan G.M., Lychagin A.M., Popov I.Yu. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Socialno-economicheskienaui*, 2014, no. 14(3), pp. 150–162.
4. Minin V.A., Zacman I.M., Kruzhkov M. G., Norekjan T.P. *Informatika i ee primenenija*, 2013, no.7 (1), pp. 70–81.
5. Nesvetailov G.A. *Sotziologicheskieu issledovania* [Sociological Studies], 1989, no. 9, pp. 115–119.
6. Paveleva T.Ju. *Socialno-politicheskie nauki*, 2012, no.1, pp. 156–161.
7. Procenko L.G. *Izvestija Uralskogo federalnogo universiteta. Ser. 1, Problemy obrazovanija, nauki i kultury*, 2015, no. 3(141), pp.153–162/
8. Prudskij V.G., Popova E.S. *ArsAdministrandi*, 2013, no. 1, pp. 114–123.
9. Reznichenko V.A., Proskudina G.Ju., Ovdij O.M. *Trudy 14-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii «Jelektronnye biblioteki: perspektivnye metody i tehologii, jelektronnye kolekcii»*, Available at: <http://cyberleninka.ru> (accessed 23 November 2015).