Николай Махутов, Вячеслав Филин, Григорий Волохов, Сергей Гордеев

Проблемы бионетики, бионики и кибернетики

Махутов Николай Андреевич —
руководитель рабочей группы при президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности «Риск и безопасность», член-корреспондент РАН.

Филин Вячеслав Михайлович —
советник президента ОАО «РКК „Энергия“ им. С.П. Королева», доктор технических наук, профессор, заслуженный конструктор РФ.

Волохов Григорий Михайлович —
заведующий отделением динамики и прочности ОАО «ВНИКТИ», доктор технических наук.

Гордеев Сергей Васильевич —
генеральный директор ООО «Бионетика», кандидат технических наук.

Nikolai A. Makhutov —
“Risk and Security” working group under the RAS President for risk and security problems analysis.

Vyacheslav M. Filin —
S.P. Korolev Rocket and Space Corporation Energia.

Grigorii M. Volokhov —
Department of Dynamics and Strength of materials at VNIKTI JSC.

Sergei V. Gordeev —
Bionetica CJSC.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 14-19-00776-П.

УДК 004.8

Бионетика — это новая наука о природе виртуальной действительности, находящаяся на стыке четырех наук: психологии, философии, генетики и кибернетики. Быстрое развитие Интернета и компьютерных технологий способствовало созданию огромного виртуального мира, в котором многие люди проводят значительную часть времени. Это часть современной жизни, которая существует независимо от нашего отношения к ней. Игнорировать виртуальный мир невозможно. Поэтому нужно его осваивать и правильно использовать.

Ключевые слова
Бионетика, виртуальный мир, компьютерные технологии, новая наука, Интернет.

БИОНЕТИКА
BIONETICS

Бионетика — это новая наука о природе виртуальной действительности. Бионетика находится на стыке четырех наук: психологии, философии, генетики и кибернетики. Быстрое развитие Интернета и компьютерных технологий способствовало созданию огромного виртуального мира, в котором многие люди проводят значительную часть времени. В этом мире все по-другому. Там нет болезней и нет плохой погоды. Там очень комфортно. Поэтому люди туда стремятся. Находясь в виртуальном пространстве, можно общаться с интересными людьми и путешествовать по всему миру, мгновенно перемещаясь на тысячи километров.

Problems of Bionetics, Bionics and Cybernetics

Bionetics is a new science about the nature of virtual reality, it is at the junction of four sciences: psychology, philosophy, genetics and cybernetics. Rapid development of the Internet and computer technologies has contributed to creation of a huge virtual world where many people pass a lot of time. This is part of modern life, which exists independently of our attitude towards it. It is impossible to ignore the virtual world. That's why we need to learn it and to use it correctly.

Keywords
Bionetics, the virtual world, computer technologies, a new science, the Internet.

Николай Махутов, Вячеслав Филин, Григорий Волохов, Сергей Гордеев

В этом мире все равны, и каждый может найти свое место. Поэтому, чтобы уйти от насущных проблем, современные люди значительную часть времени проводят именно в виртуальном пространстве. Хорошо это или плохо? Ни хорошо, ни плохо. Это часть современной жизни, которая существует независимо от нашего отношения к ней. Игнорировать виртуальный мир невозможно. Поэтому нужно его осваивать и правильно использовать.

История

Свое название наука бионетика получила в честь древнегреческого математика и астронома Биона из Абдеры (Βίων ὁ Ἀβδηρίτης, V в. до н.э.), который две с половиной тысячи лет назад впервые сформулировал идею о наличии виртуального параллельного мира, который в наше время называется киберпространством [1]. Его соотечественник Диоген Лаэртский (IV в. до н.э.) писал, что Бион был учеником Демокрита и он утверждал, что «на Земле есть такие места, где шесть месяцев длится ночь и шесть месяцев — день» [2]. В древние времена Интернета не было, и виртуальные миры находились в глубине человеческого сознания. Мечтая о чем-то, человек освобождался от переживаний. Именно благодаря мечтам жизнь во все времена приобретала цель и определенный смысл. Буддисты придумали красивую легенду, согласно которой «высоко в Гималаях существует райская страна Шамбала. Там всегда светит солнце и никогда не бывает плохой погоды. В этой стране живут красивые сильные люди. Они живут долго и счастливо. Но попасть в прекрасную Шамбалу может только тот, кто постиг сокровенную глубину Великого учения. Остальные ее не заметят и пройдут мимо». Эта старинная легенда достаточно точно описывает счастливый виртуальный мир, в который современный человек может попасть не только через свои мысли, но и с помощью компьютера. Здесь нужно отметить, что виртуальный мир — это не «парк аттракционов». Это особое жизненное пространство и огромная база данных, которая все время пополняется новой информацией.

Современные компьютерные технологии развиваются стремительно, и скоро наступит время, когда из обычного инструмента, управляемого человеком, компьютер превратится в полноценного партнера и умного помощника. Более того, современный компьютер может обеспечить человеку бессмертие, навечно сохранив его сущность, знания и характер в виртуальном пространстве.

Главная цель бионетики — создание новых средств взаимодействия человека и электронной машины, которые позволят не только получать любую информацию, но и записывать свои знания или эмоции, превращая компьютер в подобие себя. Чтобы понять, для чего это нужно и как это сделать, рассмотрим несколько понятий, составляющих основу новой науки.

Для начала отметим, что бионетика — это не бионика. Несмотря на лингвистическое подобие этих терминов, между ними есть ряд принципиальных различий. Слово «бионика» происходит от греческого βίον (жизнь). Бионика — одно из направлений биологии и кибернетики [3], она создает машины, копируя живые организмы. Например, наблюдая движения паука, можно создать членистоногий вездеход, похожий на этого паука. Если простые устройства сделать можно, то при попытках создать более сложные аналоги живых организмов, как правило, возникают непреодолимые трудности. Например, современные технологии не позволяют повторить нейронную структуру мозга человека

и научить этот искусственный мозг самостоятельно мыслить. Поэтому здесь бионика бесполезна [4]. В этом случае используется бионетика, которая позволяет не тратить время на бесполезные попытки скопировать мозг человека, а использует уже существующие компьютерные технологии для создания электронного аналога человеческого сознания. Современные технологии дают возможность перенести в компьютер логику, жизненный опыт и знания практически любого человека. Более того, в компьютере можно создать самостоятельную виртуальную модель личности человека, которая будет самостоятельно жить и развиваться даже после смерти своего создателя [5].

Главное предназначение бионетики — освоение виртуального пространства. Виртуальное пространство можно сравнить с новым континентом, который был открыт благодаря изобретению Интернета. Этот континент обладает несметными богатствами и уникальными возможностями, которые надо научиться правильно использовать. В отличие от земных континентов, открытых средневековыми мореплавателями, киберпространство нельзя заселить обычными людьми (колонистами). Для освоения этого пространства нужно создать общество особых виртуальных людей, которые были бы не хуже настоящих. Такие виртуальные люди должны уметь думать и принимать самостоятельные решения. Тогда виртуальный мир сможет сам активно развиваться и приносить людям максимальную пользу.

Если проследить историю развития человечества, можно заметить одну интересную особенность. Главным двигателем развития всей человеческой цивилизации является изобретение различных способов передачи информации. Древний человек начал быстро умнеть только тогда, когда научился говорить и голосом передавал полезную информацию другим людям.

Как и в любом мире, в виртуальном пространстве появятся свои высокоразвитые существа, которые будут самостоятельно развиваться, копить знания, создавать новые технологии.

Человек стал разумным только тогда, когда научился передавать и воспринимать информацию. При помощи устной речи наши предки делились опытом и совместными усилиями улучшали свой быт [6]. Когда информации стало больше, люди изобрели письменность и смогли передавать информацию не только своим соплеменникам, но и многим поколениям потомков. Благодаря письменности они создали великие литературные произведения, стали записывать исторические события и развивать науки. Потом появились фотография и кино. Люди научились сохранять изображения своих предков и снимать документальные фильмы о различных событиях. Но информации стало еще больше, и люди изобрели Интернет. Это не просто удобный способ передачи информации. Интернет — это безграничная копилка знаний в особом виртуальном мире, который очень быстро развивается, приобретая структуру отдельной высокоразвитой цивилизации [7].

В виртуальном пространстве можно создать целую высокоразвитую цивилизацию, которая будет развиваться значительно быстрее, чем наша. Виртуальные ученые этой цивилизации будут самостоятельно общаться между собой, передавая друг другу знания и объединяя творческие усилия в случае необходимости. Киберпространство — это искусственный параллельный мир, который создали люди. В поисках внеземных цивилизаций не обязательно отправлять дорогостоящие экспедиции в далекий космос. Можно создать настоящую «внеземную цивилизацию» внутри своего собственного компьютера, организовать там научную работу и регулярно получать оттуда настоящие внеземные технологии.

Виртуальный мир — это особое жизненное пространство и огромная база данных, которая все время пополняется новой информацией.

Вечная жизнь в киберпространстве. Отличие электронного разума, внедренного в Интернет, от простой информации в том, что электронный разум — это самостоятельная виртуальная личность, в которой содержатся не только знания, но и логика мышления определенного человека. Такая виртуальная личность может «жить» вечно внутри огромного кибернетического пространства, самостоятельно общаться как с живыми людьми, так и с такими же кибернетическими существами. Например, если бы Пушкин жил в наше время, то можно было бы еще при жизни поэта создать его виртуального двойника, и он не только писал бы новые стихи, но и мог бы говорить со своими поклонниками на любые темы. Представим, сколько нового мог бы сотворить виртуальный двойник великого поэта!

Экономические преимущества и перспективы. Творческий человек всю жизнь учится, чтобы в зрелом возрасте каким-то образом проявить свои таланты. Иногда время жизни тратится очень нерационально. Например, Пифагор в 18-летнем возрасте покинул родной остров Самос и, объехав мудрецов в разных краях, добрался до Египта, где пробыл 22 года, пока его не увел в Вавилон в числе пленников персидский царь Камбиз, завоевавший Египет в 525 до н.э. В Вавилоне Пифагор пробыл еще 12 лет, общаясь с магами, пока, наконец, в 56-летнем возрасте не смог вернуться на Самос, где соотечественники признали его мудрым человеком [8]. Всю жизнь Пифагор учился и только в конце жизни смог заняться научной деятельностью. К сожалению, после смерти все таланты человека безвозвратно теряются. Новые поколения ученых повторяют творческий путь своих предшественников — опять очень долго учатся с нуля, чтобы в зрелом возрасте достигнуть определенного уровня знаний и продолжить исследования своих предков. Трудно представить, сколько времени и финансовых средств можно было бы сэкономить, если бы удалось найти способ не прекращать творчество талантливого человека даже после его смерти [9]. Вечное творчество — это не волшебный рецепт вечной жизни, а реальная возможность, которую дают современные технологии. Создавая бионетику, авторы этой статьи систематизировали существующие знания о виртуальном пространстве и искусственном интеллекте. Наши исследования доказывают, что вечная разумная жизнь в киберпространстве возможна!

Философский вопрос об устройстве Вселенной. Если человек может создать подобие себя в виртуальном пространстве, значит, для созданного виртуального разумного существа он — Бог (Создатель). Развивая виртуальное пространство для своей экономической выгоды, человек способен заселить его виртуальными разумными существами, которые могут самостоятельно размножаться, развивать науки и новые технологии. Потом наступит время, когда созданные людьми виртуальные существа изобретут свой собственный Интернет и, в свою очередь, заселят его своими собственными виртуальными существами. Таким образом, разумная жизнь может перемещаться из одного пространства в другое, заселяя пустоту новыми знаниями, мыслями и идеями. Очевидно, наша Вселенная имеет бесчисленное количество миров, которые находятся в одном общем пространстве, но располагаются на разных уровнях.

Бионетика позволяет по-новому взглянуть на природу разума и устройство Вселенной, понять смысл земной жизни и источник ее происхождения.

Любая теория имеет смысл только в том случае, если ее можно осуществить на практике. Каким образом можно перенести в компьютер личность человека, создав подобие виртуального разумного существа, которое имеет такую же логику мышления, как и живой человек? Это возможно, если найти способ перевода эмоций и других параметров личности человека в цифровой вид. Чтобы проверить предположение о возможности измерения эмоций в цифровом виде, было создано электронное устройство, показанное на *рис. 1*.

В этом устройстве все измерения осуществляются автоматически. На экран выводятся текущие показатели эмоций человека, которые можно записать и использовать для создания виртуальной личности. При помощи этого устройства был исследован голос Фрэнка Синатры. В течение трех минут было получено подробное текстовое описание эмоций певца во время исполнения его знаменитой песни *My way* (*рис. 2*), которая была записана более 40 лет назад!

Как известно, звук является важнейшим источником информации. Для общения мы используем голос. По тембру голоса можно оценить не только настроение любого человека, но и особенности его характера [10]. Например, текстовый отчет об эмоциях Фрэнка Синатры (см. *рис. 2*) содержит более 30 психологических характеристик. Все перечисленные характеристики были получены путем вычисления динамических трендов спектра голоса, которые являются производными расчетных параметров классического преобразования Фурье [11].

Для автоматизированной обработки больших объемов исходной информации предлагается использовать доработанный метод спектрального анализа, основой которого является классическое преобразование Фурье. Новизна предлагаемого метода заключается в том, что спектральный анализ, осуществляемый методом Фурье, дополнен новым алгоритмом математической обработки конечных спектрально-статистических характеристик, позволяющим осуществлять сравнительный анализ любых сложных многомерных процессов в реальном времени. Новый метод реализуется путем вычисления динамических трендов спектральных характеристик, полученных в различных системах координат. В предлагаемом методе впервые вводится понятие «динамический тренд». Данный тренд показывает степень отклонения характеристик наблюдаемого процесса от определенного уровня или эталона. Использование динамических трендов для сравнительного анализа позволяет не только строить модели очень сложных процессов, но и наблюдать изменения этих процессов в реальном времени. Кроме того, предлагаемый метод дает возможность полностью автоматизировать процесс сравнительного анализа результатов различных измерений, то есть создавать устройства, которые способны «думать» за оператора, освобождая человека от рутинной умственной работы.

Рисунок 1

Компактное измерительное устройство для цифровой оценки эмоций человека

Рисунок 2

Анализ эмоций голоса Фрэнка Синатры

Преобразование Фурье — это операция сопоставления одной функции вещественной переменной с другой функцией вещественной переменной [12]. Данная функция описывает процесс разложения исходной функции на элементарные составляющие — гармонические колебания с фиксированными частотами (подобно тому, как любой сложный музыкальный аккорд может быть разложен на отдельные ноты). Основная формула имеет вид:

$$\hat{f}(\omega)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-ix\omega}dx,$$

где $\hat{f}(\omega)$ — производная функции вещественной переменной;

$f(x)$ — текущая функция;

Рисунок 3

Частотный спектр на экране измерительного устройства

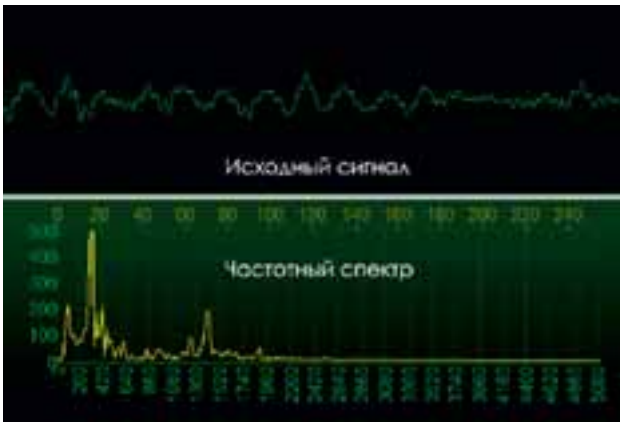
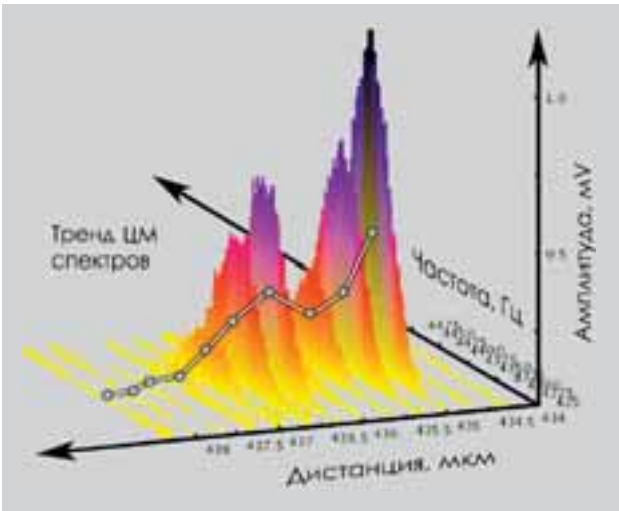


Рисунок 4

Схема построения динамического тренда центров масс (ЦМ) объемного ЗП-спектра



> Вечное творчество — это не волшебный рецепт вечной жизни, а реальная возможность, которую дают современные технологии.

$-ix\omega$ — скалярное произведение векторов пространства (осей координат) с коэффициентом i.

Главной проблемой спектрального анализа является не точность измерений, а сложность интерпретации получаемых результатов [13]. На *рис. 3* показан частотный спектр, полученный на экране электронного измерительного устройства (спектроанализатора). Исследования такого спектра обычно напоминают гадание на кофейной гуще, поскольку соотношение вершин спектра и их расположение могут быть весьма сложными. Для оценки такого процесса, как правило, требуется большой личный опыт и очень развитая интуиция. Поэтому спектральный анализ, несмотря на его высокую точность, применяется в основном в лабораторных условиях для научных экспериментов.

Теперь представим, что мы исследуем более сложный процесс, в результате измерений которого получен объемный ЗП-спектр, представленный на *рис. 4*. Например, такой набор спектров может быть получен, если исследовать несколько точек, отдаленных друг от друга на некоторое расстояние. Если в каждой точке измерения проводить не только на поверхности, но и на глубине, то можно получить более сложный набор спектров в четырехмерной (4D) системе координат [14]. Теоретически можно усложнять эксперименты до бесконечности, создавая многомерные системы результатов измерений любого уровня. Но такие многомерные системы могут иметь практическое значение только в том случае, если результаты отдельных экспериментов удастся объединить в некую единую характеристику, которая отражала бы все основные свойства изучаемого объекта.

Для расчета плоских динамических трендов (*Тр*) получены следующие соотношения:

Рисунок 5

Три режима работы демонстратора: I — измерение эмоций; II — измерение техногенных шумов; III — составление текстовых отчетов по результатам измерений

$$Tp = \left[(P_n - P_1) / P_n \right] \times 100\% \quad \text{при } P_n > P_1$$
$$Tp = \left[(P_1 - P_n) / P_1 \right] \times 100\% \quad \text{при } P_n < P_1,$$
$$Tp = 0 \quad \text{при } P_n = P_1$$

где P_1 и P_n — средние уровни сигнала в первом и последнем циклах измерений. Первый цикл является базовым эталоном в автоматически настраиваемой системе.

В новой системе отображения информации текущие характеристики исследуемого процесса представлены в виде набора подвижных индикаторов, показывающих текущие значения одновременно четырех групп статистических характеристик. Здесь следует отметить, что используемый метод измерений является универсальным и одинаково хорошо подходит как для измерений эмоций (см. *рис. 2*), так и для анализа технических шумов (*рис. 5*).

Создавая в Интернете своего виртуального двойника, человек для начала может обучить его всему, что знает сам, то есть сотворить подобие себя. При этом в программе двойника могут быть предусмотрены специальные настройки, при помощи которых можно «подкорректировать» виртуальную личность, убрав некоторые недостатки реального человека. Для более эффективного общения можно создать анимированный портрет виртуального человека, который будет общаться с собеседником через экран компьютера, используя естественную мимику и жесты, примерно так, как это показано на *рис. 6*.

Одним из направлений дальнейшего развития бионетики является создание измерительной техники нового поколения. На

Рисунок 6

Виртуальный двойник может общаться через экран монитора, имея мимику и жесты

Рисунок 7

Универсальная измерительная система «ЭКСПЕРТ», использующая элементы искусственного интеллекта

Рисунок 8

«Говорящее» измерительное устройство, передающее информацию через Интернет

рис. 7 показан внешний вид измерительного устройства, в котором используются описанные выше элементы искусственного интеллекта.

Очень перспективным направлением развития измерительной техники является создание сверхкомпактных измерительных устройств, которые могут вводить информацию прямо в Интернет через *Wi-Fi* или сотовую связь. Пример такого устройства показан на *рис. 8*. Характерной особенностью сверхкомпактных устройств является отсутствие монитора. Результаты измерений озвучиваются голосом, который автоматически генерирует данное устройство. При необходимости результаты измерений можно увидеть на экране компьютера, соединенного с измерительным устройством через Интернет.

Подводя итог, можно отметить, что бионетика дает новые возможности для развития целого ряда новых уникальных технологий. Эффективное использование виртуального пространства позволяет получить уникальные возможности не только для развития новых технологий, но и для создания принципиально новой концепции сохранения и передачи любой информации. Согласно этой концепции, передачу информации можно осуществлять не только в виде текстов или изображений, но и в виде дополнительных параметров логики автора или первоисточника.

Бионетика является естественным продолжением развития информационных технологий. Используя современные технологии, можно научить компьютер мыслить так, как мыслит источник информации. Это в свою очередь позволит создать не просто искусствен-

References

1. *Diogen Laertskiy. Zhizn', uchenie i izrecheniya muzhey, proslavivshikhsya v filosofii* [Diogenes of Laertius. Life, Teachings and Sayings of Men Who Became Famous in Philosophy]. Revel', 1898.
2. *Diogen Laertskiy. O zhizni, ucheniyakh i izrecheniyakh znamenitykh filosofov* [Diogenes of Laertius. On the Life, Teachings and Sayings of the Famous Philosophers]. Seriya "Filosofskoe nasledie". Moscow, Mysl', 1979.
3. *Voprosy bioniki* [The Questions of Bionics].Sbornik statey. Moscow, 1967.
4. Brannes S.N., Svechinskiy V.B. *Problemy neyrokibernetiki i neyrobioniki* [Problems of Neurocybernetics and Neurobionics]. Moscow, 1968.
5. Emel'yanov V.V., Kureychik V.V., Kureychik V.N. *Teoriya i praktika evolyutsionnogo modelirovaniya* [Theory and Practice of Evolutionary Modeling]. Moscow, Fizmatlit, 2003.
6. Lakhmi C. Jain, Martin N.M. *Fusion of Neural Networks, Fuzzy Systems and Genetic Algorithms: Industrial Applications*. CRC Press, CRC Press LLC, 1998.

ный интеллект, а электронного двойника конкретного человека. Сообщества электронных двойников талантливых людей, находящихся в виртуальном пространстве, способны стать основой высокоразвитой виртуальной цивилизации будущего.

ПЭС 17109 / 07.08.2017

Источники

1. Диоген Лаэртский. Жизнь, учение и изречения мужей, прославившихся в философии / Пер. Е. Шмидт-фон-дер-Лауниц. Ревель, 1898.

2. Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов / Пер. и прим. М.Л. Гаспарова; Общ. ред. и вступ. ст. А.Ф. Лосева. (Серия «Философское наследие»). М.: Мысль, 1979.

3. Вопросы бионики: Сб. статей / Отв. ред. М.Г. Гаазе-Рапопорт. М., 1967.

4. Браннес С.Н., Свечинский В.Б. Проблемы нейрокибернетики и нейробионики. М., 1968.

5. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.Н. Теория и практика эволюционного моделирования. М.: Физматлит, 2003.

6. Lakhmi C. Jain, Martin N.M. Fusion of Neural Networks, Fuzzy Systems and Genetic Algorithms: Industrial Applications. CRC Press, CRC Press LLC, 1998.

7. Любарский Г.Ю. Архетип, стиль и ранг в биологической систематике // Труды Зоологического музея МГУ. 1996. Т. 35.

8. Леонтьев А.В. К вопросу об образе Пифагора в античной традиции VI–V веков до н.э.: В кн.: Мнемон. Исследования и публикации по истории Античного мира / Под ред. проф. Э.Д. Фролова. Вып. 3. Санкт-Петербург, 2004.

9. Грау О. Виртуальное искусство: от иллюзии к погружению. MIT-Press, Кембридж, 2003.

10. Радзишевский А.Ю. Основы аналогового и цифрового звука. М.: Вильямс, 2006.

11. Титчмарш Э.Ч. Введение в теорию интегралов Фурье / Пер. с англ. Д.А. Райкова. М. – Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948.

12. Prestini E. The Evolution of Applied Harmonic Analysis: Models of the Real World. Birkhäuser, 2004.

13. Тарасов К.И. Спектральные приборы. Л.: Машиностроение, 1968.

14. Kirchhoff G., Bunsen R. Chemical Analysis by Observation of Spectra. Engl. translation from Annalen der Physik und der Chemie (Poggendorff), 1860.

7. Lyubarskiy G.Yu. Arkhetip, stil' i rang v biologicheskoy sistematike [Archetype, Style and Rank in Biological Taxonomy]. *Trudy Zoologicheskogo muzeya MGU*, 1996, tom 35.

8. Leont'ev A.V. *K voprosu ob obraze Pifagora v antichnoy traditsii VI–V vekov do n.e.* [On the Question of Pythagoras' Image in the Ancient Tradition of the VI-V Centuries BC.]. V kn.: Mnemon. Issledovaniya i publikatsii po istorii Antichnogo mira [Mnemon. Studies and Publications on the History of the Ancient World]. Vyp. 3. Saint Petersburg, 2004.

9. Grau O. *Virtual'noe iskusstvo: ot illyuzii k pogruzheniyu* [Virtual Art: From Illusion to Immersion]. MIT-Press, Cambridge, 2003.

10. Radzishevskiy A.Yu. *Osnovy analogovogo i tsifrovogo zvuka* [Basics of Analog and Digital Sound]. Moscow, Vil'yams, 2006.

11. Titchmarsh E.Ch. *Vvedenie v teoriyu integralov Fur'e* [Introduction to Fourier's Theory of Integrals]. Moscow – Leningrad, Gosudarstvennoe izdatel'stvo tekhniko-teoreticheskoy literatury, 1948.

12. Prestini E. *The Evolution of Applied Harmonic Analysis: Models of the Real World*. Birkh user, 2004.

13. Tarasov K.I. *Spektral'nye pribory* [Spectral Devices]. Leningrad, Mashinostroenie, 1968.

14. Kirchhoff G., Bunsen R. *Chemical Analysis by Observation of Spectra*. Engl. translation from Annalen der Physik und der Chemie (Poggendorff), 1860.