

## ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ДУАЛЬНОЙ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ ПАК ДЛЯ ИССЛЕДУЕМОЙ ОБЛАСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СО СМЕШАННЫМИ РЕАЛЬНЫМИ И ВИРТУАЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

**В.В. Антонов<sup>1, 2</sup>, Г.Г. Куликов<sup>1</sup>, З.И. Харисова<sup>2</sup>, Л.Е. Родионова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия,

<sup>2</sup> Уфимский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, г. Уфа, Россия

**Введение.** В настоящее время актуальной теоретической и практической проблемой является разработка методов формализации логических отношений между реальными и виртуальными объектами и их теретико-множественным замыканием. Так, например, классами эквивалентности на финансовых рынках многих стран являются реальные объекты – валюта и соответствующие им виртуальные информационные объекты – криптовалюта, учет потоков которых ведется в многопользовательской системе отношений блокчейн. В основе информационной технологии проведения транзакций криптовалюты лежат элементы теории криптографии. Увеличение или уменьшение мощности множества объектов учёта, как правило, реализуется путем майнинга, форжинга и инвестирования в новую цифровую валюту. На сегодняшний день использование криптовалюты весьма привлекательно для ряда пользователей благодаря своей относительной независимости (сложности) от внешних и внутренних факторов (в виде влияния на транзакции государственных органов, банковских структур, участников самой платежной системы), необратимостью проведенных операций на финансовом рынке и относительно полной в пределе анонимностью. Перечисленные обстоятельства являются привлекательным полем для применения различных дополнительных (из замкнутого множества операций в Internet) операций. **Цель исследования.** Построение дуальной системной модели программного аналитического комплекса для исследуемой области деятельности со смешанными реальными и виртуальными объектами на основе теоретико-множественного подхода. **Материалы и методы.** Применение правила международного стандарта системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288, а также метода семантических дифференциалов Ч. Осгуда для обработки и представления информации. **Результаты.** Появляется возможность применения технологии, построенной на децентрализации, – использование блокчейна (создание полностью децентрализованной платформы, на которой выполняются бизнес-процессы), позволяющая улучшить рабочие процессы, а также создать единый язык коммуникации. **Заключение.** В связи с этим возникает интерес к использованию аналитики больших данных, категории информационных объектов – программных модулей, обеспечивающих реализацию соединения реальных и виртуальных объектов с информационными процессами с учетом их взаимных отношений в программном аналитическом комплексе.

*Ключевые слова:* программно-аналитический комплекс (ПАК), криптовалюта, блокчейн, системная модель, ISO 15288, предметная область, иерархия Хомского.

### Введение

Свойства двойственности (противоположности, противоречивости) отношений – транзакций между виртуальными объектами в информационной среде – определяются как спецификой объектов, так и свойствами самой среды. Так, например, согласно статистическим данным за 2018 год, правоохранительными органами Российской Федерации было зарегистрировано более 100 тыс. преступлений, совершенных с использованием информационно-телекоммуникационных технологий.

По сравнению с 2017 годом количество такого рода преступлений возросло более чем на 33 %. За последние 6 лет киберпреступность, согласно статистике, демонстрирует десятикратный

рост. Так, в 2013 году подобных преступлений было порядка 11 тыс., в 2014 г. – 44 тыс., в 2016 г. – более 66 тыс.

Актуальность данной темы также обусловлена множеством выявленных фактов нарушения целостности и конфиденциальности данных, в том числе утечкой информации в сеть Internet. Так, в апреле 2019 года согласно сведениям информационного портала «ItSec – Информационная безопасность» неправомерно был обнародован реестр лиц, сформированный банковскими структурами в соответствии с требованиями Федерального закона от 7 августа 2001 г. № 115-ФЗ «О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма». Сложившаяся ситуация негативно может сказаться на статусе лиц, входящих в обнародованный список, а также подорвать экономическую ситуацию страны в целом.

### Построение формальной теоретико-множественной модели предметно-ориентированной деятельности с виртуальными объектами на примере криптовалюты

Построение формальной теоретико-множественной модели предметно-ориентированной деятельности с криптовалютой в различных аспектах обусловлена также стремительно возросшим в последнее время уровнем преступности экономической направленности с использованием криптовалюты [10], например на множестве процессов

$$Pv = \{pv_1, pv_2, \dots, pv_n\},$$

где  $pv_1$  – обмен товаров запрещенного распространения – наркотических и психотропных веществ, оружия, боеприпасов и иных предметов [2];

$pv_2$  – легализация доходов, получаемых преступным путем;

$pv_3$  – распространение вредоносных компьютерных программ для использования ресурсов пользователей сети в фоновом режиме (криптоджекинг);

$pv_4$  – распространение запрещенных услуг и контента;

$pv_5$  – финансирование терроризма и экстремизма.

Состояние объекта в целом в исследуемой категории можем определить в понятиях его «смешанного» реального и виртуального состояний (рис. 1) [9].

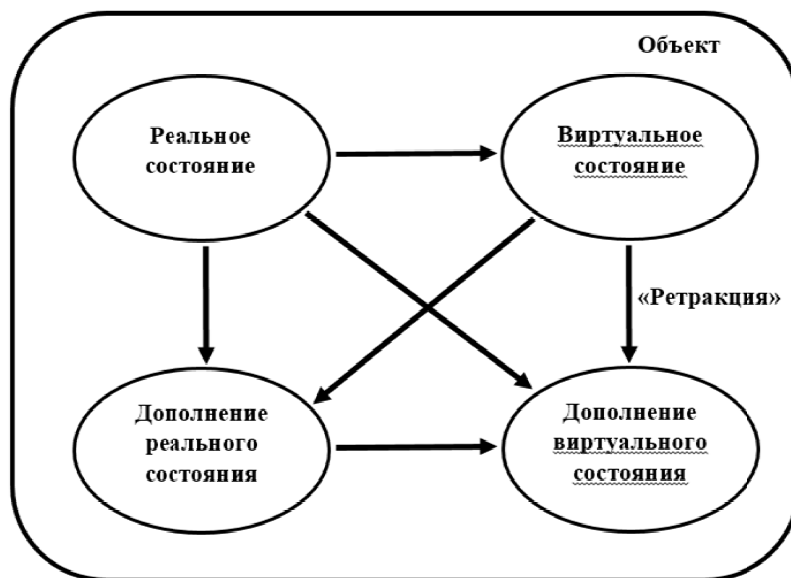


Рис. 1. «Смешанное» состояние объекта (аналог кубита)  
Fig. 1. "Mixed" state of object (similar to cubit)

Стремительному распространению по всему миру технологии виртуальных денег способствовали универсальность применения, открытость расчетных операций и предельная анонимность. Главной из особенностей использования криптовалют является их децентрализация и непривязанность к конкретной географической точке, политическому строю и экономической сис-

теме какой-либо из стран, несмотря на вполне реальную привязку к курсу наиболее востребованных валют во всем мире [13, 14]. В связи с этим образовалось мировое криптовалютное финансовое сообщество, что наложило ряд неразрешимых проблем при выявлении преступных деяний с использованием цифровой валюты на международном уровне.

Применяя правила международного стандарта системной инженерии ISO/IEC/IEEE 15288, можем формализовать основные составляющие по девяти группам (рис. 2), представленные формулой  $IT = \{it_1, it_2, \dots, it_n\}$ . Это открывает возможность в соответствии с приведенным стандартом обеспечить соответствие информационных объектов реальным объектам с учетом прослеживаемости.

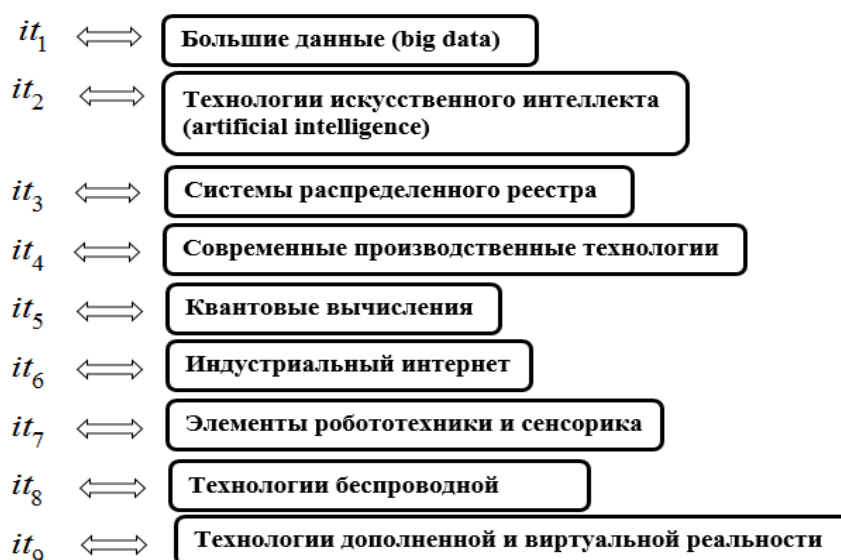


Рис. 2. Основные группы технологий виртуальных денег  
Fig. 2. Core Virtual Money Technology Groups

Таким образом, объекты учета данного бизнес-процесса могут быть представлены различными категориями информационных объектов, связанных между собой отношениями, а выделяя виртуальные и реальные объекты, приходим к тому, что отношения между виртуальными объектами и реальными объектами выражаются символической моделью хранилища данных и определяют структуру. Причем эти отношения могут быть представлены в терминах теории категорий.

Все это дает возможность применения современных стандартизованных методов моделирования описываемого бизнес-процесса, учитывающих формализованные формальные логические свойства, метаязыки и правила для последующей разработки программного обеспечения.

Учитывая, что довольно важным аспектом является установление международного сотрудничества в области противодействия киберпреступлениям с соблюдением национальных и региональных правил обращения с криптовалютой, необходимо учитывать в модели так называемые транзакции киберденег. На сегодняшний день лишь ряд стран (например, Китай, Южная Корея) запретили анонимность проведения транзакций киберденег и бесконтрольное распространение новых токенов валюты в стране. Отчасти регламентировали функционирование кибербирж такие страны, как Таиланд, Сингапур, Япония, Пуэрто-Рико Мальта, Швейцария и Бермудские острова. В противовес имеются страны «офшорной юрисдикции» (например, Белиз, Сейшелы, Доминикана), не учитывающие рекомендации межправительственной организации Financial Action Task Force on Money Laundering [15] (FATF) – разработчиков финансовых мер борьбы с отмыванием денег.

Режимы сотрудничества стран все чаще становятся предметом дискуссий международных коллегий и саммитов. Так, заместитель генерального прокурора Соединенных Штатов Америки (США) Род Розенштейн на 87-й Генеральной Ассамблее Интерпола призвал страны к выстраиванию международных связей в области расследования преступлений с использованием криптовалют [16], беспрепятственного использования международных информационных ресурсов и баз данных, закрепленных в единой политике регулирования цифровой валюты, в частности, призы-

вая полагаться на положительный опыт США в области регулирования процессов «киберотмывания» денег. Успешными на сегодняшний день проектами сотрудничества правительств различных стран можно считать, например, Silk Road 2.0, который являлся крупным интернет-магазином в анонимной сети Tor по продаже наркотических средств со средним ежемесячным оборотом 8 млн долларов, Hydra, Cloud9 и др.

В настоящее время международное сотрудничество, как правило, заключается на уровне пограничных служб и Интерпола. С 2018 года в целях формирования трансграничного сотрудничества в области противодействия преступлениям с использованием криптовалют заключено партнерство, именуемое J5 [17], между Австралией (Комиссия по уголовным расследованиям ASIC и Налоговая служба ATO), Канадой (Налоговое агентство CRA), Нидерландами (Fiscale Inlichtingen-Opsporingsdienst FIOD), Великобританией (Королевская налоговая и таможенная служба HMRC) и США (Налоговая служба IRS) – Joint Chiefs of Global Tax Enforcement.

Регулирование криптоотрасли не было оставлено без внимания на встрече министров финансов и глав банков на саммите Большой двадцатки G20 в 2018 году [18], итогом которого стало заключение о нецелесообразности полного запрета рынка криптовалют, необходимости регулятора в правоохранительной и налоговой областях и цифровой идентификации. Отдельного внимания заслуживает Комиссия США по ценным бумагам и биржам (SEC), расследования которой в основном связаны с поиском свидетелей и доказательств на трансграничном уровне с учетом политических, экономических систем и законодательства в сфере эксплуатации токенов (акций различных проектов).

Отчасти благодаря опыту зарубежных стран в сентябре 2019 года Ассоциацией банков России была подготовлена концепция по противодействию оборота децентрализованных криптовалют, которая предусматривает лишение анонимности владельцев виртуальных цифровых активов [19, 20]. Кроме того, проект предусматривает создание собственного международного блокчейна на территории Российской Федерации и национальных токенов в том числе, а также предусматривает возможность определения принадлежности цифровой валюты (определение владельца, логинов и паролей криптовалютных кошельков), получения информации в рамках процедур налогообложения (декларирование доходов и расходов) и банкротства, а также исполнительных производств [21]. Однако на сегодняшний день проект Федерального закона «О цифровых финансовых активах» не принят, рассмотрение его было отложено на неопределенный срок.

Как известно, имеется ряд общих черт в совершаемых преступлениях с использованием криптовалют. С учетом их своевременного распознавания можно выдвинуть методику по их расследованию, состоящую из последовательных этапов  $A = \{A_1, \dots, A_4\}$ :

- определение криптовалютного кошелька по транзакциям (программный, аппаратный или бумажный кошелек, онлайн-кошелек, мобильное приложение)  $A_1$ ;
- определение биржи криптовалюты, криптовалютных обменников, торговых площадок, карт  $A_2$ ;
- определение связей – поиск посредников-участников операций  $A_3$ ;
- построение нейросетевых связей – определение валюты, фиатных выведенных денег  $A_4$ .

Использование требований системной инженерии в рамках приведенного выше стандарта, построение модели с использованием Иерархий Хомского и предлагаемого категорийного подхода [2–4] позволяют уже на уровне модели сформировать границы между семантическими и синтаксическими описаниями автоматизируемых бизнес-процессов и программными модулями разрабатываемых комплексов.

При этом формализация логических отношений позволяет сформировать семантическую модель, формальную вышестоящей грамматики. На основании приведенного (определение границ в совокупности с семантической моделью) можем определить семантическую меру, которая будет выступать в роли цели, далее точку зрения [8].

Далее:

1) можем определить функциональное содержание исследуемой предметной области в виде контекстной диаграммы, определив в качестве каналов взаимодействия с внешней средой вход и выход (рис. 3), ограничения – управление, ресурсы – механизм (см. рис. 3);

2) отношения между информационными объектами определим как математическую категориальную структуру. Эта структура на формальном уровне описывает свойства информационных объектов и их отношения (т. е. как подмножество декартова произведения);

3) уходим от проблемы семантического анализа за счет выполнения двухшаговой процедуры, а именно: распознавания структуры и построения операций на ее основе, т. е. используя метод, предложенный Н. Хомским, – «синтаксически ориентированной трансляции», переходим к синтаксическому анализу [4, 5];

4) приходим к анализу и рассмотрению конечного перечня цепочек, что может быть классифицировано как математический метод анализа предметной области. В частности, для рассматриваемого примера криптовалюты – это определения дополнительных состояний, часть из которых является ненаблюдаемым в прямой модели, что может приводить к применению противоположных «скрытых» действий;

5) применение такого метода открывает возможность рассмотрения отношений как функций независимо от соответствующих информационных объектов и в конечном счете описания информационной системы как конечного множества функций и отношений между ними, включая скрытые части отношений между объектами.

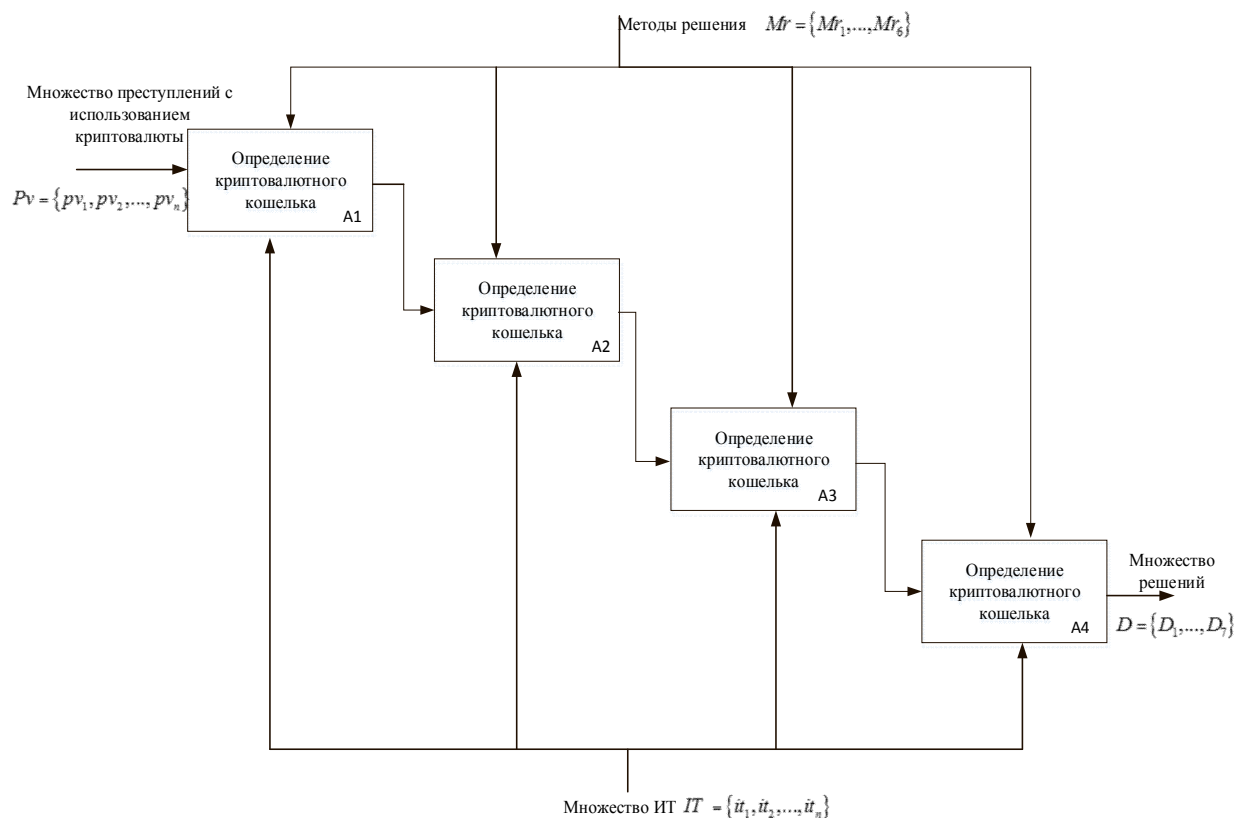
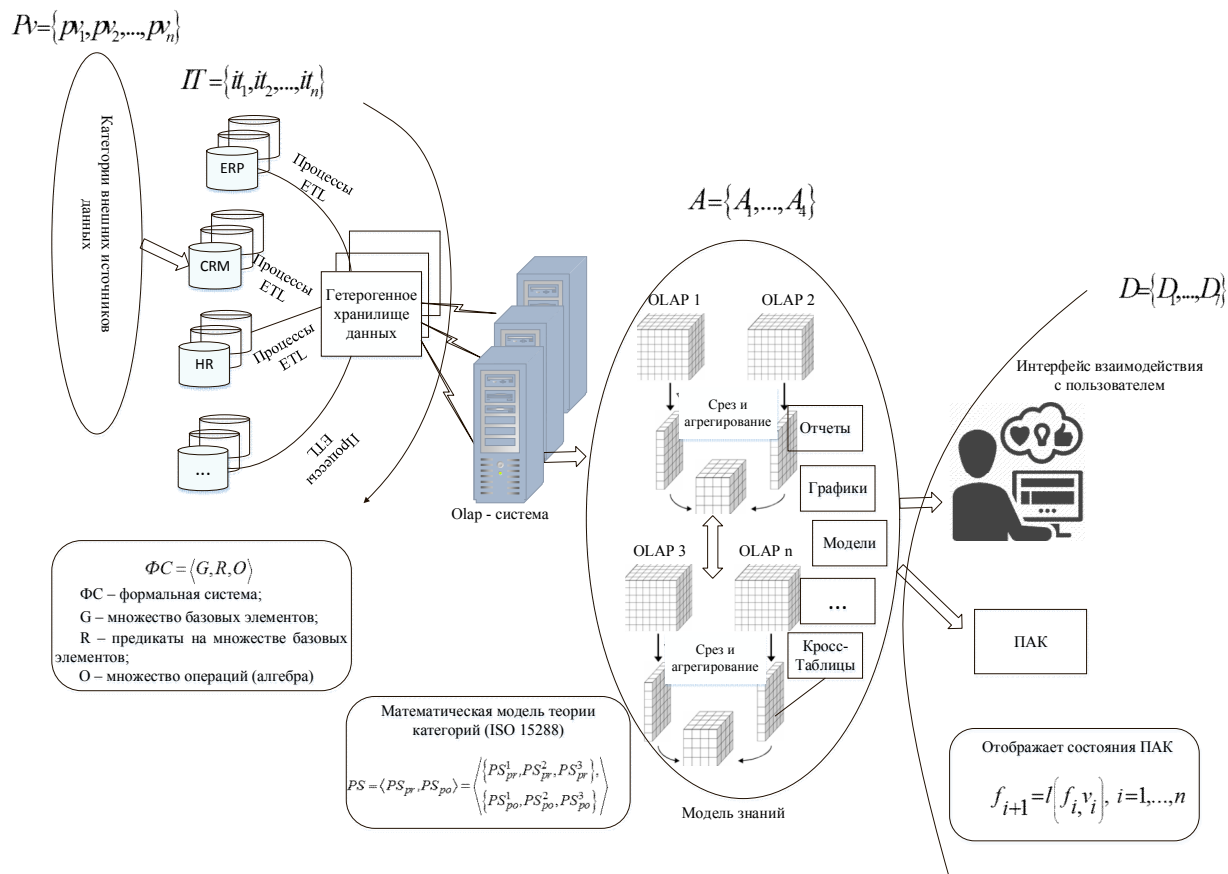


Рис. 3. Системная модель комплексного решения раскрытия преступлений  
Fig. 3. System model of complex crime resolution

Учитывая изложенное, появляется возможность сведения процесса к формальному алгоритму (рис. 4) и в результате приходим к атрибутивно транслируемой грамматике [4, 5, 8].

Очевидно, что в качестве символического базиса может быть использовано декартово произведение, которое в данном случае будет равнозначно OLAP-кубу [1–4]. Применение метода семантических дифференциалов Ч. Осгуда позволяет декларировать отношения между реальными объектами как отношение отрицания (противоположность по Декарту). При этом виртуальные объекты становятся, в терминологии Декарта, частными определениями [5]. Приходим к возможности определения качественной составляющей на основании присутствия ряда количественных параметров.



**Рис. 4. Формальные аспекты представления преобразования информации**  
**Fig. 4. Formal aspects of information transformation presentation**

Это позволяет:

- 1) принимать управленческие решения, т. е. перейти от формальной к семантической модели [6, 7];
- 2) открывает возможность проектирования структуры программных комплексов в виде множества объектов – категорий и отношений между ними (имеющих свойства функторов). Это позволяет описывать в виде категорных отношений и взаимодействие функциональных программ, и правила интеграции информационных объектов предметной области, и учет изменений самой предметной области [6];
- 3) для системного моделирования исследуемой предметной области использовать формализованные правила, представленные в виде категорных отношений. Могут быть использованы любые объектные (графоаналитические) языки.

Можем определить виртуальный объект как информационный объект, который является результатом отношений информационных объектов и достроен до декартово замкнутой категории. В частности, это не противоречит кибернетическому закону, который был сформулирован Уильямом Россом Эшби [8].

Таким образом, результат отношения двух взаимодействующих информационных объектов в ряде случаев может быть интерпретирован как новый информационный объект (реальный или виртуальный).

Рассматривая полученные таким образом отношения между новыми информационными объектами, извлекая новые данные, систематизируя их, приходим к возможности выстраивания новых отношений даже между виртуальными объектами и получения иерархической структуры этих отношений, что открывает возможность построения стратегических планов развития и оперативного принятия опережающих управленческих решений. Представление отношений в виде информационных объектов позволяет рассматривать их в качестве «цифрового двойника», что расширяет «электронную» прозрачность во многих аспектах, в том числе управленческих и технологических.

Таким образом, структура программного комплекса, построенная по вышеприведенному методу, будет содержать информацию для реинжиниринга комплекса без изменения реально действующей структуры, например заменой виртуальных объектов реальными.

Применение современных технических решений, включая элементы искусственного интеллекта, были также предложены на совместном семинаре Нового банка развития (НБР), Евразийской группы по противодействию легализации преступных доходов и финансированию терроризма (ЕАГ) и Международного учебно-методического центра финансового мониторинга (МУМЦФМ) «Совершенствование финансового мониторинга с использованием новых технологий» [22, 23].

В соответствии с декларацией по итогам проведенного семинара, принятой в 2019 году, направленной в первую очередь на противодействие отмыванию денег и финансированию терроризма, в связи с необходимостью повышения эффективности «антиотмывочных» систем государств и для развития международного сотрудничества и взаимодействия международных организаций был предложен ряд мер, которые в целом коррелируют по применимости с рекомендациями по установлению сотрудничества в области расследования преступлений с использованием криптовалют, а именно [11, 12]:

– объединение усилий по выработке единого подхода к пониманию рисков, связанных с использованием новых технологий на финансовых рынках, и выработке мер по их минимизации (множество методов решения проблем  $Mr = \{Mr_1, \dots, Mr_6\}$ );

– деанонимизация пользователей глобальной сети ( $Mr_1$ );

– выработка действенных мер по обороту виртуальных активов для управления и минимизации рисков отмывания денег и финансирования терроризма ( $Mr_2$ );

– организация своевременного и непрерывного межгосударственного обмена опытом и информацией в рамках расследования преступлений ( $Mr_3$ );

– развитие инновационных технологий контроля рисков в рамках противостояния преступлениям с использованием криптовалют ( $Mr_4$ );

– разработка обучающих информационных ресурсов в целях повышения грамотности населения по обращению с криптовалютой, повышение квалификации и переподготовка кадров, занимающихся расследованием киберпреступлений ( $Mr_5$ );

– проведение исследований в области новейших информационных технологий и разработка программного обеспечения и аппаратных систем с использованием нейросетевых технологий в целях обеспечения современными средствами оперативного расследования преступлений с использованием криптовалют ( $Mr_6$ ). С целью увеличения эффективности мер, направленных на противодействие криминальному обороту криптовалюты, необходима стратегия, реализуемая на международном уровне, по основным проблемным направлениям, а именно (множество решений  $D = \{D_1, \dots, D_7\}$ ):

– единое определение статуса и юридической природы криптовалюты на международной арене, поскольку на сегодняшний день толкование цифровых денег идет в соответствии с определениями товара, валюты, средства накопления, формы платежной услуги и платежного инструмента ( $D_1$ );

– установление единого судопроизводства в отношении преступников, использующих криптовалюту ( $D_2$ );

– формирование безопасного реестра финансовых потоков криптовалют из числа стран с эффективными методиками противодействия отмыванию денег и финансирования терроризма ( $D_3$ );

– налаживание межведомственного взаимодействия (регулирующих и надзорных органов управления, финансовых организаций, правоохранительных органов, спецслужб и пр.) ( $D_4$ );

– организация доступа в упрощенном виде к информации о совершаемых преступных деяниях с использованием криптовалют ( $D_5$ );

– формирование мер, направленных на идентификацию владельцев криптокошельков ( $D_6$ );

– создание дополнительных систем проверки и отслеживания платежей для мониторинга финансирования и укрепление межгосударственных связей терроризма ( $D_7$ );

– для идентификации владельцев кошельков, анализа данных и реализации обмена в режиме реального времени требуется организация межгосударственного центра с прямым доступом к криминологическим инструментам и криптовалютным базам ( $D_8$ ).

В результате получаем комплексную системную модель:

$$SM = \{Pv, IT, Mr, D\}.$$

Полученную комплексную системную модель можно представить, как поверхность в пространстве достаточно большой размерности (размерность определяется, так как есть декартово произведение).

### Выводы

В результате в каждой точке на поверхности возникает семантика самой информации, которая может определяться как неопределенность знаний либо отношений. Не учтенные в модели предметной области (ПО) свойства представляются в виде отдельной ПО и характеризуются неучтенными свойствами, позволяющими рассматривать ее как окружающую среду. В итоге каждая ПО интегрирует с окружающей средой и имеет возможность считаться распределенной. Приходим к возможности применения технологии, построенной на децентрализации, – использование блокчейна (создание полностью децентрализованной платформы, на которой выполняются бизнес-процессы), что может помочь улучшить рабочие процессы, а также создать единый язык коммуникации. Одной из причин такой популярности является строгая математическая база, фундаментальной частью является криптографический алгоритм ECDSA – Elliptic Curve Digital Signature Algorithm. Все это представимо в виде системы уравнений, полученной на основе формальной модели программного обеспечения. Так как предполагается распределенность объектов, будет иметь место пересечение множеств, описывающих их семантические свойства. В результате отношения объектов (БП) предполагается оценивать путем введения количественной и качественной оценок.

Использование метода семантических дифференциалов Ч. Осгуда для обработки и представления информации применительно к этапам рассматриваемого процесса обеспечивает возможность построения требуемых функций принадлежности.

### Литература

1. Антонов, В.В. Метод проектирования адаптивного программного комплекса на основе методологии категорийной формальной модели открытой предметной области / В.В. Антонов // Вестник УГАТУ. – 2015. – Т. 19, № 1. – С. 258–263.
2. Антонов, В.В. Формальная модель предметной области на основе нечетких отношений / В.В. Антонов, Г.Г. Куликов // Программные продукты и системы: междунар. журн. – Тверь, 2011. – № 2 (94). – С. 48–51.
3. Куликов, Г.Г. Подход к формированию структуры самоорганизующейся интеллектуальной системы в форме декартово замкнутой категории (на примере проектирования информационной аналитической программной системы) / Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, А.Р. Фахруллина, Л.Е. Родионова // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – № 27. – С. 48–69.
4. Хомский, Н. Язык и проблема знания / Н. Хомский // Вестник МГУ: сб. науч. тр. – М., 1996. – Вып. 6. – С. 157–185.
5. Куликов, Г.Г. Теоретические и прикладные аспекты построения моделей информационных систем / Г.Г. Куликов, В.В. Антонов, Д.В. Антонов. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, 2011. – 134 с.
6. Analytical software for operating with a set of real and virtual objects using the rules of cartesian closed category / G.G. Kulikov, V.V. Antonov, M.A. Shilina et al. // Advances in Intelligent Systems Research: Proceedings of the VIth International Workshop 'Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security' (IWCI 2019). – China: Atlantis Press, 2019. – P. 173–178. DOI: 10.2991/iwci-19.2019.30
7. Черняховская, Л.Р. Интеллектуальная поддержка принятия решений в организационном управлении разработкой программных проектов / Л.Р. Черняховская, А.И. Малахова // Вестник УГАТУ. – 2013. – Т. 17, № 5 (58). – С. 195–199.



8. Эшби, У.Р. Введение в кибернетику / У.Р. Эшби. – М.: Иностранная литература, 1959.
9. Бауместер, Д. Физика квантовой информации / Д. Бауместер, А. Экерт, А. Цайлингер. – М.: Постмаркет, 2002. – 376 с.
10. Ежемесячный сборник о состоянии преступности в России 2009–2019 гг. – <http://www.crimestat.ru/analytics>.
11. Доклад Секретариата Конференции участников Конвенции ООН против транснациональной организованной преступности. – [https://www.unodc.org/documents/treaties/untoc/cop/session\\_9/ctoc\\_cop\\_2018\\_1.6/v1806885\\_r.pdf](https://www.unodc.org/documents/treaties/untoc/cop/session_9/ctoc_cop_2018_1.6/v1806885_r.pdf).
12. Bitcoin Security – Ресурс о криптовалютах, блокчейне и децентрализованных технологиях. – <https://bits.media/pozitsiya-stran-mira-po-regulirovaniyu-kriptovalyut-na-fevral-2018-goda>.
13. Coin Dance – Bitcoin Community Resources. – <https://coin.dance/poli/legality>.
14. Financial Action Task Force on Money Laundering (FATF-GAFI). – <https://www.fatf-gafi.org/faq/moneylaundering/>.
15. Международная организация уголовной полиции Interpol. – <https://www.interpol.int/News-and-Events/Events/2018/87th-Interpol-General-Assembly>.
16. Международный альянс по борьбе с отмыванием денег и уклонением от налогов Joint Chiefs of Global Tax Enforcement (J5). – <https://www.irs.gov/compliance/joint-chiefs-of-global-tax-enforcement>.
17. Лидеры стран «Большой двадцатки», 13-й саммит. The 2018 G20 Buenos Aires summit was the thirteenth meeting of Group of Twenty. – <https://g20.argentina.gob.ar/en> (дата обращения: 24.09.2019).
18. Федеральное государственное унитарное предприятие «Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС)». – <https://tass.ru/ekonomika/6902921>.
19. Проект Федерального закона «О цифровых финансовых активах». – [https://www.minfin.ru/ru/document/%3Fid\\_4%3D121810](https://www.minfin.ru/ru/document/%3Fid_4%3D121810).
20. Криптовалюта.Tech . – <https://cryptocurrency.tech/v-assotsiatsiya-bankov-rossii-vystupili-zabyazatelnyu-identifikatsiyu-derzhatelej-kriptovalyut/>.
21. Федеральная служба по финансовому мониторингу. – <http://www.fedsfm.ru/releases/3940>.
22. Харисова, З.И. О некоторых проблемах обеспечения информационной безопасности государства и общества от современных киберугроз / З.И. Харисова // Актуальные проблемы права и государства в XXI веке. – 2019. – № 1. – С. 387–391.
23. Харисова, З.И. Международно-правовые основы информационной безопасности в целях устойчивого развития / З.И. Харисова // Правовое обеспечение развития социального государства в свете целей устойчивого развития: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х ч. / отв. ред. Р.В. Нигматуллин. – 2018. – С. 103–106.

**Антонов Вячеслав Викторович**, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет; профессор кафедры управления в органах внутренних дел, Уфимский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, г. Уфа; [Antonov.V@bashkortostan.ru](mailto:Antonov.V@bashkortostan.ru).

**Куликов Геннадий Григорьевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа; [gennadyg\\_98@yahoo.com](mailto:gennadyg_98@yahoo.com).

**Харисова Зарина Ирековна**, канд. техн. наук, доцент кафедры управления в органах внутренних дел, Уфимский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, г. Уфа; [zarinaid@mail.ru](mailto:zarinaid@mail.ru).

**Родионова Людмила Евгеньевна**, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа; [lurik@mail.ru](mailto:lurik@mail.ru).

Поступила в редакцию 20 ноября 2019 г.

## THEORETICAL AND MULTIPLE APPROACH TO BUILDING A DUAL SAC SYSTEM MODEL FOR THE RESEARCH AREA WITH MIXED REAL AND VIRTUAL OBJECTS

V.V. Antonov<sup>1, 2</sup>, Antonov.V@bashkortostan.ru,

G.G. Kulikov<sup>1</sup>, gennadyg\_98@yahoo.com,

Z.I. Harisova<sup>2</sup>, zarinaid@mail.ru,

L.E. Rodionova<sup>1</sup>, lurik@mail.ru

<sup>1</sup> Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation,

<sup>2</sup> Ufa Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Ufa, Russian Federation

**Introduction.** At present, the class of equivalence in the financial markets of many countries is a virtual information object – crypto, the accounting of flows of which is maintained in a multi-user system of relations blockchain. The information technology of crypto transactions is based on elements of cryptography theory. Increasing or decreasing the capacity of accounting objects is usually realized by mining, forking and investing in a new digital currency. Today, the use of crypto is very attractive to a number of users due to its relative independence (complexity) from external and internal factors (in the form of influence on transactions of state bodies, banking structures, participants of the payment system itself), irreversibility of transactions in the financial market and relatively complete anonymity. These circumstances are an attractive field for applying various additional (from a closed set of operations on the Internet) operations. **Aim.** The construction of a dual system model of a software analytical complex for the studied field of activity with mixed real and virtual objects based on a set-theoretic approach. **Materials and methods.** Application of the rules of the international system engineering standard ISO / IEC / IEEE 15288, as well as the method of semantic differentials by C. Osgood for the processing and presentation of information. **Results.** There is an opportunity to apply a technology based on decentralization – the use of blockchain (creating a fully decentralized platform on which business processes are performed), which allows to improve work processes, as well as create a unified communication language. **Conclusion.** In this regard, interest arises in the use of big data analytics, categories of information objects – software modules, which ensure the implementation of connection of real and virtual objects with information processes taking into account their mutual relations in the software analytical complex.

*Keywords:* cryptocurrency, blockchain, system model, ISO 15288, subject area, Chomsky hierarchy.

### References

1. Antonov V.V. [Method of Design of Adaptive Software Complex on the Basis of Methodology of Categorical Formal Model of Open Subject Area]. *Bulletin of USATU*, 2015, vol. 19, no. 1, pp. 258–263. (in Russ.)
2. Antonov V.V., Kulikov G.G. [Formal Model of the Subject Area on the Basis of Fuzzy Relations]. *Software Products and Systems: International Journal*, 2011, no. 2 (94), pp. 48–51. (in Russ.)
3. Kulikov G.G., Antonov V.V., Fakhrullina A.R., Rodionova L.E. [Approach to Formation of Structure of a Self-Organizing Intellectual System in Shape Cartesian the Closed Category (on the Example of Design of the Information Analytical Program System)]. *Bulletin of PNRPU “Electrical Equipment, Information Technologies, Control Systems”*, 2018, no. 27, pp. 48–69. (in Russ.)
4. Khomsky N. [Language and Knowledge Problem]. *Bulletin of Moscow State University: Coll. of Sc. Works*, 1996, iss. 6, pp. 157–185. (in Russ.)
5. Kulikov G.G., Antonov V.V., Antonov D.V. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty postroyeniya modeley informatsionnykh sistem* [Theoretical and Applied Aspects of Building Models of Information Systems]. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, Germany, 2011, 134 p.
6. Kulikov G.G., Antonov V.V., Shilina M.A., Fakhrullina A.R., Rodionova L.E. Analytical Software for Operating with a Set of Real and Virtual Objects Using the Rules of Cartesian Closed Category. *Advances in Intelligent Systems Research: Proc. of the VIth International Workshop ‘Critical Infrastructures: Contingency Management, Intelligent, Agent-Based, Cloud Computing and Cyber Security’ (IWCI 2019)*. China, Atlantis Press, 2019, pp. 173–178. DOI: 10.2991/iwci-19.2019.30

7. Chernyakhovskaya L.R., Malakhova A.I. [Intelligent Decision Support for Organizational Management of Software Project Development]. *Bulletin of USATU*, 2013, vol. 17, no. 5 (58), pp. 195–199. (in Russ.)
8. Ashby W.R. *Introduction to Cybernetics*, London, Chapman & Hall Ltd, 1957, 156 p.
9. Baumester D., Ekert A., Tsailinger A. *Fizika kvantovoj informatsii* [Physics of Quantum Information]. Moscow, Postmarket Publ., 2002, 376 p.
10. *Ezhemesyachnyy sbornik o sostoyanii prestupnosti v Rossii 2009–2019 gg.* [Monthly Collection on the State of Crime in Russia 2009–2019]. Available at: <http://www.crimestat.ru/analytics>.
11. *Doklad Sekretariata Konferencii uchastnikov Konvencii OON protiv transnacional'noj organizovannoy prestupnosti* [Report of the Secretariat of the Conference of the Parties to the United Nations Convention against Transnational Organized Crime]. Available at: [https://www.unodc.org/documents/treaties/untoc/cop/session\\_9/ctoc\\_cop\\_2018\\_1.6/v1806885\\_r.pdf](https://www.unodc.org/documents/treaties/untoc/cop/session_9/ctoc_cop_2018_1.6/v1806885_r.pdf).
12. *Bitcoin Security Resurs o kriptovalyutakh, blokcheyne i detsentralizovannykh tekhnologiyakh* [Bitcoin Security Resource about Cryptocurrencies, a Blockchain and the Decentralized Technologies]. Available at: <https://bits.media/pozitsiya-stran-mira-po-regulirovaniyu-kriptovalyut-na-fevral-2018-goda>.
13. Coin Dance – Bitcoin Community Resources. Available at: <https://coin.dance/poli/legality>.
14. Financial Action Task Force on Money Laundering (FATF-GAFI). Available at: <https://www.fatf-gafi.org/faq/moneylaundering/>.
15. *Mezhdunarodnaya organizacija ugolovnoj policii Interpol* [Interpol International Criminal Police Organization]. Available at: <https://www.interpol.int/News-and-Events/Events/2018/87th-Interpol-General-Assembly>
16. *Mezhdunarodnyj al'jans po bor'be s otmyvaniem deneg i ukloeniem ot nalogov* [Joint Chiefs of Global Tax Enforcement International Alliance Against Money Laundering and Tax Evasion (J5)]. Available at: <https://www.irs.gov/compliance/joint-chiefs-of-global-tax-enforcement>.
17. *Lidery stran "Bol'shoj dvadcatki", 13-j sammit* [G20 Leaders 13th Summit]. Available at: <https://g20.argentina.gob.ar/en> (accessed 24.09.2019).
18. *Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie "Informacionnoe telegrafnoe agentstvo Rossii (ITAR-TASS)"* [Federal State Unitary Enterprise "Information Telegraph Agency of Russia (ITAR-TASS)"]. Available at: <https://tass.ru/ekonomika/6902921>.
19. *Proekt Federal'nogo zakona "O cifrovyyh finansovyh aktivah"* [Draft Federal Law "On Digital Financial Assets"]. Available at: [https://www.minfin.ru/ru/document/%3Fid\\_4%3D121810](https://www.minfin.ru/ru/document/%3Fid_4%3D121810).
20. *Kryptovalyuta.Tech* [Cryptocurrency.Tech]. Available at: <https://cryptocurrency.tech/v-assotsiatsiya-bankov-rossii-vystupili-za-obyazatelnyu-identifikatsiyu-derzhatelej-kriptovalyut/>.
21. *Federal'naja sluzhba po finansovomu monitoringu* [Federal Financial Monitoring Service]. Available at: <http://www.fedsfm.ru/releases/3940>.
22. Kharisova Z.I. [About Some Problems of Ensuring Information Security of the State and Society from Modern Cyber Threats]. *Topical Problems of Law and State in the XXI Century*, 2019, no. 1, pp. 387–391. (in Russ.)
23. Kharisova Z.I. [International Legal Basis of Information Security for Sustainable Development *Pravovoe obespechenie razvitiya sotsial'nogo gosudarstva v svete tseley ustoychivogo razvitiya. Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Legal Support for the Development of a Social State in the Light of Sustainable Development Goals. The Collection of Materials of the International Scientific and Practical Conference]. Ufa, 2018, pp. 103–106. (in Russ.)

Received 20 November 2019

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Теоретико-множественный подход к построению дуальной системной модели ПАК для исследуемой области деятельности со смешанными реальными и виртуальными объектами / В.В. Антонов, Г.Г. Куликов, З.И. Харисова, Л.Е. Родионова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 5–15. DOI: 10.14529/ctcr200101

#### FOR CITATION

Antonov V.V., Kulikov G.G., Harisova Z.I., Rodionova L.E. Theoretical and Multiple Approach to Building a Dual SAC System Model for the Research Area with Mixed Real and Virtual Objects. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 5–15. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr200101