

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СТАНДАРТОВ**

**Ерешко Ф.И., Меденников В.И.**

*(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ  
РАН, Москва)*

fereshko@yandex.ru, dommed@mail.ru

**Кульба В.В.**

*(Институт проблем управления РАН, Москва)*

kulba@ipu.ru

*Аннотация: в работе рассматривается проблема формирования стандартов для нужд цифровой экономики, посвящённых информационным технологиям, тесно увязанных в последнее время терминологически с понятием цифровых платформ. В рамках математического моделирования цифровых платформ получены цифровые стандарты, общие для всех отраслей экономики.*

Ключевые слова: стандарты цифровой экономики, интеграция информационных систем, математическая модель.

### **1. Введение**

Одной из главных движущих сил происходящей сегодня цифровой трансформации управления экономикой страны, методов ведения бизнеса являются информационные технологии. Они стали незаменимым инструментом взаимодействия всех субъектов рынка, основой ведения бизнеса. В результате этого происходит и рыночная переоценка компаний. Так, в [12] показано, что вложения в информационные технологии (ИТ) сильно влияют на стоимость фирм. Каждый доллар, вложенный в ИТ, связан с увеличением рыночной стоимости их примерно на 12 долларов в отличие от других материальных активов, которые увеличивают стоимость чуть более чем на 1 доллар. Многообразие

применяемых информационных технологий и систем (ИС), как правило, носящих гетерогенный характер, разнообразие форматов данных, циркулирующих в информационных потоках, зачастую несовместимых по горизонтали и вертикали, сделали чрезвычайно актуальной задачу интеграции указанных выше ИТ и ИС в единую информационно-управленческую среду.

Эволюция процессов интеграции информационных технологий привела к тому, что эти технологии становятся частью системы управления предприятием, т.е. средством координации действий людей. Именно это срастание информационных технологий и технологий управления людьми, заставило пересмотреть идеологию, технологию и организацию управления предприятиями и облечь их в виде стандартов. За счет этого все большее количество функций управления поддаются автоматизации. Однако в нашей стране проблеме интеграции ИТ и ИС, соответственно, формирования стандартов уделяется недостаточное внимание. Данные процессы идут, в основном, на уровне предприятий и корпораций. Хотя по мнению главы Росстандарта Абрамова [9], технические стандарты будут иметь первостепенное значение в достижении интеграции различных устройств и систем, посредством использования широкого спектра датчиков, искусственного интеллекта, контроля и алгоритмов, больших объемов данных, облачных и граничных вычислений и других технологий. Понимая важность интеграции и стандартизации ИТ и ИС, в Агентстве Стратегических Инициатив 18.02.2018г. по инициативе администрации Президента была проведена даже специальная стратсессия по онтологическому инжинирингу различных отраслей в целях успешной интеграции их информационных систем в формируемое единое информационное пространство с последующей разработкой единых стандартов цифровой экономики [8].

Недостаточный уровень интеграции ИС, неупорядоченное, хаотичное освоение новых возможностей Интернет-технологий приводит не только к экспоненциальному росту объема контента, но и других ресурсов, как технических, так и энергетических. Например, ученые Ланкастерского университета бьют тревогу, что на просторах глобального информационного пространства

стало слишком много информации. Столь колоссальные объемы передаваемой информации требуют, кроме развития соответствующей инфраструктуры, еще и огромных энергетических затрат. "Интернет потребляет 5% всей мировой электрической энергии. В целом же интернет-индустрия потребляет около 8% мировой электроэнергии. С увеличением скорости интернета и прокладкой новых кабелей растёт и расход электричества, и это несмотря на существенные достижения в сфере энергосберегающих технологий [5].

Из всех перечисленных главой Росстандарта цифровых стандартов в данной работе будем рассматривать лишь стандарты в сфере интеграции информационных ресурсов, тесно увязанных в последнее время терминологически с понятием цифровых платформ (ЦП). В рамках математического моделирования ЦП получим цифровые стандарты, общие для всех отраслей экономики.

## **2. Виды интеграции ИС**

Игнорирование концептуальных основ идей выдающихся ученых А.И. Китова и В.М. Глушкова об ОГАС [2] привело к тому, что на многих предприятиях страны появилось огромное количество изолированных и функционально несовместимых локальных ИС, так называемых гетерогенных систем, уровень гетерогенности которых постоянно увеличивается. Сначала они исчислялись десятками, а затем сотнями и тысячами, растущими сейчас по экспоненте. Принципы же проектирования остаются позадачными. Существующие ИС и онтологические модели неадекватны потребностям ЦЭ. Власть это осознает, так, 02.02.2017г. на совещании по формированию основных направлений и ключевых мероприятий программы «Цифровая экономика» заместитель руководителя Аналитического центра при Правительстве РФ Пушкин В.М., заявил: «мы не знаем, что делать с 5000 ИС на федеральном уровне, с 50 000 ИС на региональном уровне, которые не связаны между собой, не интегрированы». Ему вторит член Коллегии ЕЭК, отвечающий за информатизацию, Минасян К.А.: «Мы до сих пор делали ИС

фрагментарно, если и дальше так делать, то опять потом придется все ломать и строить вновь, как часто бывает. Будем считать, что мы за эти годы насыщали страны техникой, обучали будущих пользователей, теперь пора браться всерьез”.

В последнее время наряду с понятием интеграции систем появился термин интероперабельности ИС, под которым понимается способность ИС и их компонентов к взаимодействию. При этом авторы интероперабельности подчеркивают разницу между интегрированными и интероперабельными системами в том, что интегрированная система предполагает, что входящие в неё подсистемы работают по согласованному алгоритму, или, другими словами, имеют единую точку управления. В интероперабельной системе входящие в неё подсистемы работают по независимым алгоритмам, не имеют единой точки административного управления, всё управление определяется единым набором стандартов [3].

На наш взгляд это противоречит целям создания ИС, у которых всегда определен круг решаемых задач, особенно в сфере управления предприятиями. Интеграция систем предполагает не только интеграцию информационных ресурсов на основе онтологического моделирования, но и онтологический инжиниринг процессов управления, когда ИС начинают решать управленческие задачи различных пользователей.

1. Многие экономисты это чувствуют. Например, в [1] говорится: «Уровень цифровизации банковской деятельности, связи, СМИ будет наверняка выше, но все-таки именно состояние промышленности является индикатором цифровой зрелости всей экономики. В любом случае внедрение новых производственных технологий потребует глубоких изменений системы управления на микро-, мезо- и макроуровнях. Продуктивнее, чтобы эти процессы шли синхронно, а лучше – с опережающим принятием управленческих решений, создающих экосистемы цифровых и нецифровых преобразований. Но без единого понятийного поля, без согласованного управленческого языка общения и как следствие – единого семантического пространства для создания новых стандартов и, собственно, систем

управления, вся эта комплексная работа превратится в довольно опасный «лоскутный» процесс. Цифровизация – это прежде всего жесткая схватка за превосходство в разработке передовых систем управления силами и средствами по всем категориям потенциалов развития».

По нашей классификации ИУС по степени влияния на объект управления условно делятся на 4 класса.

1. Системы, которые на каждом уровне и в каждом звене управления автоматизируют существующие функции управления.

2. Системы, которые оптимизируют систему управления в части затрат на информационную технику и передачу информации, дублирование функций и данных.

3. Системы, которые изменяют структуру системы управления объектом.

4. Системы, которые способствуют изменению самого объекта, например, структуры производства.

Пока в РФ ИС создаются преимущественно первого класса.

В разделе 2 рассмотрим эволюцию стандартов в процессах управления предприятиями, а в данном разделе проанализируем различные ситуации, требующие интеграции ИС. Соответственно в основе обеспечения их интеграции лежит использование стандартов ИКТ, которые можно разделить на «горизонтальные» - между системами или компонентами одного ранга и «вертикальными» - между системами разных рангов. Соответственно и стандарты можно поделить на «горизонтальные» и «вертикальные».

1. Пользователи и ИР находятся территориально в одном месте и осуществляется новое проектирование ИС в виде автоматизированных рабочих мест (АРМ). В этом случае осуществляются традиционные этапы: анализ потоков данных; концептуальное (онтологическое) проектирование; нормализация структур данных; логическое проектирование; физическое проектирование; разработка интерфейсов ввода-вывода; сопровождение БД.

2. Пользователи и ИР территориально распределены и осуществляется новое проектирование ИС. Этапы проектирования:

анализ потоков данных, каналов передачи данных, ограничений (время, пропускная способность и т.п.); распределение вычислительной техники по местам размещения; распределение информации по узлам управления и техническим средствам; формирование логических структур распределенных баз данных; далее аналогично п.1.

3. Пользователи и ИР территориально распределены и осуществляется допроектирование новых ИС к существующим. После анализа существующих БД и требований, предъявляемых к новым, может быть принято два варианта действий.

3.1. Принимается решение о полном перепроектировании всех существующих ИС в соответствии с п.2. Переносится информация из существующих ИС в объединенную новую БД.

3.2. В другом случае проектируется новая БД, учитывающая требования новых и старых ИС. Определяется проекция старой БД в новую и осуществляется синхронизация идентификаторов, преобразование форм передачи данных, преобразование форматов данных; решается проблема асинхронности передачи данных.

4. Наконец, рассмотрим ситуацию, когда ИР и пользователи территориально распределены, но неизвестны параметры ИС и БД (логические структуры, форматы данных и т.д.). Возникают две ситуации.

4.1. БД однородные. Например, это - библиотечные БД. В этом случае разрабатываются стандарты в области создания машиночитаемой каталогизации. Так появился международный формат MARC, который со временем разросся до 50 версий. Базовым форматом для них послужил USMARC (США). Появление такого количества форматов можно объяснить особенностями национальных правил каталогизации в разных странах. Для преодоления несовместимости MARC-форматов было принято решение о разработке формата-посредника, который получил название UNIMARC, то есть «Универсальный MARC». Для реализации процесса обмена каждой национальной службе достаточно было составить два конвертора: один для конвертирования в UNIMARC, другой – из UNIMARC [7]. К числу новых, разработанных на базе UNIMARC, можно отнести RUSMARC (Россия).

4.2. БД имеют гетерогенные структуры. В этом случае используются как накопленные в программировании методы, так и разрабатываются новые, например, семантические сети. Гетерогенность данных разделяется на физическую и семантическую [7]. Физическая гетерогенность подразумевает различия в представлении данных; может выражаться в различии типов данных, реализаций моделей данных (например, различные реляционные системы). Могут различаться также языки описания процедур, языки запросов, манипулирования и определения данных. Кроме этого, могут различаться и сами модели данных. Данные могут быть представлены не только в БД, но и в электронных таблицах или почтовых файлах и т.д. Проблема физической гетерогенности решается посредством введения стандартов взаимодействия (ODBC, DAO, OLE DB, ADO, ADO.NET). Семантическая гетерогенность проявляется в различиях в наименованиях данных, значениях и логических структурах. В данной области проводится большое количество исследований, но до сих пор не появилось какого-либо стандарта. Хотя проблема гетерогенности данных находится в центре внимания крупнейших компаний-разработчиков программного обеспечения и ведущих научных коллективов, она еще далека от удовлетворительного решения.

При создании системы интеграции возникает ряд задач, состав которых зависит от требований к ней и используемого подхода. К ним, в частности, относятся:

- разработка архитектуры системы интеграции данных;
- создание интегрирующей модели данных, являющейся основой единого пользовательского интерфейса в системе интеграции;
- разработка методов отображения моделей данных и построение отображений в интегрирующую модель для конкретных моделей, поддерживаемых отдельными источниками данных;
- интеграция метаданных, используемых в системе источников данных;
- преодоление неоднородности источников данных;

- разработка механизмов семантической интеграции источников данных.

Рассмотрим задачу разработки архитектуры системы интеграции данных, связанную непосредственно с темой работы.

Архитектура системы интеграции данных возможна в двух вариантах.

#### 4.2.1. Консолидация.

В случае консолидации данные извлекаются из источников, и помещаются в Хранилище данных. Процесс заполнения Хранилища состоит из трех фаз — извлечение, преобразование, загрузка (Extract, Transformation, Loading — ETL). Во многих случаях именно ETL понимают под термином «интеграция данных». Еще одна распространенная технология консолидации данных — управление содержанием корпорации (enterprise content management, сокр. ECM). Большинство решений ECM направлены на консолидацию и управление неструктурированными данными, такими как документы, отчеты и web-страницы.

Консолидация — однонаправленный процесс, то есть данные из нескольких источников сливаются в Хранилище, но не распространяются из него обратно в распределенную систему. Часто консолидированные данные служат основой для приложений бизнес-аналитики (Business Intelligence, BI), OLAP-приложений.

При использовании этого метода обычно существует некоторая задержка между моментом обновления информации в первичных системах и временем, когда данные изменения появляются в конечном месте хранения. Конечные места хранения данных, содержащие данные с большими временами отставания (например, более одного дня), создаются с помощью пакетных приложений интеграции данных, которые извлекают данные из первичных систем с определенными, заранее заданными интервалами. Конечные места хранения данных с небольшим отставанием обновляются с помощью оперативных приложений интеграции данных, которые постоянно отслеживают и передают изменения данных из первичных систем в конечные места хранения.

#### 4.2.2. Федерализация.



В федеративных БД физического перемещения данных не происходит: данные остаются у владельцев, доступ к ним осуществляется при необходимости (при выполнении запроса). Изначально федеративные БД предполагали создание в каждом из  $n-1$  узлов  $n-1$  фрагментов кода, позволяющего обращаться к любому другому узлу. При этом федеративные БД отделяли от медиаторов [7].

При использовании медиатора создается общее представление (модель) данных. Медиатор — посредник, поддерживающий единый пользовательский интерфейс на основе глобального представления данных, содержащихся в источниках, а также поддержку отображения между глобальным и локальным представлениями данных. Пользовательский запрос, сформулированный в терминах единого интерфейса, декомпозируется на множество подзапросов, адресованных к нужным локальным источникам данных. На основе результатов их обработки синтезируется полный ответ на запрос.

Отображение данных из источника в общую модель выполняется при каждом запросе специальной оболочкой (wrapper). Для этого необходима интерпретация запроса к отдельным источникам и последующее отображение полученных данных в единую модель. Сейчас этот способ также относят к федеративным БД.

Изучение и профилирование первичных данных, необходимых для федерализации, незначительно отличаются от аналогичных процедур, требуемых для консолидации.

Для демонстрации возможности интеграции гетерогенных БД можно привести опыт интеграции ИС по предоставлению электронных услуг гражданам в Эстонии [7]. В системе x-Road используется ролевая модель доступа, представляющая архитектуру систем интеграции в виде федерализация. Благодаря x-Road теперь каждый гражданин не только может ознакомиться со всеми своими данными, которые там имеются, но и узнать, кто еще интересовался этими данными, так как каждый запрос там фиксируется и оставляет свой след.

X-Road – это децентрализованная система, в которой определены единые интерфейсы и протоколы взаимодействия и обмена данными. Любой госорган может по определенным правилам подключить свою информационную систему к X-Road и настроить права доступа к нему для других ведомств. Коммерческие ИТ-системы тоже могут взаимодействовать с X-Road и могут брать оттуда данные. В результате — регистрация юрлица занимает 15 минут, более 25% эстонцев голосует через интернет на последних парламентских выборах, более 99% налоговых деклараций сдается в электронном виде и т.д. Таков X-Road — достижение эстонцев, сделавшее государство, бизнес и граждан ближайшими союзниками. По заказу государства частные компании разработали X-Road — протокол для обмена данных между разными базами данных. Это краеугольный камень всей системы госуслуг Эстонии.

X-Road соединяет разные реестры. Через него общаются, например, реестр коммерческих компаний и реестр автомобилей. Протокол оказался настолько удобным, что его стал использовать бизнес. Например, через X-Road ведут общие дела две компании телеком-оператора TeliaSonera. В последние годы система становится главным экспортным продуктом эстонского электронного государства. Финляндия уже переводит на неё все свои е-госуслуги (сам код передали «финским братьям» бесплатно, но на инсталляции зарабатывают частные эстонские компании), другие страны ЕС используют её для некоторых из своих е-сервисов. В Эстонии X-Road «гоняет» информацию между 170 базами данных.

Каждое министерство и ведомство имеет свою базу данных, которые чаще не совместимы и работают на различных платформах. X-Road-центр, расположенный в Министерстве экономики и коммуникаций, отвечает за то, чтобы формат, даты и предоставляемая информация совпадали.

В системе X-Road каждое учреждение остается хозяином своей информации и само определяет кому предоставить доступ к какой категории данных. Учреждение само обновляет свои данные. Таким образом, после внедрения X-Road, отпадает

надобность дублировать базы данных и, вместе с тем, все пользователи имеют доступ к самой свежей информации.

### **3. Стандарты в процессах управления предприятиями**

Практика внедрения ИКТ в экономику требует формализации общих принципов и методов организации производственного процесса, управления этими процессами, которые определенно обуславливали бы эффективное использование трудовых, вещественных, энергетических и информационных ресурсов.

Западные эксперты — будь они из McKinsey или Всемирного банка — едины в том, что цифровые технологии не работают без настройки отношений между субъектами экономики и управления в целом. В настоящее время на Западе эволюция информационных технологий привела к тому, что эти технологии становятся частью системы управления предприятием, т.е. средством координации действий людей. Именно это срастание информационных технологий и технологий управления людьми, заставило пересмотреть идеологию, технологию и организацию управления предприятиями и облечь их в виде стандартов. За счет этого все большее количество функций управления поддаются автоматизации за счет, с одной стороны, разработки стандартов на них, обучения менеджеров некоторым стандартным функциям управления, с другой - за счет увеличения технических возможностей ИКТ.

Фактически за последние 40 лет эти стандарты породили целую международную управленческую цивилизацию. Исходным стандартом, появившимся в 70-х годах, является стандарт MRP (Material Requirements Planning), представляющий собой методологию планирования потребности в материалах. Основная задача, решаемая в рамках методологии MRP, состоит в минимизации издержек посредством эффективного управления материальными запасами.

Стандарт MRP предполагает, что основными элементами ИС являются:

1. Описание состояния материалов. В нем отражается максимально полная информация обо всех материалах и комплектующих, необходимых для производства конечного продукта.

2. Программа производства. Представляет собой оптимизированный график распределения времени для производства необходимой партии готовой продукции за планируемый период.

3. Перечень составляющих конечного продукта. Список материалов и их количество, требуемое для производства конечного продукта.

Основными результатами использования системы стандарта MRP являются:

1. План Заказов. Определяет, какое количество каждого материала должно быть заказано в каждый рассматриваемый период времени в течение срока планирования. План заказов является руководством для дальнейшей работы с поставщиками и, в частности, определяет производственную программу для внутреннего производства комплектующих, при наличии такового.

2. Изменения к плану заказов являются модификациями к ранее спланированным заказам. Ряд заказов могут быть отменены, изменены или задержаны, а также перенесены на другой период.

Таким образом, использование системы стандарта MRP для планирования производственных потребностей позволяет обеспечить производство компонентами, требуемыми в соответствии с планом выпуска конечной продукции точно в том количестве и в те сроки, которые обозначены для ее изготовления, тем самым значительно снизить складские издержки и облегчить ведение производственного учета.

Совершенствования систем стандарта MRP привело к созданию ее расширенной модификации MRP-II (Manufactory Resource Planning — планирование производственных ресурсов). Концепция MRP-II является дальнейшим развитием MRP и ориентирована на эффективное управление всеми ресурсами производственного предприятия. MRP-II состоит из множества функций, связанных друг с другом: бизнес-планирование, планирование продаж и операций, планирование производства, формирование главного календарного плана производства, планирование

потребности в материалах, планирование потребности в мощностях, система поддержки исполнения планов для производственных мощностей и материалов. Выходные данные от этих систем интегрируются с финансовыми отчетами и документами, такими как бизнес-план, отчет о выполнении закупок, план (бюджет) отгрузки, прогноз запасов в стоимостном выражении и т. д. Планирование ресурсов производства представляет собой прямое продолжение и расширение MRP, работающего по замкнутому циклу».

Дальнейшее развитие концепции MRP-II шло по пути максимального расширения функций и возможностей информационных систем. В результате появилась концепция ERP (Enterprise Resource Planning) — планирование ресурсов предприятия.

Системы ERP представляют собой «верхний уровень» в иерархии систем управления предприятием, затрагивающий ключевые аспекты его производственной и коммерческой деятельности, такие как производство, планирование, финансы и бухгалтерия, материально-техническое снабжение и управление кадрами, сбыт, управление запасами, ведение заказов на изготовление (поставку) продукции и предоставление услуг.

Поскольку логистика была одной из первых отраслей, осознавших и почувствовавших необходимость интеграции разрозненных логистических процессов в единую систему, в ней были установлены некие стандарты на термины и понятия, принятые в мире в этой деятельности. В частности, в виде SCOR-модели, которую разработала международная организация – Совет по цепям поставок (The Supply-ChainCouncil-SCC), синтезировав в себе передовые достижения в этой деятельности [4].

В результате SCOR-модель предполагает собственный язык (терминологию) для описания взаимоотношений между участниками цепи поставок. Модель основана на так называемой «пирамиде из четырех уровней», в основе которой лежит принцип иерархичности: метрики верхнего уровня агрегируют измерения нижних уровней.

#### **4. Моделирование стандартов в рамках цифровых платформ управления экономикой**

Анализ результатов внедрения MRP, MRP-II, ERP и SCOR-модели показал, что в результате слабой интеграции ИС, отсутствия стандартов в виде обобщенных онтологических моделей деятельности во многих отраслях страны внедрение их крайне затруднено. В большинстве случаев только декларируется внедрение ERP-систем. Необходимо совершенствовать управление бизнес-процессами на основе общих алгоритмов, онтологических моделей, выработке соответствующих стандартов для значительной группы предприятий, взяв за основу успешный опыт других предприятий в виде референтных моделей [4]. Обобщить, объединить и структурировать такой огромный пласт знаний возможно только на основе системного, научного подхода. Именно в интеграции и систематизации сведений и заключается подход к разработке математической модели цифровых стандартов в рамках цифровых платформ управления экономикой.

Под цифровой платформой управления экономикой будем понимать совокупность упорядоченных цифровых данных на основе онтологического моделирования; математических алгоритмов, методов и моделей их обработки и программно-технических средств сбора, хранения, обработки и передачи данных и знаний, оптимально интегрированных в единую информационно-управляющую систему, предназначенную для управления целевой предметной областью с организацией рационального цифрового взаимодействия заинтересованных субъектов.

Под проектированием структуры цифровых платформ понимается процесс построения взаимосвязей элементов структуры управления и самих элементов в соответствии с заданными критериями эффективности в целом.

Рассматривается система, состоящая из множества узлов управления  $j$  (например, федеральных и региональных министерств, ведомств, предприятий, их подразделений), множества задач  $K$ , связанных с обработкой данных, размещаемых в дата-центрах, ситуационных центрах (СЦ), кластеров данных  $L$ , типов

связи  $R$ . Процесс управления предполагается периодически с периодом  $T$ , и все операции расчетов, передачи данных и т.д. усреднены по времени. Будем считать, что любая задача может решаться в любом узле, в том числе разбиваться по этим узлам. Для решения задач используются некоторые обобщенные технические средства.

Математическая модель

$k$  - номер задачи,  $k \in K$  ;

$l$  - номер информационного элемента,  $l \in L$  ;

$j$  - номер узла управления,  $j \in J$  ;

$f_{klj}^e$  - средние характеристики (объем информации; временные, частотные требования и т.д.) на информацию  $l$ -ого элемента, необходимого для задачи  $k$ , возникающий в узле  $j$ ,  $e \in E$  ;

$x_{jk} = 1$ , если  $k$ -я задача решается в узле  $j$ , 0 – иначе;

$\alpha_{klj} = 1$ , если  $l$ -й элемент возникает в узле  $j$  для  $k$ -й задачи, 0 – иначе;

$y_{l_1 j_2 r} = 1$ , если  $l$ -й элемент передается из  $j_1$ -го узла в  $j_2$ -й посредством  $r$ -го средства связи;

$d_{mjk}$  - необходимые ресурсы  $m$ -го типа для решения  $k$ -й задачи в  $j$ -м узле;

$M_m$  -  $m$ -е ресурсы оборудования;

$s_{l_1 j_2 r} = 1$ , если  $r$ -й тип связи используется для передачи  $l$ -го элемента из  $j_1$ -го узла в  $j_2$ -й;

$G_r^e$  - характеристики средств связи;  $c_j^1$  - стоимость единицы оборудования в  $j$ -м узле;  $c_{j_1 j_2 r}^2$  - стоимость  $r$ -го средства связи при передаче информации из  $j_1$  в  $j_2$ ;  $c_{j_1 j_2 r}^3$  - затраты на передачу единицы информации из  $j_1$  в  $j_2$ ;  $c_{mjk}^4$  - стоимость  $m$ -го ресурса для решения  $k$ -й задачи в  $j$ -м узле;  $c_k^5$  - обобщенная стоимость  $k$ -й задачи;  $c^0$  - средства, выделенные на разработку ЦП;

Ограничения на размещение задач по узлам и техническим средствам:

$$(1) \sum_j x_{jk} \geq 1, \quad k \in K^3 \in K, \text{ то есть } k\text{-я задача должна быть решена}$$

хотя бы в одном узле;

$$(2) x_{jk} \geq 1, \quad j \in J_1, \quad k \in K^4 \in K, \text{ т.е. некоторые задачи из множества } K \text{ должны быть обязательно решены в некоторых узлах } j \in J_1;$$

Условия передачи информации из узла  $j_1$  в узел  $j_2$ :

$$(3) \sum_r y_{lj_1j_2r} = \sum_k a_{klj_1} x_{j_2k}, \quad j_1 \neq j_2.$$

Информация передается из узла  $j_1$  в узел  $j_2$ , когда она возникает в узле  $j_1$  и используется в узле  $j_2$  для задачи  $k$ ;

$$(4) \sum_r y_{lj_1j_2r} \leq 1, \text{ информация передается одним средством связи.}$$

Ограничение на загрузку оборудования:

$$(5) \sum_{jk} d_{mjk} x_{jk} \leq M_m.$$

Ограничения на каналы связи:

$$(6) \sum_{l,k} y_{lj_1j_2r} f_{klj_2}^e \leq G_r^e s_{j_1j_2r}.$$

Финансовые ограничения на инвестиции:

$$(7) \sum_{j,k} c_j^1 x_{jk} + \sum_{j_1, j_2, r} c_{j_1j_2r}^2 s_{j_1j_2r} + \sum_{j,k} c_k^5 x_{jk} \leq c^0.$$

Критерий эффективности:

$$(8) \sum_{j,k} c_j^1 x_{jk} + \sum_{j_1, j_2, r} c_{j_1j_2r}^2 s_{j_1j_2r} + \sum_{j_1, j_2, r} c_{j_1j_2r}^3 f_{klj_2}^e y_{lj_1j_2r} + \sum_{m,j,k} c_{mjk}^4 d_{mjk} x_{jk} + \sum c_k^5 x_{jk} \rightarrow \min$$

Представленная в работе модель распределяет в пределах выделенных финансовых ресурсов информационные средства и решаемые задачи по узлам управления (дата-центрам, ЦС), определяет при необходимости инвестиции в телекоммуникационные средства с оптимизацией информационных потоков. В



сформированных группах информационных ресурсов возможна ситуация, когда отдельные информационные массивы, сгруппированные подобным образом, окажутся несвязанными или слабо связанными между собой, что не соответствует данному выше определению ЦП. Для дальнейшего определения ЦП воспользуемся кластерным анализом, применяемым для кластеризации предметных областей пользователей при проектировании баз данных, например [11]. При априори заданном количестве (кластеров) ЦП в [6] дан строгий математический алгоритм определения степени общности предметных областей пользователей на основе меры подобия, применяемой в теории автоматической классификации. Для классификации ЦП можно воспользоваться предлагаемой функцией подобия. В нашем же случае число кластеров неизвестно заранее. В последнее время в связи с появлением интернета огромным интересом стали пользоваться методы кластеризации текстовых документов. Один из популярных методов основан на теории графов кластеризации и построении минимального остовного дерева по алгоритму Краскала [10].

Используя один из представленных методов, кластеризацию ЦП в каждом дата-центре можно провести на основании так называемой матрицы семантической смежности на полученных значениях  $f_{kij}^e$  для конкретного дата-центра  $j_0$ . Элемент  $a_{in}$  (коэффициент сходства) матрицы семантической смежности  $\|a_{in}\|$  представляет собой величину в диапазоне от 0 до 1, равную количеству пересечений элемента  $i$  с элементом  $n$  во всех решаемых задачах (можно учесть разные характеристики групп, например, частоту, объем, важность использования информации и т.д.), отнесенных к количеству элементов (количеству пересечений и т.д.). Если две группы обладают большим сходством, то они должны принадлежать одной ЦП, если их сходство равно нулю либо меньше некоторого порогового критического значения, то они должны быть в разных ЦП.

Одним из результатов кластеризации ЦП является научное обоснование Общегосударственной автоматизированной системе сбора и обработки информации для учета, планирования

и управления народным хозяйством в СССР (ОГАС), предлагаемой А.И. Китовым и академиком В.М. Глушковым, в части представления первичной учетной информации всех отраслей в виде универсальной структуры (кортежа): вид операции, объект операции, место проведения, кто проводил, дата, интервал времени, задействованные средства производства, объем операции, вид потребленного ресурса, объем потребленного ресурса.

Вторым результатом являются концептуальные модели технологических БД целых отраслей, из которых получаются универсальные типовые логические структуры технологических БД.

Приведенные результаты являются ключевыми стандартами цифровой экономики, позволяющими указанные выше стандарты MRP, MRP-II, ERP и SCOR-модель сделать типовыми на широкий круг предприятий, а также создающими основу формирования единой цифровой платформы страны.

### **Литература**

1. АГЕЕВ А.И. *Насколько Россия подготовлена к вызовам XXI века.* НГ-ЭНЕРГИЯ от 16.01.2019.
2. ГЛУШКОВ В.М. *Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС.* М.: Статистика, 1975. – 160 с.
3. ГУЛЯЕВ Ю.В., ЖУРАВЛЕВ Е.Е., ОЛЕЙНИКОВ А.Я. *Методология стандартизации для обеспечения интероперабельности* / Журнал радиоэлектроники. М.: ИРЭ РАН, № 3, 2012. С. 1 – 40.
4. ЕРЕШКО, Ф. И., КУЛЬБА В.В., МЕДЕННИКОВ В.И. *Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей.* // АПК: экономика, управление. 2018. №10. С. 34-46.
5. *Инженеры: Коллапс интернета ожидается через восемь лет.* [Электронный ресурс]. – URL: <https://russian.rt.com/article/89214/> (дата обращения 17.05.2019).
6. КУЛЬБА В.В., МИКРИН Е.А., ПАВЛОВ Б.В., ПЛАТОНОВ В.Н. *Теоретические основы проектирования*

*информационно-управляющих систем космических аппаратов*. М.: Наука, 2006. – 584 с.

7. МЕДЕННИКОВ В.И., МУРАТОВА Л.Г., САЛЬНИКОВ С.Г. *Методы и модели интеграции аграрных научных информационных ресурсов в Интернете*. М.: Аналитик, 2018. – 101 с.
8. *Стратегическая проектная сессия*. [Электронный ресурс]. – URL: <http://onto.digital-economy.ru/> (дата обращения 17.05.2019).
9. *Эксперты: развитие цифровой экономики в РФ невозможно без расширения стандартизации*. [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/5363155/> (дата обращения 17.05.2019).
10. AFIFI A. H., CLARK V. *Computer Aided Multivariate Analysis*. London: Chapman & Hall, 1996. – P. 412.
11. ДЖ. МАРТИН. *Планирование развития автоматизированных систем*. М.: Финансы и статистика, 1984. – 196 с.
12. ERIK BRYNJOLFSSON, LORIN HITT, SHINKYU YANG. *Intangible Assets: Computers and Organizational Capital* // Brookings Papers on Economic Activity, Vol.2, No.1, 2002. P. 1 – 52.