

# Междисциплинарность в инженерном образовании: тенденции и концепции

Программа Фулбрайта, Португалия

*Nicolás Francisco Lori*

**Междисциплинарность в инженерии – это одна из тех тем, возможности и потенциал которой не всегда сопряжены с реальным успехом. В данной статье рассмотрена перспектива, когда междисциплинарность способна привести к успеху. Различные примеры междисциплинарности представлены в таких областях как неврология, создание фильмов, компьютерных игр, электрических сетей, а также развитие генной инженерии. В работе также обсуждается роль системного междисциплинарного подхода в определении как благосостояния нации, так и ценности университетского образования.**

**Ключевые слова:** междисциплинарность, инженерия, университетское образование, богатство, комплексность.

**Key words:** *interdisciplinarity, engineering, university education, wealth, complexity.*



N. Lori

## ВОПРОСЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТИ

Тема междисциплинарности является одной из тех тем, к которой должен обратиться любой университет, стремящийся к успеху на мировой арене, где технологическая интеграция является основным источником технологического развития. Однако существуют верные и неверные подходы к определению междисциплинарности. Междисциплинарность не должна представлять собой: 1) группу людей, в которой каждый является экспертом во всем; 2) попытку собрать людей различных специальностей в одном месте в надежде получить междисциплинарный результат; 3) создание инструментов для всего, что необходимо во всех областях. Междисциплинарный подход предполагает: 1) установление связей, которые позволяют

провести фильтрацию идей; 2) фильтрацию идей для отбора и создания информации, которая будет полезна; 3) возможность полезной информации стать институциональным знанием, которое для Эрика Бейнхокера в его книге «Происхождение благосостояния» является истинным богатством любого института [1].

Таким образом, правильно реализованный междисциплинарный подход может быть источником богатства. Университет, заинтересованный в изучении основных преимуществ междисциплинарности, должен сделать следующее: 1) образовательные программы должны быть ориентированы на актуальные темы (проблемы), а не на области знаний. Например, курс по применению солнечных батарей в строительстве, а не курс по машиностроению который, может быть применен ко многому (боль-

шому числу направлений инженерии), и ничему конкретно; 2) исходя из изучения стран с наибольшим количеством предложений рабочих мест для данной специальности интегрировать в образовательную программу соответствующие языковые курсы; 3) проектировать образовательную программу, основываясь на сегодняшних потребностях работодателей с учетом прогнозирования возможных вакансий в будущем.

Согласно теории комплексности экономики, предложенной Эриком Бейнхокером [1], богатство – это полезная информация, применимая на институциональном уровне, то есть информация, которую можно использовать для создания объектов (продукции) данной организацией (организация может быть представлена и одним человеком). Информация непосредственно связана с энтропией, в этом контексте энтропия равна общему количеству информации в системе. В комплексной экономике экономическая среда представлена в виде системы взаимодействующих атомов, за исключением того, что теперь атомы могут вырабатывать сложные решения. В

системе свободно взаимодействующих движущихся атомов, как в жидкости, атомы проходят по броуновским траекториям движения, которые можно аппроксимировать случайным блужданием. Случайные блуждания в Meta Math! Хайтина [2] описаны как инструменты общего назначения, которые могут описать теорию эволюции Дарвина. Так же в теории комплексной экономики экономические системы развиваются на фоне всех возможных экономических систем. Эволюция является универсальной формулой для инноваций, формулой, которая через призму проб и ошибок, создает новые конструкции и решает сложные проблемы. Эволюция может выполнять свои трюки не только в «подложке» ДНК, но и в любой системе, для которой характерна правильная обработка и хранение информации, например, бизнес-план компании.

Простой рецепт эволюции «дифференцировать, выбирать и усиливать» – это вид компьютерной программы. Она может выполнять функцию заказа-создания в различных областях, начиная от компьютерного программного обеспечения до

**Рис. 1. Различия между стандартной экономической теорией и теорией сложности экономики.**

	Традиционная экономика	Экономика как комплексная адаптивная система
Динамика	Закрытая экономика, статичная, линейные системы в равновесии	Открытая экономика, динамичная, нелинейные системы не находятся в состоянии равновесия
Агенты (человеческое поведение)	Подобны Споку Использование только рациональной дедукции. Точная информация и неограниченные вычислительные возможности. Нет ошибок, поэтому обучение не требуется	Подобны Барту Симпсону Смешанное дедуктивное/индуктивное принятие решений (правило большого пальца). Неточная информация и ограниченные вычислительные возможности. Совершает ошибки, учится и делает выводы
Сети/организации	Предполагает только не прямое взаимодействие людей через рыночные механизмы. Информация адекватно представлена ценами и количеством.	Явно основан на сетевой структуре взаимодействия организаций
Возникновение	Макро модели являются линейным дополнением микро моделей поведения. Агенты однородны и представительны	Макро модели появляются нелинейно от микро моделей поведения и взаимодействий
Эволюция	Не содержит эндогенного механизма для создания нового, упорядоченного роста и сложности	Эволюционный процесс создает новое, обеспечивает рост и сложность со временем

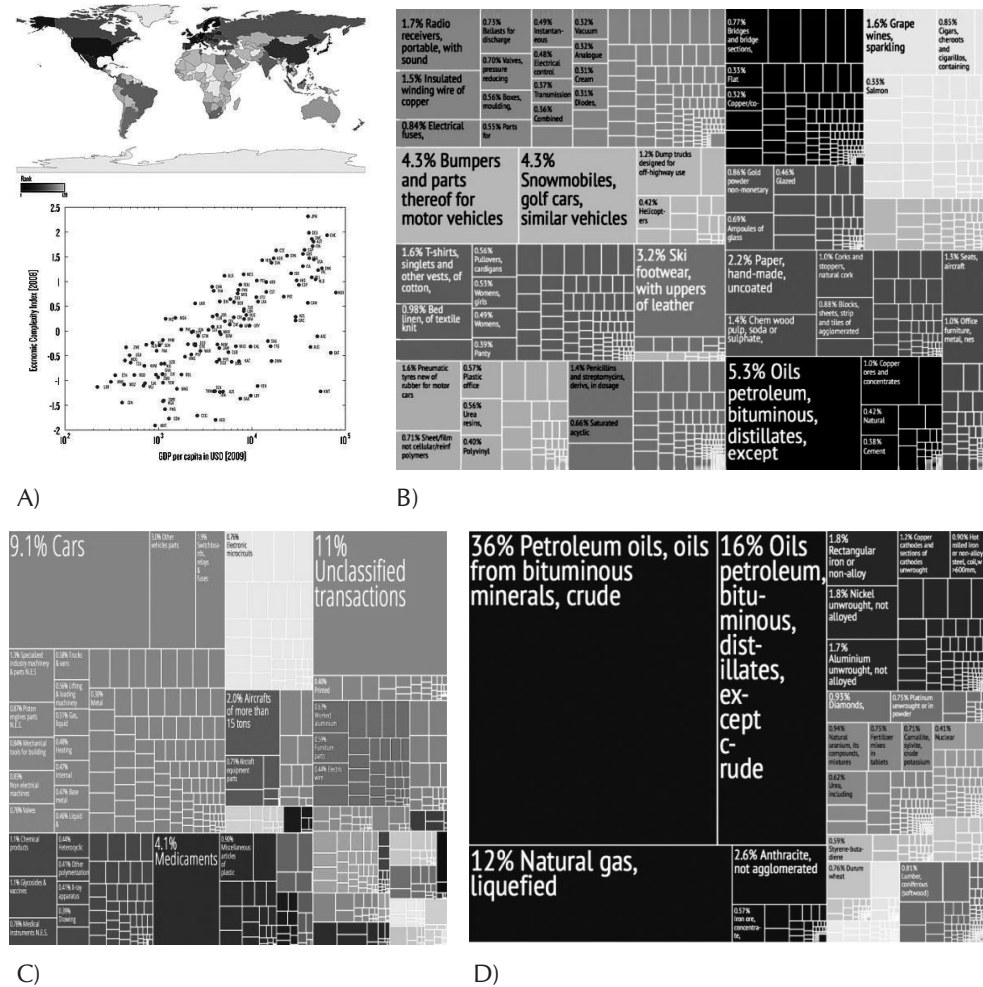
мышления, человеческой культуры, экономики [2].

Но более комплексная экономика, вероятно, потребует внесения изменений в социальном взаимодействии. В работе Оиши и Кесебит [5] проведен анализ оптимального социального взаимодействия в зависимости от существующих экономических условий. Скажем, мы имеем население 1000 человек, в котором у каждого человека есть 10 друзей и нет «случайных» друзей. То есть, друзья у всех относятся к строго

определенному социальному кругу [семьи и соседей]. В этом случае средняя степень разделения равна 50; иными словами, в среднем требуется 50 шагов, чтобы добраться от одного случайно выбранного человека к другому. Но если мы изменим условия, и скажем, что 25% друзей у всех случайны [не семья или соседи], то есть, они общаются за пределами их обычного социального круга, то средняя степень разделения резко снизится до 3,6.

В слишком узкой [тесные связи]

**Рис. 2. Индекс комплексности экономики (ECI) [3, 4] является мерой производственных характеристик больших экономических систем, как правило, целых стран, предложенной Обсерваторией комплексности экономики Гарвардского университета и Массачусетского Технологического института. А) Глобальные ECI уровни. В) Элементы ECI для Португалии; С) Элементы ECI для Германии; D) Элементы ECI для России.**



социальной сети нет случайных друзей. В слишком широкой [слабые связи] сети все друзья являются «случайными». Полученные результаты [5] показывают, что [тесные связи] являются экономически выгодными только в условиях низкой мобильности и высокой вероятности кризисных ситуаций, и в условиях низкой мобильности и низкого среднего дохода; для всех других условий широкая сеть [слабые связи] являются экономически более привлекательными.

тому университетам следует сосредоточиться на отдельной теме с тем, чтобы кто-то из экспертов с ученой степенью в этой области мог координировать (и / или реализовывать) взаимодействия между людьми в рамках существующих образовательных программ.

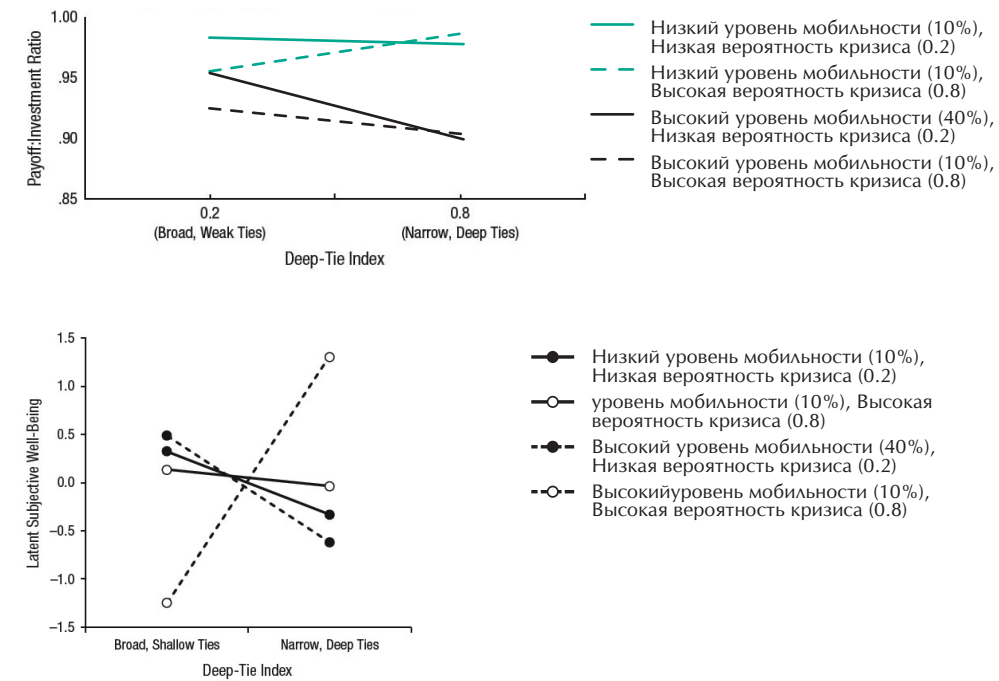
**ДИСКУССИЯ**

Мы рассмотрели верные и неверные подходы к междисциплинарности в инженерии. Правильность междисциплинарного подхода напрямую связана с его способностью устранять основную сложность (трудность) междисциплинарности, невозможность быть экспертом во всех дисциплинах одновременно. Довольно трудно идти в ногу со временем и быть экспертом в одной дисциплине, а преуспевать на экспертном уровне во всех дисциплинах, которые постоянно взаимодействуют друг с другом, практически невоз-

**ПРИМЕРЫ  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТИ**

В качестве междисциплинарных примеров, мы будем рассматривать: 1) неврология; 2) фильмы и игры; 3) геновая инженерия; 4) современная электрическая сеть. Каждая из этих тем включает в себя несколько курсов образовательных программ. Однако каждый из примеров использует только часть этих курсов, поэ-

**Рис. 3. Результаты исследования Оиши и Кесебит[5] оптимальном размере социальных сетей.**





можно. Это всегда было недостатком междисциплинарных подходов в инженерном образовании. Независимо от того, насколько хорошо подготовлены студенты в университете, без постоянного содействия и мотивирования со стороны профессоров и коллег, студент перестает читать соответствующую литературу и перестает быть погружен в короткий период времени. Если это актуально для стандартных образовательных программ, то тем более и для междисциплинарных программ.

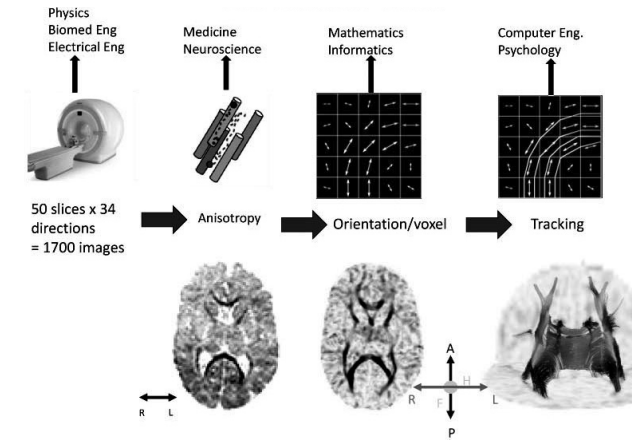
Предлагаемый нами метод заключается в том, что междисциплинарная программа ориентирована на производственные задачи, а значит студент получает междисциплинарное образование сосредоточенное (ориентированное) на создание определенного вида продукции. В центре внимания не область знания, а область производства. Фокусирование внимания на производстве, должно оказать положительно сказаться на трудоустройстве выпускников на рынке труда. И даже если определенный вид инженерных изделий исчезает, то на его месте вероятно в результате эволюции ранее существовавших форм появится что-то новое, другое, вероятно, будет эволюция ранее существовавших форм производства. Таким образом, всем выпускникам после окончания образовательной программы предлагается идти в ногу с эволюцией технологий производства, связанных с областью их знаний.

Таблица 1. Соотношение между междисциплинарными темами и существующими учебными курсами в вузах.

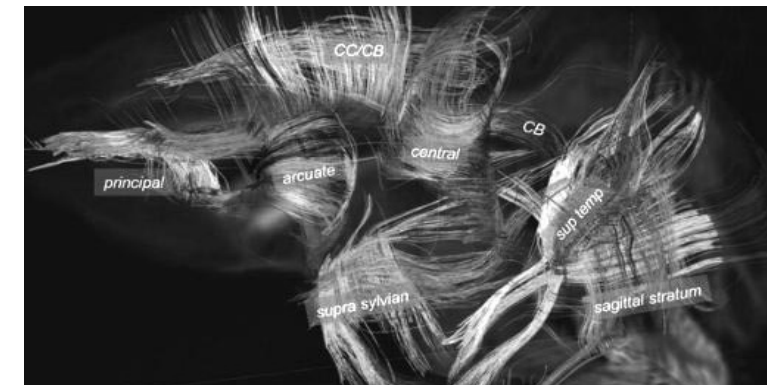
Темы	Существующие курсы
Неврология	Генная инженерия, общественные науки, биомедицинские технологии, психология, физика
Фильмы и игры	Маркетинг, компьютерные технологии, литература, менеджмент, реклама
Генная инженерия	Биоинформатика, генная инженерия, биомедицинские технологии, физика, компьютерные технологии
Современная электрическая сеть	Электротехника, машиностроение, информатика, транспортные технологии

Рис. 4. Примеры междисциплинарных областей.

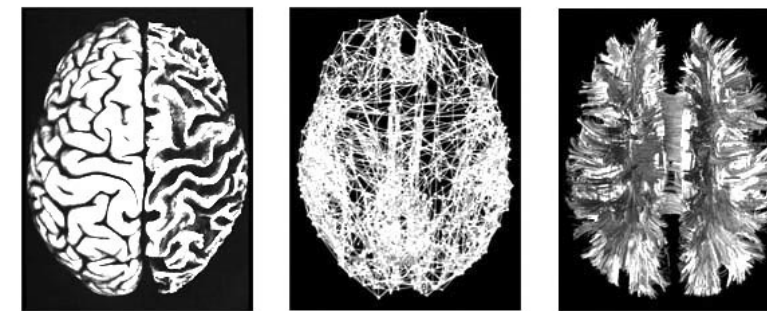
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИФФУЗИИ МРТ В НЕВРОЛОГИИ



РЕЗУЛЬТАТ ДИФФУЗИОННОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ (DSI) [6] С ПОМОЩЬЮ ДИФФУЗИИ МРТ



РАЗЛИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ МОЗГА (НАПРИМЕР, DSI СПРАВА) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЦЕПЦИИ HUMAN CONNECTOME



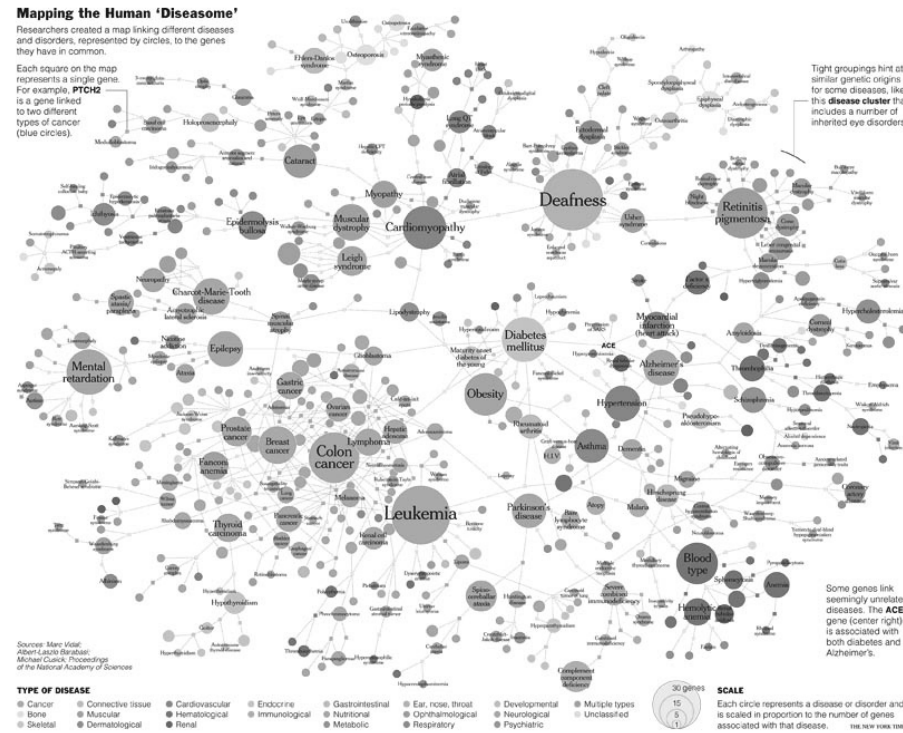
**Anatomy**  
Klingler's method for fiber tract dissection uses freezing of brain matter to spread nerve fibers apart. Afterwards, tissue is carefully scratched away to reveal a relief-like surface in which the desired nerve tracts are naturally surrounded by their anatomical brain areas.

**Connectome**  
Shown are the connections of brain regions together with "hubs" that connect signals among different brain areas and a central "core" or backbone of connections, which relays commands for our thoughts and behaviors.

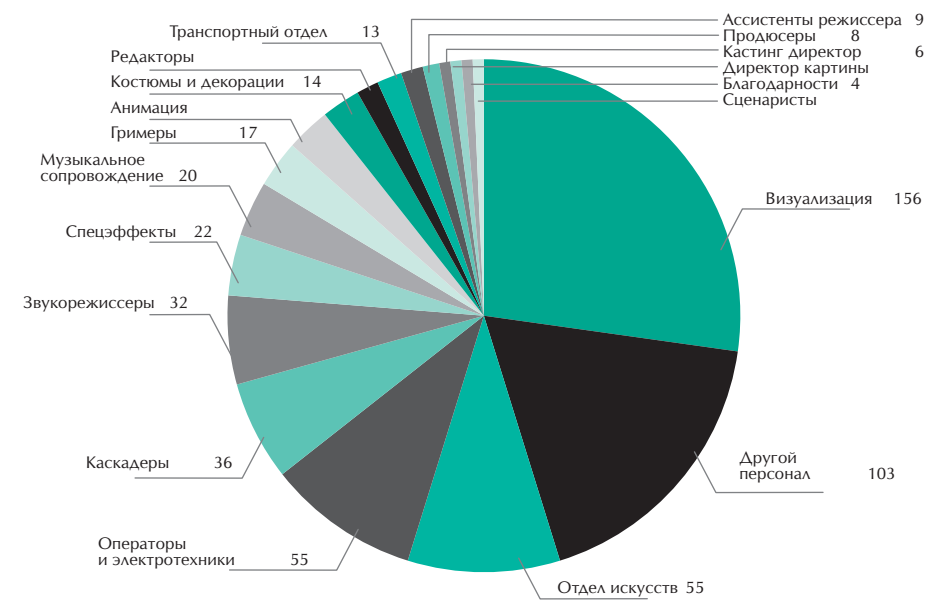
**Neuronal Pathways**  
A new MRI technique called diffusion spectrum imaging (DSI) analyzes how water molecules move along nerve fibers. DSI can show a brain's major neuron pathways and will help neurologists relate structure to function.

Рис. 4. Примеры междисциплинарных областей.

КАРТА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ, ЗАДЕЙСТВОВАННЫХ В ПРОЦЕССЕ КИНОПРОИЗВОДСТВА В ПЕРИОД С 1994 ПО 2013 ГОД (550 ЧЕЛОВЕК)



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Damasio A.R. Looking for Spinoza: joy, sorrow, and the feeling brain / A.R. Damasio. – Orlando, Fla, 2003. – 365 p.
2. Organizational trust: a reader / R.M. Kramer, ed. – N. Y., 2006. – 496 p.
3. Panikkar R. The silence of God: The answer of the Buddha / R. Panikkar. – Maryknoll, N.Y., 1989. – 294 p.
4. Levine P. Waking the tiger: healing trauma / P. Levine, and A. Frederick. – Berkeley, Ca., 1997. – 274 p.
5. Cognitive and neural foundations of religious belief / D. Kapogiannis [et al.] // PNAS. – 2009. – Vol. 106, № 12. – P. 4876–4881.
6. Unequal chances: family background and economic success / ed. by S. Bowles, H. Gintis, and Osborne Groves M. – N. Y.; Princeton, NJ, 2005. – 310 p.
7. Penn D. C. On the lack of evidence that chimpanzees possess anything remotely resembling a 'theory of mind' / D. C. Penn, and D. J. Povinelli // Philos. Trans. of the R. Soc.B: Biol. Sci. – 2007. – Vol. 362, № 1480. – P. 731–744.
8. Lori N.F. Matter and selfhood in Kant's physics: a contemporary reappraisal / N.F. Lori, P. Jesus. // Relations of the Self / E.B. Pires, B. Nonnenmacher, and S. Büttner von Stülpnagel (Eds.). – Coimbra, 2010. – P. 207–225.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beinhocker E.D. The origin of wealth: evolution, complexity, and the radical remaking of economics / E.D. Beinhocker. – Cambridge, MA, 2006. – 527 p.
2. Chaitin G.J. Meta Math!: the quest for omega / G.J. Chaitin. – N. Y., 2006. – 234 p.
3. Hidalgo C.A. The building blocks of economic complexity / C.A.Hidalgo, R. Hausmann // PNAS. – 2009. – Vol. 106, № 26. – P. 10570–10575.
4. The atlas of economic complexity mapping paths to prosperity / R. Hausmann, C.A. Hidalgo [et al.]. – New Hampshire, 2011. – 80 p.
5. Oishi S. Optimal social-networking strategy is a function of socioeconomic conditions / S. Oishi, S. Kesebir // Psychol. Sci. – 2012. – Vol. 23, № 12 (Dec.). – P. 1542–1548.
6. The geometric structure of the brain fiber pathways / V. J. Wedeen [et al.] // Science. – 2012. – Vol. 335, № 6076. – P. 1628–1634.
7. Sporns O. The human connectome [Electronic resource]: courtesy of Little, Brown and Company [published in 6th Iteration (2010): Science maps for scholars] / Olaf Sporns, and Patric Hagmann // Places & spaces: mapping science : [website] / ed. by K. Börner, and E. F. Hardy. – Bloomington, IN, [2006–2014]. – URL: [http://scimaps.org/maps/map/the\\_human\\_connectome\\_115](http://scimaps.org/maps/map/the_human_connectome_115), free. – Tit. from the screen (usage date: 06.06.2014).
8. Biologie: l'ère numérique / sous la direction de M. Roux; préface de P. Tambourin et F. Russo-Marie. – Paris, 2009. – 259 p.
9. Follows S. How many people work on a Hollywood film? [Electronic resource] // [Blog of Stephen Follows]. – [San Francisco, Ca.], © 200–2014 Stephen Follows. – URL: <http://stephenfollows.com/how-many-people-work-on-a-hollywood-film/>, free. – Tit. from the screen (usage date: 31.05.2014).