

**НАУЧНАЯ МЫСЛЬ**

*С.О. Крамаров, В.В. Храмов,  
Е.В. Гребенюк, А.А. Бочаров*

**ОСНОВЫ  
ЭРГОТЕХНИЧЕСКОГО ПОДХОДА  
К ФОРМИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОННОЙ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

**МОНОГРАФИЯ**

Москва  
РИОР

УДК 681.3.06(07) + 06  
ББК 32.844я73  
О-75

ФЗ  
№ 436-ФЗ

Издание не подлежит маркировке  
в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11

Авторы:

*Крамаров С.О.* — доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ «Южный федеральный университет» (Ростов-на-Дону);

*Храмов В.В.* — кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)» (Ростов-на-Дону);

*Гребенюк Е.В.* — аспирант, БУ ВО «Сургутский государственный университет»;

*Бочаров А.А.* — аспирант, ЧОУ ВО «Южный университет (ИУБиП)»

Рецензенты:

*Соколов С.В.* — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО СКФ МТУСИ (Ростов-на-Дону);

*Тёмкин И.О.* — доктор технических наук, профессор, НИТУ «МИСИС» (Москва)

**О-75 Основы эрготехнического подхода к формированию электронной образовательной среды** : коллективная монография / С.О. Крамаров, В.В. Храмов, Е.В. Гребенюк, А.А. Бочаров. — Москва : РИОР, 2021. — 160 с. — (Научная мысль). — DOI: <https://doi.org/10.29039/02086-9>

ISBN 978-5-369-02086-9

В монографии рассмотрены проблемы анализа и синтеза электронной информационно-обучающей среды как эргатической системы. Рассмотрены вопросы создания, развития и оценки таких систем, а также информационное сопровождение процесса построения и применения искусственного интеллекта, в том числе и при защите информации. В монографии приводятся теоретические обоснования исследований информационных объектов, где раскрывается механизм построения математической модели учебного процесса в вузе и объясняется понимание системы образования как системы систем, а также информационных процессов, связанных с этим. Приведенные в монографии исследования являются основой для создания новых и эффективных роботизированных организационных и организационно-технических систем в образовании.

Монография предназначена для научных и педагогических работников, аспирантов, магистрантов и инженеров, специализирующихся в области управления образовательными направлениями, включая интеллектуально-адаптивное управление сложными робототехническими системами.

УДК 681.3.06(07) + 06  
ББК 32.844я73

© Крамаров С.О.,  
Храмов В.В.,  
Гребенюк Е.В.,  
Бочаров А.А.

ISBN 978-5-369-02086-9

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

---

---

АГС	— антропогенные системы;
АС	— автоматизированная система;
ВС	— вычислительная система;
ВТ	— вычислительная техника;
ИМ	— информационный массив;
ИО	— информационный объект;
ИП	— информационное поле;
ИПИТ	— инфологический подход к информационным технологиям;
ИС	— информационная система;
ЛПР	— лицо, принимающее решение;
ОУ	— образовательное учреждение;
ПО	— программное обеспечение;
ПС	— программное средство;
РПС	— разрушающее программное средство;
САПР	— система автоматизированного проектирования;
СДО	— система дистанционного образования;
СЗИ	— средства защиты информации;
ТЗ	— техническое задание;
ФП	— функциональное преобразование;
ЭИОС	— электронная информационно-обучающая среда;
ЭТС	— эрготехническая система.

## ВВЕДЕНИЕ

---

---

Информационный подход при анализе и синтезе сложных систем, функционирующих на основе физических эффектов и информационных технологий обработки данных, позволяет с равноправных позиций рассматривать все естественные и искусственные (антропогенные) системы. Это обстоятельство, безусловно, объединяет между собой различные области знания — от социологии до физики.

Данный подход основан на применении общих структурных механизмов ориентации на человека-пользователя и на соответствии основным целям и принципам архитектуры объекта, т.е. на таком уровне решения информационных задач, который позволяет с позиции целесообразности (сообразно целям функционирования сложных объектов), не отвлекаясь на детали, определяемые условиями их существования, выявить (или распознать) общую информационную структуру объекта.

Особое место среди сложных систем занимают эргатические (эргодинамические) системы, основными, определяющими компонентами которых являются люди. С учетом того, что современные эргатические системы (ЭС) включают в себя искусственные, созданные человеком компоненты, являющиеся зачастую продуктами интеллектуального труда, учет влияния «человеческого фактора» становится необходимостью. Такие системы характеризуются принципиальной нечеткостью, нелинейностью, целенаправленностью и открытостью (А.И. Губинский, Г.В. Дружинин, В.А. Острейковский). Следовательно, только учет фундаментальных законов открытых систем и анализ общесистемных свойств позволяет строить адекватные модели ЭС, проводить их эффективное исследование и эксплуатацию.

Окружающий человека мир заполнен эргатическими системами, которые можно классифицировать по самым разным признакам. Каждый вид эргатических систем имеет свои особенности, создается и функционирует по своим правилам и закономерностям, реализует различные требования к режимам работы и эффективности. От качества функционирования некоторых из них может существенно зависеть

благополучие, здоровье и даже жизнь людей. К ним относятся эргосистемы в Вооруженных силах, на стратегических видах транспорта, в ряде отраслей оборонной, атомной, химической промышленности и т.п., а также в сферах информационного противостояния, получивших в ряде научных изданий название критических. Системы требований и ограничений, принятые в этих эргатических электронно-информационных обучающих средах (ЭИОС), диктуют выбор особой методологии для их описания, анализа и синтеза.

В настоящее время общепризнано (В.А. Острейковский), что в ЭТС с увеличением числа элементов и связей увеличивается и число исходных ситуаций, приводящих к «нештатным ситуациям», авариям и катастрофам. Системы защиты от них сами становятся сложными системами, характеризующимися взаимосвязанностью, взаимозависимостью и иерархичностью систем регулирования и управления, наличием оперативного персонала в контуре управления.

Бесконечное разнообразие конкретных решений информационных задач может быть достаточно полно представлено таким их конечным набором, который получается в результате применения нескольких фундаментальных принципов и позволяет классифицировать и формализовать исследуемые информационные объекты (ИО).

В самом общем случае все системы обладают общими закономерностями, которые «порождают два вида процессов: а) упорядочение и самоорганизацию и б) дезорганизацию систем. Если эти процессы уравновешивают друг друга, то система становится стабильной» [1].

При этом «под самоорганизацией понимается спонтанное возникновение и развитие структур, а под дезорганизацией — их разрушение. Данное определение получило наибольшее распространение в современной научной литературе. Законы самоорганизации и дезорганизации систем изучает наука, которая называется синергетикой» [2].

В концептуальной основе синергетики лежит так называемое свойство «эмерджентности», при котором у системы имеются свойства, отсутствующие у каждой из ее частей, взятых по отдельности [2]. «При этом имеется в виду, что если мы знаем свойства каждой части, то исходя только из этого знания, нам не удастся предсказать всех свойств системы, образованной этими частями. Однако четкого представления о механизме возникновения и закономерностях развития системных свойств до сих пор не существует. В самой синергетике высказывания по этой проблеме (в рамках нелинейной динамики) носят характер интуитивной гипотезы об особой роли аттракторов, задающих самоорганизующий режим поведения» [1].

Применительно к ЭИОС этот режим способен обеспечить повышение безопасности (самозащищенности) и эффективности функционирования. Комплекс свойств самоорганизации и самозащищенности ЭТС определяется их способностью целесообразной адаптации к изменяющимся условиям при нарушении нормальной эксплуатации и деградации самих эргасистем.

В работах И. Пригожина, И. Стингерс, Д.К. Чернавского и др. выявлена фундаментальная роль флуктуаций в реализации процедур самоорганизации сложных систем. Эти исследования дают возможность сформировать единую научную основу моделирования адаптации (целесообразного реконфигурирования) различных по назначению и структуре ЭТС и их компонентов. При этом важно обосновать и вывести параметр управления адаптивностью, который должен:

- учитывать особенности ЭТС (цели, области применения и т.п.);
- «чувствовать» динамику процессов самоорганизации в ЭТС;
- отражать влияние разнородных факторов на функционирование ЭТС: отказов оборудования, ошибок персонала, нарушения нормальной (штатной) эксплуатации.

Очевидно, что для сложных систем этот параметр необязательно должен быть физически измеряемым и скалярным, но может быть реализован в виде некоторой модели (формулы, алгоритма, таблицы, структуры, графа и т.д.).

Информология задач анализа проектирования средств получения, обработки и защиты информации может изучаться и развиваться на разных уровнях обобщения и детализации. В настоящей работе увязаны различные ее методы при описании, трансформировании и реализации (использовании) информационных объектов.

На основе анализа известных информационных теорий и предложенной автором концептуальной модели информационного объекта приведена систематизация стратегий анализа ИО, признаками которой являются организация процесса восприятия (получения, выявления и т.п.) информации при решении задач распознавания ИО и соответствующие им типовые концептуальные модели. При этом процесс анализа и синтеза рассматривается как общая информационная технология. Представление о системах получения, преобразования и защиты информации, предлагаемое существующие современные интеллектуальные технологии обработки данных позволили с единых позиций рассмотреть разнообразные естественные и искусственные информационные объекты — от системы образования до систем обеспечения безопасности информации.

Предметом данной монографии является совокупность методов и средств, последовательное использование которых обеспечивает формализацию информационных отношений в автоматизированных (в том числе и обучающих) системах, разработку на этой основе логической и физической структур информационных объектов и их носителей, выявление необходимого принципа действия и конструкции средств получения, целесобразного преобразования, интерпретации и защиты информации.

Одна из задач работы состоит в обобщении теоретических представлений об информации и информационных объектах и создании комплексов ИО, включающих многие разнородные элементы, существование которых хотя и описывается различным образом, но подчинено общим законам.

Применительно к стоящей в работе задаче основной теории ЭИОС являются три основных компонента:

1. Представление области исследования в виде самых общих понятий, определяющих общие элементы и иерархическое взаимодействие между ними.
2. Методы и/или средства представления знаний об эргасистемах или совокупности этих знаний. К этой области относятся систематизация общих формализмов, используемых в настоящее время для представления знаний о различных структурированных информационных объектах, общие правила представления этих знаний, правила обращения с ними и правила извлечения новых знаний.
3. Методология (совокупность согласованных методов), позволяющая решать традиционные задачи, стоящие в теории информационного представления объектов эргасистем и их синтеза.

Отсюда следует, что, базируясь на общей теории систем, теориях нечетких множеств, принятия решений, исследования операций, искусственного интеллекта и на тех возможностях, которые дает современная техника, этот подход позволяет в наименьшей степени учитывать физическую природу элементов, образующих эргасистему, в гораздо большей степени уделяя внимание информационным отношениям между ними.

И хотя такая инвариантная теория ограничена тем, что не всегда позволяет напрямую решать какие-то практические задачи, ее эффективность приводит к тому, что изучение информационных структур (инфоструктур) позволяет переносить накопленные знания и методы

из одной области в другую, тем самым ускоряя решение практических задач, позволяя не только выбирать наиболее рациональные правильные инфоструктуры систем, но и создавать общие методы решения задач в различных областях. При этом этап изучения общих свойств ЭТС, методы анализа и синтеза в различных сложных технических объектах эргасистем, выбранный при этом методологический аппарат — это общее положение информологии и методов искусственного интеллекта, а совокупность методов — различные приемы, связанные с представлением и обработкой знаний по конкретным информационным объектам.

Практическое применение этих методов мыслится в сравнении различных структур систем, осуществлении анализа, представлении общих методов решения задач синтеза, определении стратегии синтеза и создании определенной базы некоторой общей теории построения систем анализа (синтеза) сложных объектов.

Для демонстрации основных результатов работы, выводов и предлагаемых направлений их использования специально выбраны такие разнородные объекты и процессы, которыми являются синтез ЭТС получения информации, анализ и синтез компонентов систем поддержки образовательного процесса, а также создание и анализ сугубо информационных объектов, которыми являются программные средства защиты информации (СЗИ). При этом необходимо отметить, что звенья ЭС, в которых явно присутствует человек (эргаматы) характерны для первых двух типов систем. В СЗИ же человек в большей степени присутствует через продукты его интеллектуального труда — программные средства.

Таким образом, предметом исследования являются как сами информационные объекты, о которых говорилось, так и информационная технология анализа и синтеза этих объектов, т.е. те общие правила и закономерности, по которым, рационально опираясь на современные возможности техники, можно создавать соответствующие ЭТС в интересах самых различных областей.

Анализируемые системы, таким образом, систематизированы и определяются при дальнейшем рассмотрении не по типам элементов, из которых они образуются как элементы отдельных преобразований (конструктивные элементы, элементы модулей программ и т.д.), а по типу информационных отношений, связывающих эти элементы. Такой переход, с одной стороны, позволяет представлять в общем вариантном виде более широкие классы информационных элементов, с другой — этот же подход позволяет выделить тот тип операций, ко-

торый возможен над формальными информационными структурами, представляющими теорию этих элементов. Такой подход позволяет перечислить то множество операций, которые возможны над элементами, образующими объекты, что закладывает базу для формального решения задач синтеза компонентов эргасистем.

Предметная область, исследуемый объект являются упорядоченной парой множеств. Первый элемент этой пары — это тип элементов (атомов), осуществляющий функциональное преобразование, либо тип, представляющий практическую конструктивную реализацию того, что осуществляет это функциональное преобразование. Второй элемент пары — это та структура отношений, которая между ними установлена. Отношения между ними могут быть трех типов. Первый — между ними нет никаких отношений, т.е. они представляют собой список, перечень; второй — если они связаны последовательным или параллельным соединением по некоторой потоковой системе; третий — когда они представляют собой иерархическую систему отношений первого или второго типа.

Предлагаемый в данной работе информологический подход к технологии создания сложных объектов основан на применении общих структурных и информационных механизмов представления исследуемого объекта, набора операций, осуществляемых на этих формализмах, и методов сравнения альтернатив. Делается акцент на использовании внутрисистемных свойств самоорганизации (самозащищенности, саморегулирования и т.п.), приводящих либо к исключению «нештатных» ситуаций, либо к ослаблению их последствий, что делает данные исследования особенно актуальными для современных отечественных ЭИОС.

В монографии обсуждается проблема теоретического обоснования единых методов информационного моделирования и процесса анализа и синтеза физических и информационных объектов, что может рассматриваться как попытка построения основных положений и принципов теории анализа и синтеза.

При написании работы были выделены основные цели:

- обоснование определяющей роли информационного воздействия внешней среды в процессах целенаправленного образования и поддержания структур для ЭИОС;
- «создание общей концепции самоорганизации и стабилизации эргасистем, включающей качественное и количественное описание универсальных закономерностей возникновения системных свойств» [1].

Для достижения этих целей решались следующие основные задачи:

- выбор понятийного аппарата информационных объектов (ИО);
- классификация эргасистем как сложных информационных объектов;
- систематизация задач анализа и синтеза ИО на основе обобщенной модели информационного обеспечения и набора требуемых операций;
- разработка обобщенной иерархической модели представления исследуемого информационного объекта;
- разработка моделей информационного обеспечения и методики применения аппарата искусственного интеллекта для разработки схем анализа и синтеза компонентов эргасистем;
- исследование различных методик и систематизация приемов анализа и синтеза ИО;
- исследование критериев сравнения методик комплексной оценки свойств ИО;
- исследование и разработка процедуры планирования задачи исследования ИО;
- разработка схемы универсального анализатора свойств (УАС) и структуры ИО и создание на этой основе программного макета интеллектуальной системы обнаружения закладок в РС;
- исследование возможности обобщения предложенной схемы УАС ПС и распространения ее на информационные объекты других типов;
- создание информационных критериев эффективности решения задач анализа и синтеза ИО.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач использовались теория множеств, теория графов, теория и методы исследования операций, объектно-ориентированное и логическое программирование, современный информационный анализ, методы искусственного интеллекта и представления знаний [3].

На основании разработанных теоретических положений создан и реализован в виде отдельных функционально связанных подсистем (программ) макет анализатора информационных объектов — программных средств, позволяющий оценивать агрессивность ПС и наличие в нем различных программных закладок, способных осуществлять разрушающие программные воздействия на информационную среду вычислительных систем. Использование таких средств позволяет обнаружить наличие в ПО компьютера не только известные вирусы, но и другие, еще не изученные программные закладки, в том числе и с РПС.

Разработан и используется в вузах, в частности в Сургутском государственном университете, Южном университете (ИУБИП), комплекс программ анализа динамического состояния учебного процесса и его поддержки на уровне управления, обеспечения занятий по компьютерным дисциплинам, синтеза и реконфигурации архитектуры АРМ руководителя при изменении условий реализации этого учебного процесса.

Достоверность научных положений работы подтверждена авторскими свидетельствами и патентами на соответствующие изобретения, отражена в учебных пособиях, монографиях, статьях и опубликованных докладах авторов на научных конференциях, изданных в центральной печати, в изданиях РАН.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

---

---

Список сокращений .....	3
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ЭИОС КАК ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Состояние и условия функционирования эргатических систем.....	12
1.2. Состав и специфика функционирования ЭИОС .....	16
1.3. Анализ основных информационных теорий .....	23
1.3.1. Базовые методологические понятия и отношения между ними.....	23
1.3.2. Анализ информационных мер в эргасистемах.....	28
1.4. Информационный подход к управлению объектами ЭИОС в условиях неопределенности.....	30
1.4.1. Объекты ЭИОС и их основные характеристики ....	30
1.4.2. Возможности ЭИОС на основе MOODLE .....	34
1.4.3. Общая постановка задачи.....	35
Выводы по первой главе.....	38
<b>2. МЕХАНИЗМЫ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ОБЪЕКТАМИ В ПРОБЛЕМНЫХ ОБЛАСТЯХ ОБРАЗОВАНИЯ.....</b>	<b>40</b>
2.1. Особенности применения средств искусственного интеллекта в формировании образовательного пространства.....	40
2.2. Представление средств защиты информации в ЭИОС как эргатической системы .....	41

2.3. Основные операции и алгоритмы информологического совмещения объектов.....	43
2.4. Основы методологии проектирования информационных объектов.....	47
Выводы по второй главе.....	54
<b>3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ.....</b>	<b>55</b>
3.1. Методология исследования информационных объектов эргасистем.....	55
3.2. Основы информационной технологии исследования ИО.....	56
3.3. Модели процесса исследования ИО.....	64
3.4. Информологические аспекты синтеза защищенных вычислительных систем.....	70
Выводы по третьей главе.....	81
<b>4. ОСОБЕННОСТИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ВУЗЕ.....</b>	<b>82</b>
4.1. Основные составляющие образовательного процесса в вузе.....	82
4.2. Простейшая математическая модель процесса усвоения знаний.....	84
4.3. Математическая нелинейная модель процесса образования.....	86
4.3.1. Математическое представление основного процесса накопления знаний с элементами самоорганизации.....	87
4.3.2. Представление решения нелинейной модели процесса усвоения знаний.....	90
4.3.3. Характеристика основных составляющих процесса усвоения знаний, входящих в математическую модель (4.12), (4.13).....	93
Выводы по четвертой главе.....	97

<b>5. ОБОСНОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ АДАПТАЦИИ ЭИОС К ОБУЧАЕМЫМ</b> .....	<b>98</b>
5.1. Выбор показателей для идентификации индивидуальности обучаемого .....	98
5.2. Выбор критериев адаптируемости ЭИОС.....	102
5.3. Модель обучения с использованием ЭИОС.....	103
5.4. Методы формирования информационных потоков ЭИОС .....	105
5.5. Методы оценки точности адаптации .....	107
5.6. Методика оценки деятельности выпускников на основе численных показателей.....	113
5.7. Разработка и обоснование методики адаптации ЭИОС.....	120
Выводы по пятой главе.....	125
<b>6. ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ КАК SYSTEM OF SYSTEM (SoS, СИСТЕМА СИСТЕМ)</b> .....	<b>127</b>
6.1. Определение, классификация, характеристики, категории системы систем.....	127
6.2. Архитектура системы систем и интероперабельность ....	136
6.3. Система систем в образовании .....	141
6.4. Цифровое образование и единое геоинформационное образовательное пространство.....	142
6.5. Геймификация и игровые технологии в образовании ...	145
Выводы по шестой главе .....	147
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>148</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	<b>149</b>