

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ REVIEW ARTICLE

УДК 535

ФОТОНИКА И ОПТОИНФОРМАТИКА В ЕВРОПЕ: ТРЕНДЫ 2003–2013

С.К. Стафеев^а, И.Л. Лившиц^а, А.В. Ольшевская^а, В.А. Жогина^а, Е.А. Денисова^а, Г.Л. Маркина^а,
Н. Paul Urbach^{а, б}

^аУниверситет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, olshevskaya@mail.ifmo.ru

^бДелфтский технологический университет, Делфт, Нидерланды

Аннотация. Представлен ретроспективный анализ структуры европейских научно-технологических платформ – фотоника, наноматериалы и фотовольтаика – с точки зрения их структуры, взаимопроникновения тематик и динамики изменений, произошедших за последние десять лет. Анализируется геоинформационная составляющая европейского оптического образования. Описаны критерии исследования и онтологические модели, позволяющие выявить корреляции между развитием научных исследований и промышленных применений, с одной стороны, и динамикой образовательных программ по оптике, фотонике и оптоинформатике, с другой стороны. Представлены данные о количественных и качественных изменениях в образовательных программах и присваиваемых академических степенях по соответствующим направлениям подготовки. Материал проиллюстрирован фрагментами ассоциативной карты «Современные направления исследований в области оптики, фотоники и оптоинформатики» и концептуальной карты «Европейские научно-технологические платформы». На более низком онтологическом уровне приведено облако тегов для двух конкретных предметных областей «Lasers» и «Optics Communications». Сформулированы конвергентные и дивергентные тренды, характерные для последнего десятилетия развития оптики, фотоники и оптоинформатики в Европе. К основным трендам можно отнести следующее: направления и темпы развития рынка коррелируют с геоинформационными данными по европейским научным и образовательным тенденциям; телекоммуникации и информационные технологии являются доминирующими сферами приложения знаний и компетенций европейских специалистов по оптике, фотонике и оптоинформатике; онтологическая структура баз знаний в области биофотоники, полимерной оптики, фотонных кристаллов и «умных» оптических метаматериалов становится все более разветвленной; ряд концептуальных онтологических узлов в оптике, фотонике и оптоинформатике постепенно теряет свою актуальность, на смену им приходят новые концепты или целые онтологические ветви.

Ключевые слова: фотоника, оптоинформатика, научно-технологические платформы, европейское оптическое образование, предметные онтологии, концептуальные и ассоциативные карты, образовательные программы, дивергентные и конвергентные тренды.

PHOTONICS AND OPTICAL INFORMATICS IN EUROPE: TRENDS OF 2003–2013

S.K. Stafeev^а, I.L. Livshits^а, A.V. Ol'shevskaya^а, V.A. Zhogina^а, E.A. Denisova^а, G.L. Markina^а,
H. Paul Urbach^а

^аITMO University, Saint Petersburg, Russia, olshevskaya@mail.ifmo.ru

^бDelft University of Technology, Delft, Netherlands

Abstract. Retrospective structure analysis of the European scientific and technological platforms – photonics, nanomaterials and photovoltaics – is represented from the point of view of their structure, interpenetration of subjects and dynamics of the changes which have occurred over the last ten years. Geoinformation component of the European optical education is analyzed. Criteria of research and the ontological models, giving the possibility to reveal correlations between development of scientific researches and industrial applications, on the one hand, and dynamics of educational programs on optics, photonics and optical informatics are described. Data on quantitative and high-quality changes in educational programs and appropriate academic degrees on the corresponding training directions are submitted. The material is illustrated with fragments of the associative card "Modern Directions of Researches in the Field of Optics, Photonics and Optical Information" and the conceptual card "European Scientific and Technological Platforms". The tag cloud is given in lower ontological level for two concrete subject domains of "Lasers" and "Optics Communications". Convergent and divergent trends, characteristic for the last decade development of optics, photonics and optical informatics in Europe are formulated. The main trends are: the directions and rates of the market development correlate with geoinformation data on the European scientific and educational tendencies; telecommunications and information technologies are dominating spheres of knowledge application and competences of the European experts in optics, photonics and optical informatics; the ontological structure of knowledge bases in the field of biophotonics, polymeric optics, photon crystals and "clever" optical metamaterials becomes more branched; a number of conceptual ontological knots in optics, photonics and optical informatics are gradually losing their relevance, being replaced by new concepts or the whole ontological branches.

Keywords: photonics, optical informatics, scientific and technological platforms, European optical education, subject ontologies, conceptual and associative cards, educational programs, divergent and convergent trends.

Введение

В настоящей работе представлены результаты исследования структуры научно-технологических платформ и динамики изменений европейского образования в области оптики, фотоники и оптоинформатики за период с 2003 по 2013 год с целью выявления основных трендов.

Анализ структуры трех европейских научно-технологических платформ (ЕНТП) – «Фотоника», «Фотовольтаика» и «Наноматериалы» производился на основе открытых данных, представленных в рамках брюссельского саммита Photonics²¹, прошедшего в апреле 2014 года [1]. Дискуссии, проходившие на заседаниях всех семи рабочих групп саммита, показали актуальность усилий по координации научно-исследовательских, инновационно-предпринимательских и образовательных (подготовка кадров) усилий в области сверхдинамично развивающихся фотоники и оптоинформатики. Кроме того, было прямо указано на необходимость выявления и фиксации взаимопересечений и структурных связей между тремя указанными техплатформами.

Анализ тенденций в области более консервативных структур университетского образования по соответствующим направлениям подготовки за последнее десятилетие был проведен на примере журнала «Optics and Photonics Education» [2–4]. В исследование были включены 122 высших учебных заведения из 21 европейской страны.

Университеты Европы – центры подготовки кадров по оптике, фотонике и оптоинформатике

На рис. 1 представлена карта, на которой отмечены европейские университеты, принимающие наиболее активное участие в реализации образовательных программ в области оптики, фотоники и оптоинформатики.

Обращает на себя внимание очевидная концентрация центров подготовки в ведущих региональных державах (Германия и Великобритания), меньшая, но также активная позиция романских стран (Испания, Франция, Италия) и почти равномерное распределение оставшейся трети университетских центров по Северной и Восточной Европе. Российская Федерация занимает почетное четвертое место в общем перечне европейских стран – лидеров подготовки кадров в области оптики, фотоники и оптоинформатики. При этом суммарный «удельный вес» России и Украины в этом перечне составляет 17%, что свидетельствует о сохраняющемся потенциале роста.

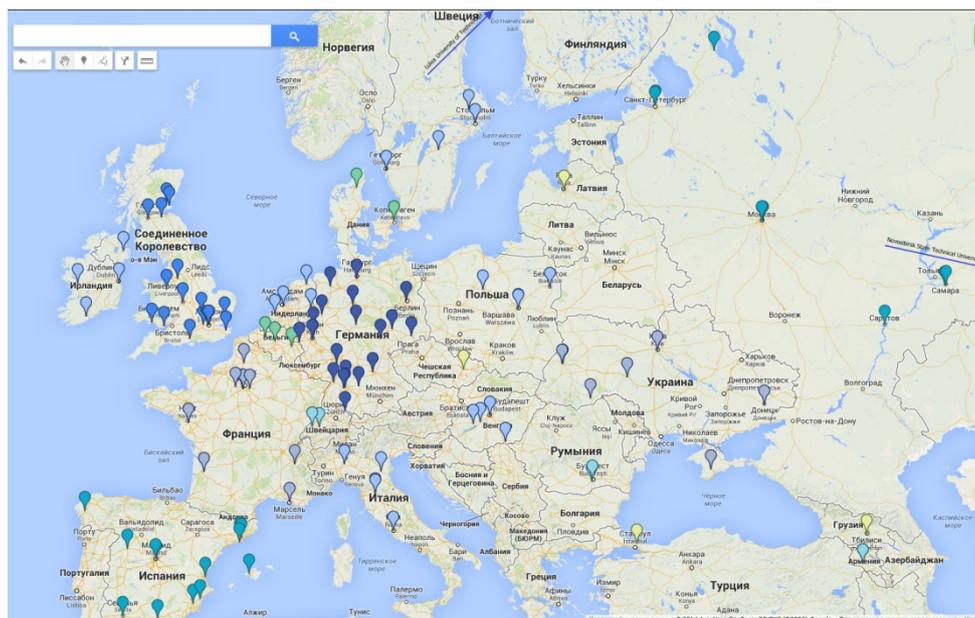


Рис. 1. Университеты Европы – центры подготовки кадров по оптике, фотонике и оптоинформатике

Если обратиться к данным десятилетней давности, то выяснится, что в 2003 году европейское образование в области оптики, фотоники и оптоинформатики представляли 84 университета. Таким образом, спустя десять лет их количество увеличилось более чем на треть, что отражает актуальность данного профиля подготовки. При этом из общей выборки только 70 университетов присутствовали в данных Европейского оптического общества все десятилетие [5]. По статистике, 14 университетов прекратили обучение (как правило, по «классическим» оптическим направлениям), но в то же время 52 – т.е. в четыре раза больше – начали реализацию программ по оптике, фотонике и оптоинформатике.

Когда общие геоинформационные данные были сведены в таблицу и к ним добавилась графа, отражающая количественный спектр предлагаемых образовательных программ (направлений подготовки) в интересующей нас области, то картина стала еще более контрастной (табл. 1). Лидирующие университетские группы, как правило, предлагают не менее 5–6 различных бакалаврских и магистерских траекторий обучения, в то время как в нижней половине таблицы этот множитель составляет не более 3–4, а зачастую подготовка ведется только по двум–трем программам. При этом в ретроспективном анализе мы снова

видим существенное увеличение числа программ, ориентированных на современные приложения оптики, фотоники и оптоинформатики – в системах коммуникаций, в информационных технологиях, в медицине, в создании «умных» оптических материалов и источников излучения. Анализ созданной общей базы данных, проведенный по критерию «научные и исследовательские специальности, связанные с оптикой/фотоникой» (academic and research specialties related to optics/photonics), показал доминирование телекоммуникационной и оптоинформационной компонент.

Страна	Количество университетов	Количество образовательных программ
Германия	23	115
Великобритания	17	85
Испания	13	52
Россия	12	48
Франция	8	40
Украина	7	21
Швеция	5	14
Италия	5	20
Венгрия	4	12
Ирландия	4	10
Польша	4	9
Нидерланды	4	8
Бельгия	3	8
Дания	3	7
Армения	2	5
Румыния	2	5
Швейцария	2	6
Чехия	1	5
Латвия	1	4
Грузия	1	4
Турция	1	3

Таблица 1. Количество европейских университетов и программ подготовки в области фотоники и оптоинформатики

Последнее обстоятельство отражает объективный рост числа инновационных решений в этой области, который, в частности, может быть зафиксирован с помощью динамически пополняемой онтологической базы знаний по оптике, фотонике и оптоинформатике, над которой авторы статьи работают уже более двух лет [6–9]. Эти тенденции проявляются не только в появлении новых концептуальных узлов в структуре онтологии, но и в кратно увеличивающемся числе порождаемых связей между старыми и новыми узлами онтологии.

Современные направления исследований в области оптики, фотоники и оптоинформатики

Как известно, современные компьютерные инструменты для создания онтологических структур позволяют формализовать некоторую область знаний с помощью визуальных образов [10, 11]. Онтология представляет собой иерархическую структуру понятий, объектов, определений, свойств и отношений [12, 13] и может быть представлена с помощью различных схем, например, ассоциативной карты (Mind map) и концептуальной карты (Concept map). Тематический фрагмент такой ассоциативной карты, опирающейся на базовое понятие «OPTICS» как на центральный узел, представлен на рис. 2. Основные понятия, связанные с объектом изучения, расходятся от центрального образа в виде ветвей, например, «CLASSICAL OPTICS», «IMAGING SCIENCE», «LASERS» и т.д. Затем эти понятия иерархически детализируются, например, в понятие «NON-CLASSICAL OPTICS» входят «Nonlinear Optics», «Ultrafast Optics», «Optoelectronics». Далее детализация происходит сколь угодно долго; в нашем случае на данный момент создано четыре иерархических уровня.

Зеленым цветом на ассоциативной карте выделены крупные классические и инновационные направления, которые сейчас развиваются максимально динамично и наиболее часто встречаются при анализе тематики ЕНТИ и образовательных программ. Синим цветом выделены концепты, содержащие на следующем уровне наибольшее число подчиненных узлов и горизонтальных связей. Оба этих множества

оказываются почти идентичными даже при рассмотрении онтологических структур по нескольким независимым критериям.

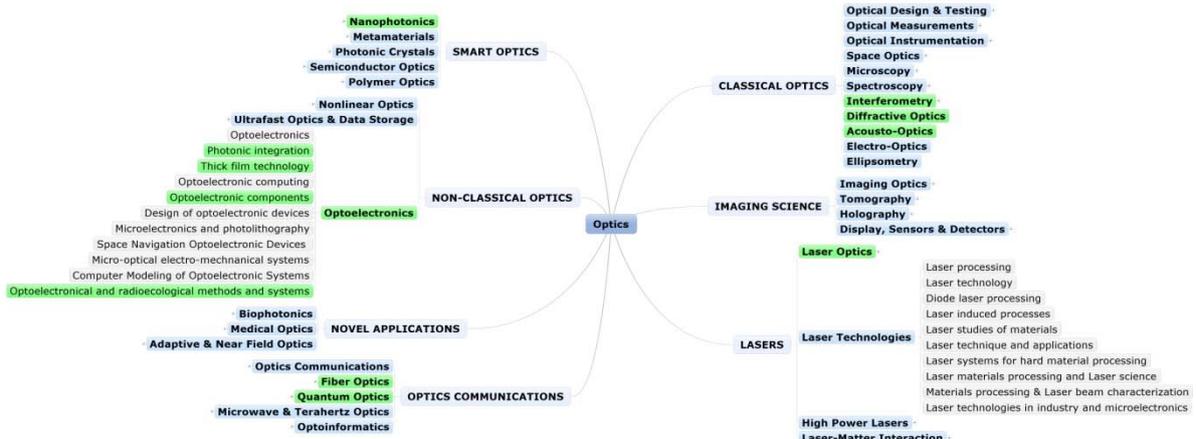


Рис. 2. Фрагмент ассоциативной карты «Современные направления исследований в области оптики, фотоники и оптоинформатики»

Обращает на себя внимание весьма скромная доля собственно оптической науки в ее классическом понимании по сравнению, например, с такими, казалось бы, частными направлениями, как «smart» и «non-classical». Сверхспециализация все более характерна для направлений научных исследований в области лазеров [14, 15]. Все более разветвленной становится тематика биофотоники, полимерной оптики, фотонных кристаллов и оптических метаматериалов. Практически все направления, порожденные из узла «optics communication», имеют 2–3 уровня и содержат в себе не менее 25–30 концептов каждый!

Интересные данные можно получить с помощью техники составления так называемых «облаков тэгов», позволяющих просто и наглядно представить значимость (частоту использования) тех или иных понятий из предметной онтологии в общей ее структуре. На рис. 3 изображена подобная тэговая детализация фрагмента базы знаний по оптике, фотонике и оптоинформатике в части научно-исследовательских направлений «Lasers» и «Optics Communications». Частотные характеристики, как обычно, определяются размером шрифтов, а уровни вложенности – цветом соответствующих устойчивых сочетаний.

В этой связи интересно проследить за тенденциями в организации профильной (бакалаврской и магистерской) подготовки по направлениям оптики, фотоники и оптоинформатики в европейских университетах [16, 17]. Если проанализировать формальное подчинение конкретных образовательных структур (кафедр, лабораторий), ведущих эту подготовку на факультетском уровне, то окажется, что только 29% от общего числа программ реализуется на профильных факультетах (рис. 4). Лидерство (35%) в подготовке специалистов по оптике/фотонике принадлежит факультетам, специализирующимся в областях знаний «Коммуникации» и «Информационные технологии». Третье место, а соответственно 24%, составляют факультеты инженерной направленности. Оставшиеся 12% от общего числа факультетов специализируются на компьютерных науках. Это еще раз подтверждает отчетливую тенденцию к прикладной специализации подготовки кадров по анализируемой тематике в европейских университетах.

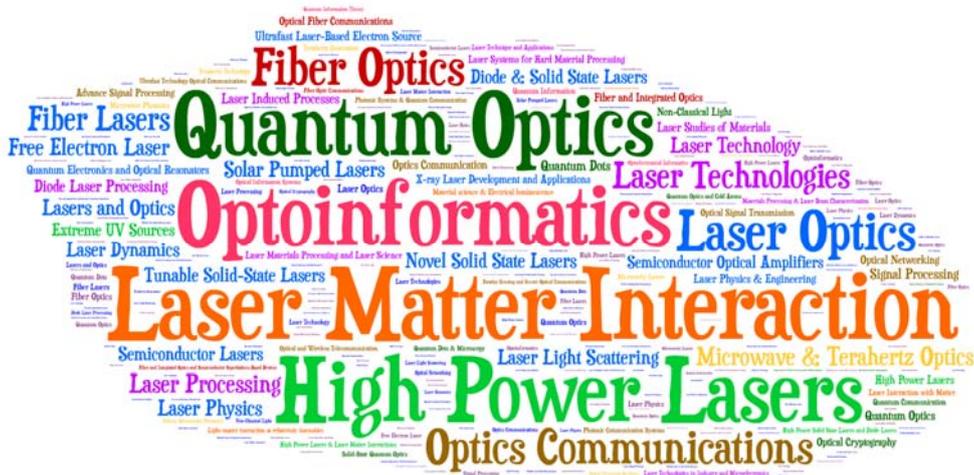


Рис. 3. Облако тэгов для фрагментов базы знаний «Lasers» и «Optics Communications»

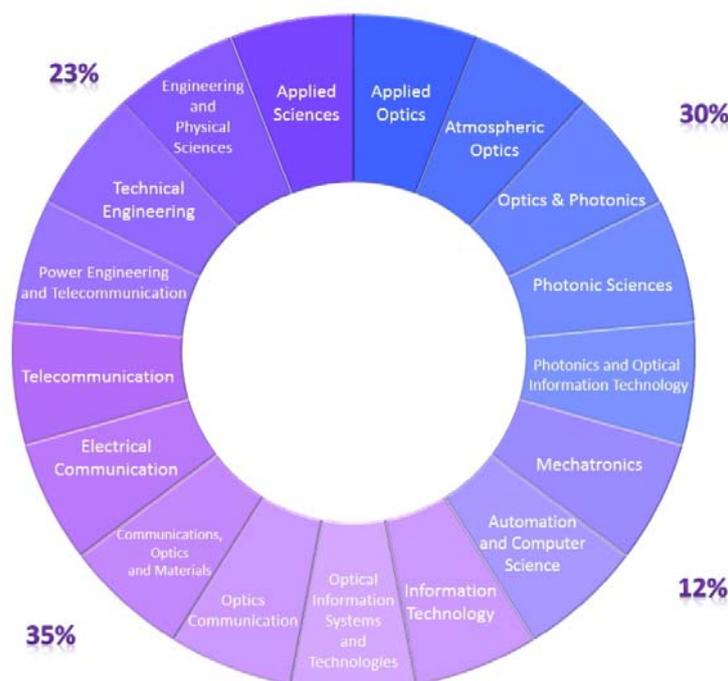


Рис. 4. Распределение программ подготовки по оптике, фотонике и оптоинформатике, реализуемых в европейских университетах на факультетах различных профилей

Проведенные исследования выявили целый ряд концептуальных онтологических узлов, постепенно теряющих свою актуальность в связи с трансформациями спектра научных (теоретических и прикладных) исследований в оптике, фотонике и оптоинформатике. На смену им приходят новые концепты или целые онтологические ветви, которые, в свою очередь, развиваются дивергентно и с различной динамикой. Например, целая трехуровневая область базы знаний «Optical instrumentation» [18] настолько сузилась, что к 2013 году уступила по удельному весу таким, казалось бы, узким тематическим разделам, как «Ultrafast optics» [19], «Optics of fractals», «Nonlinear dynamics and chaos in Laser systems» (рис. 5). Другой пример – онтологическая ветвь «Optoelectronic sensors and systems» [20, 21]. Здесь изменения за последние десять лет происходили, с одной стороны, в направлении дивергентного умножения числа сенсорных технологий, построенных на различных оптических (фотонных) принципах, а, с другой, с тенденцией заметного доминирования волоконнооптических сенсоров и полимерных элементов для оптоинформационных систем.

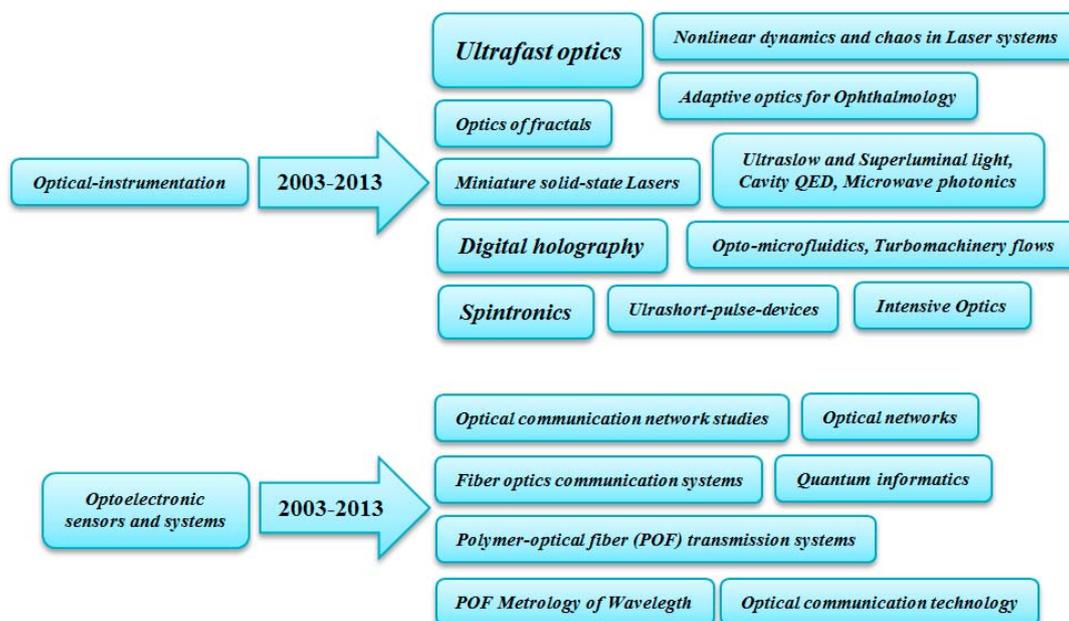


Рис. 5. Частные дивергентные тенденции изменения концептуальных узлов предметной онтологии по появившимся за последние 10 лет на европейском рынке фотоники и оптоинформатики устройствам

Если посмотреть на уровни подготовки специалистов в области оптики, фотоники и оптоинформатики в Европе, то здесь ситуация с некоторыми коррективами отражает общие тенденции болонского процесса. Сегодня структура обучения в европейских университетах подразделяется на три основных уровня, после прохождения которых можно получить академические степени: Бакалавр (Licence/Bachelor), Магистр (Master), Доктор (Doctorate) [22]. Менее распространена степень Специалист (Diploma in Engineering (DE) – Диплом в инженерном деле). Европейская академическая степень Доктор соответствует российской ученой степени Кандидата наук [23]. Различных названий академических степеней Бакалавров, Магистров и Докторов – великое множество. В табл. 2 представлены академические степени [24, 25], присуждаемые в Европе.

Академическая степень	Расшифровка академической степени на английском языке	Полное название академической степени на русском языке
Bachelor's degree (Бакалаврские степени)		
BS, BSc	Bachelor of Science	Бакалавр наук
BE, BEng	Bachelor of Engineering	Бакалавр инженерного дела
BSEE	Bachelor of Science in Electrical Engineering	Бакалавр наук в области электротехники
BA	Bachelor of Arts	Бакалавр искусств
Master's degree (Магистерские степени)		
MS, MSc, MSci	Master of Science	Магистр наук
MEng	Master of Engineering	Магистр инженерного дела
MPhil	Master of Philosophy	Магистр философии
MRes	Master of Research	Магистр исследований
MPhys	Master of Physics	Магистр физики
Doctoral's degree (Докторские степени)		
PhD	Doctor of Philosophy	Доктор философии
DrS	Doctor of Science	Доктор наук
EngD	Engineering Doctorate	Доктор инженерного дела

Таблица 2. Академические степени, присуждаемые в Европе

За последнее десятилетие произошло изменение числа образовательных программ (ОП) подготовки по оптике, фотонике и оптоинформатике. Для подготовки бакалавров было разработано 69 новых ОП (увеличение на 107%). Количество программ подготовки специалистов сократилось на 14 ОП (уменьшение на 48%). Для магистров было разработано 90 новых ОП (увеличение на 114%), для докторов – 61 ОП (увеличение на 89%). Результаты представлены на рис. 6.

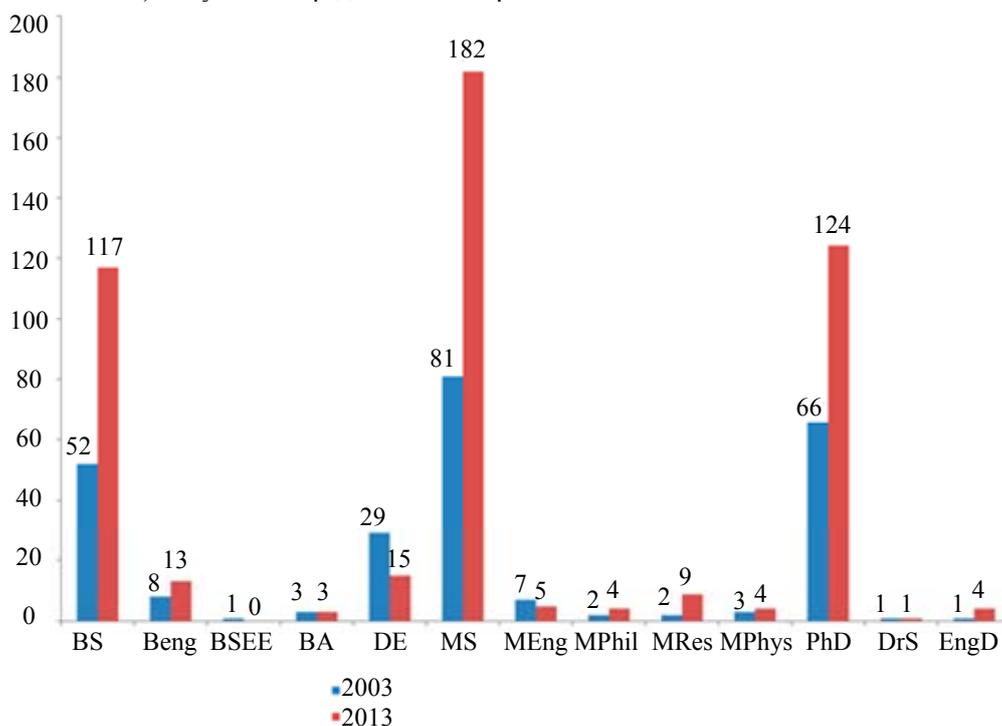


Рис. 6. Изменение числа профильных образовательных программ по оптике, фотонике и оптоинформатике в университетах Европы

Самыми распространенными академическими степенями, присуждаемыми по окончании обучения, как в 2003, так и в 2013 году являются степени Бакалавр наук, Магистр наук и Доктор философии. Академические степени Магистр философии, Магистр исследований, Магистр физики, Доктор инженерного дела не настолько распространены, как описанные ранее, но все же количество ОП с присвоением таких степеней к 2013 году увеличилось. Количество ОП с присвоением степеней Бакалавр искусств, Доктор наук не изменилось. Число ОП с присвоением академической степени Магистр инженерного дела уменьшилось. Прекратилась подготовка специалистов по фотонике и оптоинформатике с присвоением степени «бакалавра наук в области электротехники».

Европейские научно-технологические платформы

Как уже отмечалось, изменения в образовательной сфере с некоторым запозданием отслеживают тенденции, объективно происходящие в интересующей нас области науки и техники. Более оперативно на эти трансформации откликаются европейские структуры, ответственные за связь научно-исследовательских групп и профильного бизнес-сообщества. На первые роли в решении этой задачи для анализируемого геоэкономического региона сегодня выходят ЕНТП.

Анализ деятельности трех таких платформ – «Фотоника», «Фотовольтаика», «Наноматериалы» [26–28] – позволил выделить основные направления научных исследований и установить взаимосвязи между ними. Для этого по вполне понятным причинам была применена методика составления концептуальных карт. Если ассоциативные карты демонстрируют понятия и древовидную структуру произвольных фрагментов знаний, то концептуальные карты позволяют глубже рассмотреть предмет изучения и включают отношения между понятиями. Концептуальная карта представляется в виде графа, узлы которого отображают понятия (объекты или концепты), а направленные дуги, соединяющие эти узлы, – отношения (связи) [29]. Любая разработка концептуальной карты подразумевает структурный анализ взаимодействий между отдельными понятиями предметной области.

На рис. 7 представлен фрагмент концептуальной карты для указанных выше ЕНТП, которая, помимо прочего, наглядно демонстрирует области взаимопроникновения платформ и межплатформенные связи. Фрагмент ограничен областью пересечений на энергетической, коммуникационной и промышленной тематиках. Кроме того, для упрощения визуального восприятия на первом этапе анализа были совмещены структуры двух наиболее близких ЕНТП – «Фотоника» и «Фотовольтаика». На втором этапе искались существенные связи и пересекающиеся концептуальные узлы полученной симбиозной схемы со структурой третьей платформы «Наноматериалы». В результате были автоматически выявлены конвергентные тренды, демонстрирующие единство конечных концептов в формате конкретных научно-технических приложений.

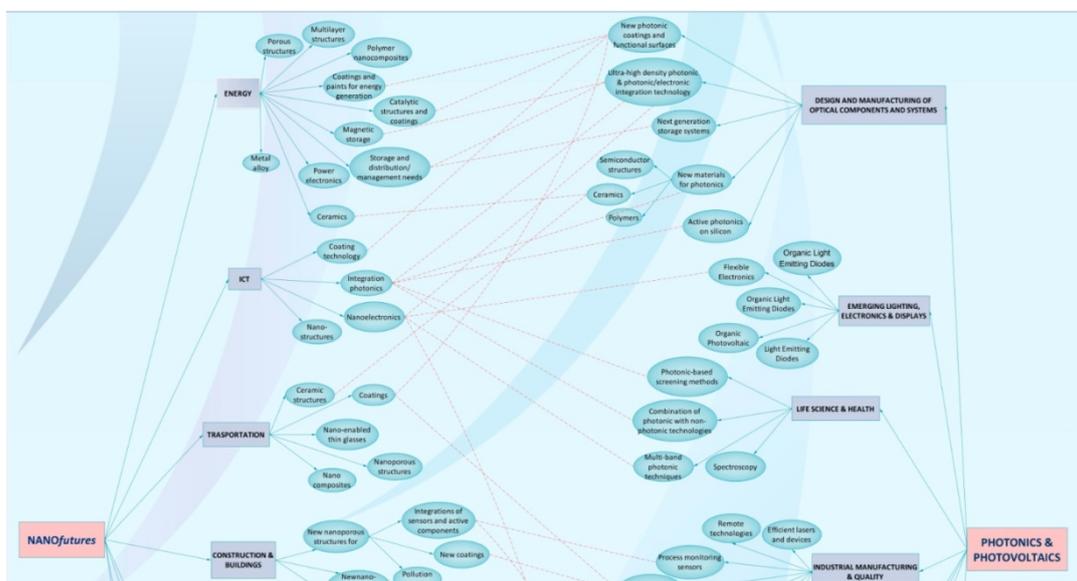


Рис. 7. Фрагмент концептуальной карты «Технологические платформы»

Заключение

На основе результатов исследования сформулированы следующие тренды.

1. Геоинформационные данные по европейским научным и образовательным тенденциям в области оптики, фотоники и оптоинформатики, а также динамика их трансформаций коррелируют с направлениями и темпами развития рынка соответствующих технологий.

2. Доминирующими сферами приложения знаний и компетенций европейских специалистов по оптике, фотонике и оптоинформатике на сегодня являются телекоммуникации и информационные технологии. На все более узкие профили дивергентно разбиваются прикладные исследования в области лазеров.
3. Все более разветвленной становится онтологическая структура баз знаний в области биофотоники, полимерной оптики, фотонных кристаллов и «умных» оптических метаматериалов.
4. Выявляется ряд концептуальных онтологических узлов, постепенно теряющих свою актуальность в оптике, фотонике и оптоинформатике. На смену им приходят новые концепты или целые онтологические ветви, которые, в свою очередь, развиваются дивергентно и с различной динамикой.
5. В результате построения концептуальных карт для трех профильных европейских научно-технологических платформ были автоматически выявлены конвергентные тренды, демонстрирующие единство конечных технических приложений при движении к ним с различных, а иногда и противоположных, онтологических узлов.

References

1. *Photonics21 – A Key Enabling Technology of Europe*. Available at: <http://www.photonics21.org/index.php> (accessed 21.04.2014).
2. *Optics and Photonics Education 2013*. Ed. P. Barnett. Bellingham, SPIE, OSA Publ., 2013, 138 p.
3. *Optics Education 2003-2004. International Directory of Degree Programs in Optics*. Ed. P. Barnett. Bellingham, SPIE, OSA Publ., 2003, p. 96.
4. *Optics and Photonics Education 2012*. Ed. P. Barnett. Bellingham, SPIE, OSA Publ., 2012, 130 p.
5. *European Optical Society*. Available at: <http://www.myeos.org> (accessed 29.04.2014).
6. Olshevskaya A.V., Stafeev S.K., Boyarsky K.K., Katkov Yu.V., Mouromtsev D.I., Yagovkin V.I. Kompleksnaya vizualizatsiya predmetnoi ontologii na osnove vzaimosvyazannykh konstruktssii [Integrated visualization ontology based on interconnected structures]. *Komp'yuternye Instrumenty v Obrazovanii*, 2011, no. 5, pp. 38–45.
7. Olshevskaya A.V., Nikolaev D.G. Sravnitel'nyi analiz vozmozhnostei sotsial'nykh setei dlya primeneniya v obrazovatel'nom protsesse [Comparative analysis of the social networking capabilities for use in the educational process]. *Sbornik trudov VI Vserossiiskoi mezhvuzovskoi konferentsii molodykh uchennykh* [Proc. VI All-Russian Interuniversity Conference of Young Scientists]. St. Petersburg, SPbSU ITMO Publ., 2009, no. 6, pp. 273–279.
8. Olshevskaya A.V. Prototip ontologii po optike v istoricheskoi retrospektive [Ontology prototype optics in historical perspective]. *Sbornik trudov I Vserossiiskogo kongressa molodykh uchennykh* [Proc. All-Russian Congress of Young Scientists]. St. Petersburg, NRU ITMO Publ., 2012, vol. 3, pp. 22–24.
9. Arzumanyan M.Yu., Markina G.L. Novye metody arkhitekturnogo proektirovaniya i organizatsii informatsionnogo soprovozhdeniya uchebnogo protsesssa [New methods of architectural engineering of educational process and information support systems] *Distantcionnoe i Virtual'noe Obuchenie*, 2014, no. 1, pp. 117–124.
10. Shestakov V.K. Izvlechenie ontologii iz Wiki-sistem [Ontology extraction from Wiki-systems]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2012, no. 1 (77), pp. 62–66.
11. Nevidimov A.V., A.B., Bessmertny I.A. Podkhod k kollektivnoi razrabotke ontologii [Co-operative ontology development approach]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2013, no. 2 (84), p. 161.
12. Mouromtsev D. Development of a complex ontology of optics. *CEUR Workshop Proceedings*, 2012, vol. 849, p. 12.
13. Gavrilova T.A., Mouromtsev D.I. *Intellektual'nye Tekhnologii v Menedzhmente: Instrumenty i Sistemy* [Intelligent Technologies in Management: Tools and Systems]. 2nd ed. St. Petersburg, Vysshaya Shkola Menedzhmenta Publ., SPbSU Publ., 2008, 488 p.
14. Nemati M., Wijshoff R.W.C.G.R., Stijnen J.M.A., van Tuijl S., Bergmans J.W.M., Bhattacharya N., Urbach H.P. Laser-speckle-based detection of fluid pulsation in the presence of motion artifacts: in vitro and in vivo study. *Optics Letters*, 2013, vol. 38, pp. 5334–5337. doi: 10.1364/OL.38.005334
15. Cui M., Zeitouny M.G., Bhattacharya N., Van Den Berg S.A., Urbach H.P. New laser system for distance metrology - High accuracy long distance measurements with a frequency comb laser. *Proc. of 2010 Symposium on Photonics and Optoelectronic 2010, SOPO 2010*. Chengdu, China, 2010, art. no. 5504253. doi: 10.1109/SOPO.2010.5504253
16. Gurov I.P. Komp'yuternaya fotonika: innovatsionnye issledovatel'skie proekty [Computer photonics: innovative research projects]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2005, no. 22, pp. 24–33.
17. Andreeva O.V., Bepalov V.G., Vasil'ev V.N., Kozlov S.A., Lobanov S.A., Makarov N.S. WEB-sait po nauchno-obrazovatel'nomu napravleniyu «Optoinformatika» [WEB-site of scientific and educational direction "Optoinformatics"]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2004, no. 13, pp. 15–20.
18. Negi S.S. Optical and electro-optical instrumentation. *Defence Science Journal*, 2013, vol. 63, no. 6, pp. 543–544.
19. Cui M., Bhattacharya N., Urbach H.P., Van Den Berg S.A. Correlation functions formed by a femtosecond pulse interferometer. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, 2008, vol. 7018, art. no. 70183Q. doi: 10.1117/12.789097
20. Pozo J., Westerveld W., Harmsma P.J., Yang S., Bodis P., Nieuwland R., Lagioia M., Cascio D.M.R.L., Staats J., Schmits R., Berg H.V.D., Tabak E., Green K., Urbach H.P., Cheng L.K., Yousefi M. Silicon on insulator photonic integrated sensors: On-chip sensing and interrogation. *International Conference on Transparent Optical Networks*, 2011, art. no. 5970854. doi: 10.1109/ICTON.2011.5970854
21. Yurish S. Smart optoelectronic sensors and intelligent sensor systems. *Sensors and Transducers*, 2012, vol. 14, no. SPEC 1, pp. 18–31.
22. *Akademicheskie stepeni v Evrope* [Academic degrees in Europe]. Available at: <http://www.universityguideonline.org/ar/InternationalPathways/degree-options-in-europe> (accessed 25.03.2014).

23. *Sootvetstvie uchenykh stepenei i zvaniy u nas i za rubezhom* [Conformity academic degrees at home and abroad]. Available at: <http://begin-english.ru/article/uchenaya-stepen-v-amerike/> (accessed 25.03.2014).
24. *Rasshifrovka akademicheskikh stepenei pervogo vysshego obrazovaniya v Velikobritanii* [Explanation of the first academic degrees of higher education in the UK]. Available at: http://www.educationindex.ru/article_bachelor_degree_qualifications_in_english_and_russian.aspx (accessed 25.03.2014).
25. *Rasshifrovka akademicheskikh stepenei masterskogo obrazovaniya v Velikobritanii* [Explanation of academic degrees of master's degree in the UK]. Available at: http://www.educationindex.ru/article_postgraduate_degree_qualifications_in_english_and_russian.aspx (accessed 25.03.2014).
26. *Towards 2020 – Photonics driving economic growth in Europe*. Dusseldorf, European Technology Platform Photonics21, 2013, 105 p.
27. *Innovation and New Energy Technologies*. Berlin, Federal Ministry of Economics and Labour Communication and Internet Division, 2005, 84 p.
28. *Integrated Research and Industrial Roadmap for European Nanotechnology*. Available at: http://www.nanofutures.info/sites/default/files/NANOfutures_Roadmap%20july%202012_0.pdf (accessed 11.04.2014).
29. Gavrilova T.A., Leshcheva I.A., Strakhovich E.V. Ob ispol'zovanii vizual'nykh kontseptual'nykh modelei v prepodavanii [On the use of visual conceptual models in teaching]. *Vestnik SPbGU. Seriya Menedzhment*, 2011, no. 4, pp. 124–150.



Стафеев Сергей Константинович – доктор технических наук, профессор, декан естественнонаучного факультета, заведующий кафедрой физики, координатор проекта создания и развития Федерального образовательного естественнонаучного портала, научный руководитель Музея оптики, куратор создания сети детских научно-образовательных центров. Автор более 150 научных и учебно-методических публикаций в отечественных и зарубежных изданиях. Научные труды сосредоточены в области оптики полупроводников, ИК-систем лазерного зондирования, систем и методов визуализации оптических и электрофизических неоднородностей полупроводников и полуметаллов. Имеет публикации по оптической обработке информации и оптической фильтрации; по оптическим и рентгеновским исследованиям фрактальных структур, применению пространственных ЖК-модуляторов света. Учебно-методические работы посвящены преподаванию курса общей физики, применению современных информационных технологий в естественнонаучном

образовании, историческим аспектам развития оптических представлений. Автор лекционного курса по волновой и квантовой оптике и его сетевой версии, ряда учебных курсов по тематике «Оптика и искусство».

Sergey K. Stafeyev – Doctor of Technical Sciences, Professor, the Dean of the faculty of Natural Sciences, Head of Physics department, Coordinator of the project for creation and development of the federal natural sciences educational portal, scientific Director of Optical Museum, curator of creating a network of children's educational centers. S. Stafeyev is the author of more than 150 scientific and educational publications in national and international editions. He has got scientific works in the area of optics of semiconductors, infrared systems of laser sensing, systems and methods of visualization of optical and electrical in homogeneities of semiconductors and semimetals. He has got publications on the optical processing of information and optical filtering; on optical and X-ray research of fractal structures, on using of spatial liquid crystal-modulators of light. His pedagogical works are devoted to the teaching of general physics course, to the using of modern information technologies in science education, to historical aspects of the development of optical concepts. Sergey Stafeyev is the author of lecture course devoted to the wave and quantum optics and its network version, a series of training courses on "Optics and Art".



Лившиц Ирина Леонидовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией автоматизированного проектирования оптико-информационных и энергосберегающих систем, ведущий специалист по расчету оптических систем, председатель программного комитета международного семинара по проектированию оптических систем – IODS, член Оптического общества им. Д.С. Рождественского, американского общества SPIE и Европейского оптического общества, где является членом совета директоров и тематическим редактором по секции «Проектирование оптических систем» журнала JEOS. Участвует во многих международных конференциях в качестве члена программного комитета и докладчика: «Optical Design and Fabrication», «Optical Engineering and Applications», «International Conference on Optical Instruments and Technology» и других. Вся профессиональная деятельность связана с расчетом оптических систем, результатом являются 178 научных работ, среди которых – 70 изобретений, научные статьи, отчеты, одна монография.

Irina L. Livshits – PhD, senior scientific researcher, Head of Laboratory for Computer Aided Design of Optical Information and Energy Saving Systems, leading expert on the calculation of optical systems, the Program Chair of the International seminar on the design of optical systems – IODS, Member of Rozhdestvensky Optical Society, American Optical Society SPIE and European Optical Society, where she is a Board Member and editor of the thematic section «Designing Optical Systems», JEOS journal. She takes an active part in many international conferences, as both a member of the Program Committee and a speaker: «Optical Design and Fabrication», «Optical Engineering and Applications», «International Conference on Optical Instruments and Technology» and others. All her professional activities are devoted to the calculation of optical systems resulting in 178 scientific works, among them – 70 inventions, scientific papers, reports and one monograph.



Ольшевская Анастасия Владимировна – начальник отдела лицензирования и аккредитации Университета ИТМО. Имеет 17 публикаций, 4 из которых опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК. Принимала участие с докладами в 10 научных и учебно-методических конференциях, в том числе международных.

Anastasiya V. Ol'shevskaya – Head of Licensing and Accreditation department of ITMO University. She has got 17 publications; four of them are published in the journals included in the list of higher attestation Committee (VAK). She took part in 10 scientific and educational conferences, including international ones.



Жогина Вероника Александровна – магистрант кафедры Интеллектуальные технологии в гуманитарной сфере, инженер отдела лицензирования и аккредитации Университета ИТМО. Имеет 3 публикации, одна из которых опубликована в журнале, входящем в перечень ВАК. Принимала участие с докладами в 4 научных и учебно-методических конференциях.

Veronica A. Zhogina – student of Intelligent Technologies department in the humanitarian field, engineer of Licensing and Accreditation department of ITMO University. She has got three publications; one of them is published in the journal included in the list of higher attestation Committee (VAK). She took part in four scientific and educational conferences.



Денисова Екатерина Александровна – студент кафедры Компьютерные образовательные технологии, инженер отдела лицензирования и аккредитации Университета ИТМО. Имеет одну публикацию. Принимала участие с докладами в 2 научных и учебно-методических конференциях.

Ekaterina A. Denisova – student of Computer Educational Technologies department, engineer of Licensing and Accreditation department of ITMO University. She has got one publication. She took part in two scientific and educational conferences as a speaker.



Маркина Галина Леонидовна – начальник отдела информационного сопровождения открытых конкурсов для государственных и муниципальных нужд Университета ИТМО. Сфера интересов: архитектурное проектирование, модель образовательного процесса, архитектурный подход, онтологическое моделирование. Имеет 8 публикаций, принимала участие в 4 конференциях.

Galina L. Markina – Head of Section for information support of open competitions for government and municipal needs of ITMO University. Her scientific areas are: architectural design, educational process model, architectural approach, ontological modeling. She has got 8 publications, took part in 4 conferences.



H. Paul Urbach – доктор наук, профессор и глава оптической исследовательской группы Делфтского технологического университета, президент Европейского Оптического Общества, координатор проекта «Smetholds» по разработке и применению когнитивных технологий в оптическом дизайне. Автор 24 научных публикаций. Провел исследования во многих отраслях оптики, таких как оптическая литография для ICs и оптическое освоение диска, флуоресценция рентгена, электромагнитное моделирование оптической записи, манипуляция непосредственной эмиссии, высокое числовое отображение апертуры, светочувствительные анизотропные медиа- и плазмоники для применения в LEDs.

H. Paul Urbach – D.Sc, Professor and the Head of Optics Research Group of TUDelft, President of European Optical Society and Coordinator of the "Smetholds" project devoted to the development and application of cognitive technologies in optical design. He is the author of 127 scientific publications. He has done research in many branches of optics, such as optical lithography for ICs and optical disc mastering, EUV and x-ray fluorescence, manipulation of spontaneous emission, high numerical aperture imaging, photoactive anisotropic media and plasmonics for application in LEDs.

- Стафеев Сергей Константинович** – доктор технических наук, профессор, декан, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, stafeevs@yahoo.com
- Лившиц Ирина Леонидовна** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, ecenter-optica10@yandex.ru
- Ольшевская Анастасия Владимировна** – аспирант, начальник отдела, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, olshevskaya@mail.ifmo.ru
- Жогина Вероника Александровна** – студент, инженер отдела, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, verona27.91@mail.ru
- Денисова Екатерина Александровна** – студент, инженер отдела, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, katieden@mail.ru
- Маркина Галина Леонидовна** – аспирант, начальник отдела, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, lina@mail.ifmo
- Urbach H. Paul** – доктор наук, профессор, Глава оптической исследовательской группы, Делфтский технологический университет, Делфт, Нидерланды; профессор, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия, h.p.urbach@tudelft.nl
- Sergey K. Stafeev** – D.Sc., Professor, Dean, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, stafeevs@yahoo.com
- Irina L. Livshits** – PhD, senior research scientist, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, ecenter-optica10@yandex.ru
- Anastasiya V. Ol'shevskaya** – Postgraduate, Head of department, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, olshevskaya@mail.ifmo.ru
- Veronika A. Zhogina** – engineer, student, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, verona27.91@mail.ru
- Ekaterina A. Denisova** – engineer, student, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, katieden@mail.ru
- Galina L. Markina** – postgraduate, Head of department, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, lina@mail.ifmo
- H. Paul Urbach** – D.Sc., Professor, Head of the Optics Research Group, Delft University of Technology, Delft, Netherlands; Professor, ITMO University, Saint Petersburg, Russia, h.p.urbach@tudelft.nl

Принято к печати 14.05.14

Accepted 14.05.14