

УДК 004.658.6

УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ В УСЛОВИЯХ ИХ ДЕФИЦИТА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРОЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

И.В. Черпаков, Липецкий филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Липецк, Россия

Аннотация. Целью данной статьи является постановка задачи задач управления распределением ограниченных ресурсов при управлении ИТ-инфраструктурой предприятия. В условиях дефицита ресурсов рано или поздно возникает ситуация, когда бизнес-процессы становятся неэффективными из-за полного или частичного отсутствия поддержки ИТ-инфраструктуры. Поэтому необходимо разработать как общую схему решения задач этого класса, так и комплекс моделей и методов, которые могут быть положены в основу компонентов управления ИТ-инфраструктурой, непосредственно управляющих ресурсами ИТ, их выделением, учетом, планированием и оптимизацией в условиях их ограниченности. В статье приводятся факторы, определяющие многообразие постановок задач управления ресурсами ИТ-инфраструктуры рассматриваются задачи управления информационными технологиями (ИТ), дается краткий обзор существующих методов управления ресурсами, выделяется шестилурневая иерархия процессно-ресурсного управления ИТ-инфраструктурой, рассматривается математическая постановка задачи управления распределением ресурсов в условиях их дефицита при управлении двухурвневой и трехурвневой ИТ-инфраструктурой предприятия.

Ключевые слова: ИТ-инфраструктура, процессно-ресурсный подход, система управления ИТ-инфраструктурой, управление ИТ, управление ИТ-ресурсами.

Для цитирования: Черпаков И.В. Управление распределением ресурсов в условиях их дефицита при управлении ИТ-инфраструктурой предприятия // ЭФО: Экономика. Финансы. Общество. 2022. №2. С. 61-75

THE ALLOCATION OF SCARCE RESOURCES IN IT-INFRASTRUCTURE MANAGEMENT OF AN ENTERPRISE

И.В. Черпаков, Липецкий филиал ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Липецк, Россия

Abstract. The purpose of this paper is to set the problem of managing the allocation of scarce resources in the management of IT infrastructure of the enterprise. In conditions of resource scarcity, sooner or later there is a situation when business processes become inefficient due to complete or partial lack of IT infrastructure support. Therefore, it is necessary to develop both a general scheme of solving problems of this class and a set of models and methods, which can be the basis for the components of IT management, directly managing IT resources, their allocation, accounting, planning and optimization in a situation of scarce resources. The paper examines the problems of information technology (IT) management, gives a brief overview of existing methods of resource management, identifies a six-level hierarchy of process-resource management of IT infrastructure,

considers a mathematical statement of the problem of management of resource allocation in the conditions of their deficiency in the management of IT infrastructure of the enterprise.

Keywords: *IT infrastructure, process-resource approach, IT infrastructure management system, IT management, IT resource management*

Введение

В процессе функционирования информационных систем управления возникают ситуации, когда ресурсов становится недостаточно и бизнес-процессы, лишенные или сильно ограниченные поддержкой со стороны ИТ-инфраструктуры, начинают работать неэффективно. К дефициту ресурсов приводят неисправности в ИТ-инфраструктуре, переполнение хранилищ данных, увеличение количества пользователей, увеличение объемов передаваемых и обрабатываемых данных, внедрение новых ИТ-сервисов без привлечения дополнительных ресурсов [1].

Несмотря на наличие дефицита ресурсов, технологии управления ИТ-инфраструктурой должны эффективно поддерживать систему бизнес-процессов за счет априорной поддержки наиболее важных бизнес-процессов и способности перераспределять ресурсы.

Результаты исследования

Для придания ИТ такой способности необходимо решить задачи, представленные на рис. 1.

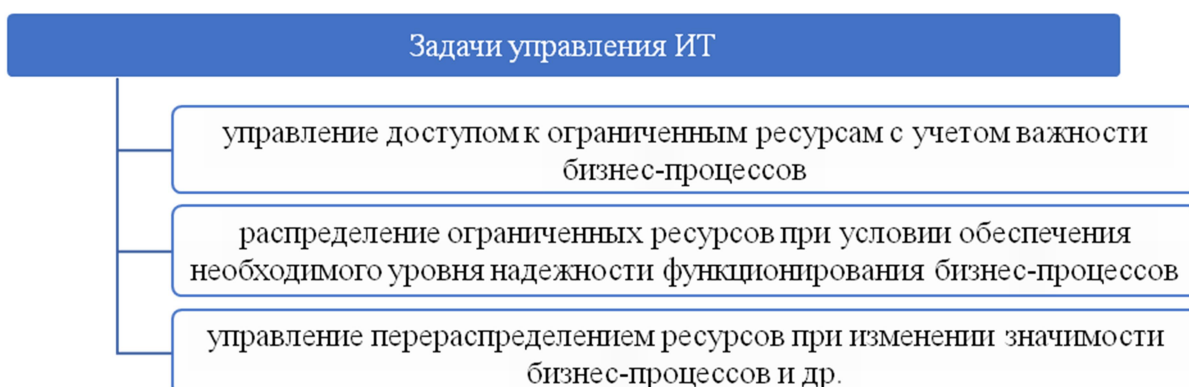


Рис.1. Задачи для управления ИТ-инфраструктурой в рамках бизнес-процессов

Повышения качества предоставления услуг в корпоративной ИТ-инфраструктуре можно достичь за счет выделения дополнительных ресурсов приложениям, предоставляющим услуги, или обеспечения приоритетного прохождения трафика, генерируемого критичными приложениями [2]. В первом случае возникают задачи управления нагрузкой и ресурсами. Эти задачи делятся на два больших класса — управление ресурсами в условиях их дефицита, что характерно для большинства ИТ-инфраструктур корпоративного уровня с распределенными ресурсами, и рационального использования ресурсов в условиях их избытка, что характерно для ИТ-инфраструктур на

основе центров обработки данных (ЦОД). Во втором случае возникают задачи теории расписаний, определения приоритетов и диспетчирования.

Многообразие задач управления распределением ограниченных ресурсов порождено множеством условий и исходных данных. Факторы, определяющие многообразие постановок задач управления ресурсами ИТ-инфраструктуры, можно разделить на семь групп [3]:

1. Характер задачи.
 2. Достаточность ресурсов.
 3. Критерии, определяющие эффективность управления.
 4. Перечень задач.
 5. Характер выделения ресурсов.
 6. Пространство ресурсных компонентов.
 7. Требования программных компонентов, виртуальных машин, серверов.
- Рассмотрим эти факторы более подробно.

Характер задачи определяется временным интервалом между инцидентом (группой инцидентов) и откликом на решение, а так же систематичностью принятия управленческих решений в рамках ИТ-инфраструктуры. По характеру задачи выделяют дискретные (решение проблем по мере их появления) и непрерывные задачи (выполняется систематический анализ состояния ИТ, ИТ-сервисов, ИТ-инфраструктуры и производится соотнесение с бизнес-процессами предприятия).

Фактор достаточности ресурсов. Наиболее часто возникает ситуация, когда ИТ-ресурсы ограничены (имеется дефицит). Однако в ряде случаев может наблюдаться и избыточность ресурсов. В этом случае решается задача эффективного управления ИТ-инфраструктурой в рамках избытка ресурсов.

К критериям, определяющим эффективность управления можно отнести следующие:

- равномерное заполнение ИТ-ресурсами;
- максимальное высвобождение ресурсов;
- максимальная эффективность ИТ и систем;
- максимальная поддержка важных бизнес-процессов.

Типовые задачи, решаемые в ходе управления ИТ-инфраструктурой:

- перенаправление ограниченных ресурсов;
- управление нагрузкой;
- размещение виртуальных машин по серверам;
- выделение дополнительных ресурсов значимым процессам.

Выделение ресурсов в рамках управления системой ИТ для ИТ-инфраструктуры может осуществляться:

- для бизнес-приложений;
- для виртуальных машин;
- для виртуальных серверов.

В качестве пространства ресурсных компонентов ИТ-системы обычно выступают:

- процессорное время (ГГц);

- объем оперативной памяти (Гб);
- объемы жестких дисков (Гб, Тб);
- каналы связи (Мбит/с).

Требования к программным и иным компонентам определяются исходя из текущих задач, но обычно рассматривают следующие:

- процессорное время (ГГц);
- объем оперативной памяти (Гб);
- объемы жестких дисков (Гб, Тб);
- скорость доступа (Мбит/с);
- надежность.

К сожалению, эти факторы не учитывают все систематизированные факторы, в частности, виды ресурсов ИТ-инфраструктуры и ограничения. Поэтому необходимо разработать как общую схему решения задач этого класса, так и комплекс моделей и методов, которые могут быть положены в основу компонентов управления ИТ-инфраструктурой, непосредственно управляющих ресурсами ИТ, их выделением, учетом, планированием и оптимизацией в условиях их ограниченности.

Рассмотрим управление распределением ресурсов в условиях их дефицита. В условиях широкого распространения процессного управления ИТ целесообразно рассматривать как основу платформы управления ИТ-инфраструктурой, которая обеспечивает эффективную реализацию системы бизнес-процессов предприятий. Управление бизнес-процессами целесообразно осуществлять посредством распределения ресурсов. Поэтому в основу управления ИТ положен ресурсный подход. Таким образом, управление ИТ-инфраструктурой предопределяет необходимость решения задач мониторинга, анализа и управления объектами мониторинга и управления, а также управления доступом распределенных приложений к общим вычислительным и коммуникационным ресурсам и ресурсам хранения информации.

Учитывая ограниченность ИТ-ресурсов в условиях интеграции процессного и ресурсного подходов, необходимо выстроить рациональную схему планирования, управления и перераспределения ресурсов в соответствии с требованиями системы бизнес-процессов [4]. Реализация этой схемы позволит существенно снизить расходы на содержание ИТ-инфраструктуры, обеспечив поддержку системы бизнес-процессов с использованием меньшего количества ресурсов, быстро восстанавливать работоспособность системы управления и перераспределять ресурсы в случае возникновения неисправностей, отдавая их наиболее значимым бизнес-процессам.

Более рационального использования ресурсов ИТ-инфраструктуры можно достичь за счет интеграции ресурсов различных ИТ, уменьшения объемов ресурсов, предназначенных для резервирования, использования одних и тех же ресурсов различными приложениями и процессами, перераспределения ограниченных ресурсов.

Управление доступом к общим ресурсам осуществляет ИТ, которая в случае возникновения нештатных ситуаций обеспечивает перераспределение

ресурсов и закрепление их за бизнес-процессами или приложениями с учетом их значимости. Для эффективной работы ИТ необходимо разработать математические модели и алгоритмы распределения и перераспределения ресурсов ИТ-инфраструктуры, провести их исследование и практическую реализацию, убедиться в их работоспособности, полезности и эффективности.

Одна из важнейших функций ИТ-подразделения — планирование ресурсов. В частности, необходимо определить, какие новые ИТ должны быть приобретены и какие новые информационные, коммуникационные и другие ресурсы закуплены [5]. При этом необходимо определить, закупать ли новые ресурсы, или новые ИТ можно развернуть на имеющихся ресурсах, перераспределив их соответствующим образом. Для решения этой задачи ИТ-подразделение должно иметь в системе управления ИТ-инфраструктурой специальное ПО, использующее соответствующие математические модели и методы.

Ведущие поставщики систем управления ИТ-инфраструктурой не раскрывают внутренних механизмов работы своего программного обеспечения, а библиотеки лучших практик ИТ-управления ITIL и решения ITSM содержат только формализованное описание организации работы ИТ-подразделения и управления ИТ-услугами. В тоже время для эффективной работы системы управления ИТ-инфраструктурой необходимо иметь множество разнообразных математических моделей и алгоритмов, предназначенных для решения различных задач управления доступом к ограниченным ресурсам [6].

Хотя проблематика управления доступом к ресурсам рассматривается во многих работах, полнофункциональных решений пока нет. Предложенные модели и методы распределения ресурсов либо ориентированы на распределенные системы других классов, либо не учитывают комплексный характер систем управления ИТ-инфраструктурой. Так, ограничен выбор универсальных моделей распределения ресурсов для больших распределенных ИТ-инфраструктур корпоративного уровня [7].

На основе двухуровневой модели можно предложить многоуровневую модель распределения ресурсов и способ перехода от многоуровневой модели к двухуровневой. Модель управления перераспределением ресурсов ИТ-инфраструктуры оперативно реагирует на изменение значимости бизнес-процессов, позволяет осуществлять эффективное распределение и перераспределение общих ресурсов при возникновении новых задач. Предложенный алгоритм выделения ресурсов учитывает изменяющуюся значимость задач и может быть использован в иерархических системах управления ИТ-инфраструктурой [8]. Однако остаются не решенными вопросы практической реализации моделей в управления ИТ-инфраструктурой, не подтверждена пригодность разработок с точки зрения практики.

Особый интерес вызывают модели распределения ресурсов в ИТ-инфраструктуре специального назначения. Работа таких систем ограничивается соответствующими требованиями и регламентами, не позволяющими системе управления ИТ-инфраструктурой автоматически перераспределять свои

ресурсы. Здесь функции системы ограничиваются выдачей рекомендаций дежурным и администраторам для принятия решений, а также осуществлением технологического управления оборудованием, программным обеспечением.

Существует класс моделей управления ресурсами Grid, кластерных систем и сетей связи, но они не учитывают все виды ресурсов ИТ-инфраструктуры и оперативные ограничения [9]. Управления сетями связи хорошо структурированы. Для них разработаны эффективные модели и методы управления потоками, нагрузками на входе и другими параметрами. Однако они не учитывают возможность балансирования нагрузки на вычислительные ресурсы, влияния размещения информационных и программных ресурсов и т. п.

Кроме того, модели управления ресурсами Grid и кластерных систем в большинстве фокусируются только на вычислительных, информационных и программных ресурсах.

Поэтому необходимо разработать новые модели и методы, лишенные отмеченных недостатков, на их основе реализовать компоненты ИТ, непосредственно управляющие ресурсами ИТ-инфраструктуры, их выделением, учетом, планированием и оптимизацией.

В процессе функционирования ИТ-инфраструктуры предприятия, даже в том случае, когда ИТ-ресурсы на этапе проектирования выбраны с учетом резервирования, часто возникают ситуации, когда ресурсов становится недостаточно для эффективной работы бизнес-процессов или процессов деятельности [10]. Причиной этому могут быть отказы средств коммутации, выход из строя серверов и других элементов ИТ-инфраструктуры, переполнение хранилищ данных, увеличение количества пользователей, внедрение новых ИТ и развертывание новых приложений без привлечения дополнительных ресурсов и др. Недостаток ресурсов наблюдается и тогда, когда с целью экономии на этапе проектирования и развертывания ИТ-инфраструктуры создаются ресурсные ограничения, т. е. ИТ-ресурсы приобретаются с априорной недостаточностью в предположении того, что не все приложения будут работать одновременно или время работы приложений определяется графиком или периодами суток. Например, резервное копирование планируется проводить ночью, когда уменьшается загруженность коммуникационной сети, а бухгалтерии большие объемы ресурсов будут выделяться только во время подготовки отчетов.

При дефиците ресурсов бизнес-процессы лишаются или сильно ограничиваются поддержкой со стороны ИТ-инфраструктуры [11], менеджмент предприятия своевременно не получает всей необходимой информации и снижается эффективность управленческих решений. Часто ситуацию не может спасти и дублирование наиболее важных ресурсов или резервирование для низкоприоритетных задач.

Действительно, дублирование и резервирование могут быть неэффективными в условиях сложной зависимости одних ресурсов от других.

Именно поэтому в ИТ управления ИТ-инфраструктурой целесообразно использовать ресурсный подход, предоставляя первоочередное право доступа к ресурсам приложениям, поддерживающим наиболее важные бизнес-процессы, и ограничивая выполнение низкоприоритетных бизнес-задач. Для этого система управления ИТ-инфраструктурой должна поддерживать режимы работы в условиях ресурсных ограничений.

Теоретически возможно описать все возможные комбинации ограничений ресурсов и правила управления для каждой из этих комбинаций, однако практическая реализации в этом случае будет громоздкой и не гибкой, поскольку количество комбинаций может быть огромным, а модернизация ИТ-инфраструктуры потребует полной переработки логики работы ИТ [12]. Поэтому работа система ИТ для управления ИТ-инфраструктурой должна базироваться на совокупности математических моделей, учитывающих важность бизнес-процессов, претендующих на использование общих ограниченных ИТ-ресурсов, схеме выбора и взаимодействия моделей с учетом текущей ситуации в ИТ-инфраструктуре, методах управления доступом к ресурсам в условиях их ограниченности.

Поскольку система управления доступом к ресурсам должна учитывать особенности работы с ресурсами вычислительных систем, СУБД, систем хранения данных и других элементов ИТ-инфраструктуры [13], то в условиях реализации процессного и ресурсного принципов управления она должна строиться с учетом, как минимум, такой трехуровневой схеме процессов управления: выбор самых важных бизнес-процессов при условии их обслуживания в сложившейся ситуации; закрепление конкретных ресурсов за выбранными бизнес-процессами; диспетчерское управление предоставлением услуг.

Задача первого уровня состоит заключается в таком закреплении интегрированного ресурса за бизнес-процессами, при котором общая важность обслуживания бизнес-процессов будет максимальной при соответствующий ресурсных ограничениях. Можно говорить о закреплении интегрированного ресурса за теми бизнес-процессами, которые имеют наивысшую суммарную важность и могут быть эффективно поддержаны имеющимися ресурсами. При этом некоторые процессы могут быть переведены на ограниченное функционирование.

Задача управления ограниченными ресурсами второго уровня формулируется как задача закрепления за выбранными на первом уровне бизнес-процессами конкретных ресурсов ИТ-инфраструктуры, когда интегрированный критерий эффективности закрепления ресурсов получит максимальное значение при условии выполнения временных, технологических, ресурсных и других ограничений.

Диспетчерское управление заключается в составлении расписаний выполнения запросов бизнес-процессов на ресурсы ИТ-инфраструктуры с максимально эффективным использованием ресурсов при условии выполнения

временных, технологических, ресурсных и других ограничений на выбранные бизнес-процессы и реализации этих расписаний.

К этим уровням стоит прибавить возможность закладывания параметров эффективного управления доступом на этапе проектирования ИТ-инфраструктуры и оптимизации наращивания ресурсов при ее модернизации и развитии.

Процессно-ресурсный подход [14, 15] подразумевает такое управление распределением ресурсов, чтобы обеспечивалась эффективная реализация системы бизнес-процессов. В этом случае осуществляется управление доступом к ресурсам, предоставляя первоочередное право доступа тем приложениям, которые поддерживают наиболее важные бизнес-процессы, и ограничивая выполнение низкоприоритетных бизнес-задач.

При процессно-ресурсном подходе решаемые задачи можно распределить по следующим шести иерархическим уровням, непосредственно связанным с жизненным циклом управления ИТ-инфраструктурой:

1) определение необходимых ресурсов для поддержания наиболее важных бизнес-процессов в условиях ограниченного финансирования на этапе планирования и проектирования ИТ-инфраструктуры;

2) определение значимости бизнес-процессов, поддерживаемых с помощью ИТ в сложившейся ситуации недостаточности ресурсов;

3) выбор наиболее важных бизнес-процессов, которые могут быть обслужены в ИТ-инфраструктуре в сложившихся условиях ограниченности ресурсов;

4) распределение или перераспределение конкретных ресурсов ИТ-инфраструктуры для поддержания бизнес-процессов, выбранных на предыдущем уровне иерархии задач;

5) реализация управления доступом бизнес-процессов к ограниченным ресурсам ИТ-инфраструктуры (диспетчерское управление предоставлением услуг);

6) оптимизация наращивания ресурсов при модернизации и развитии ИТ-инфраструктуры.

На этапе планирования и проектирования системы управления ИТ-инфраструктурой при отсутствии финансовых ограничений разрабатывается ИТ-инфраструктура, ресурсы которой будут достаточными для поддержания бизнес-процессов, удовлетворяя требованиям к производительности, объемом хранилищ данных и другим параметрам. Кроме того, наиболее важные ИТ-ресурсы дублируются или резервируются.

Если бюджет на создание ИТ-инфраструктуры ограничен, что характерно для большинства предприятий, то уже на стадии проектирования в ИТ-инфраструктуру закладывается дефицит ИТ-ресурсов, и полученная в итоге ИТ-инфраструктура не будет идеальной [16]. Несмотря на это, спроектированная с дефицитом ресурсов, система способна эффективно поддерживать бизнес-процессы, если априорно ИТ обеспечивают поддержку наиболее важных бизнес-процессов, а система управления ИТ-

инфраструктурой может перераспределять ресурсы в процессе работы и имеется регламент использования ресурсов.

Задачу определения необходимых ресурсов для поддержания наиболее важных бизнес-процессов на этапе планирования ИТ-инфраструктуры при дефиците ресурсов сформулируем следующим образом.

Для заданного ограниченного бюджета и известной стоимости отдельных ресурсов необходимо найти такую конфигурацию распределения ресурсов, которая бы обеспечивала поддержание наиболее важных бизнес-процессов [17].

Простейшая модель распределения ограниченных ресурсов может быть представлена в виде нескольких бизнес-процессов, использующих часть одного или нескольких независимых друг от друга ресурсов (рис. 2).

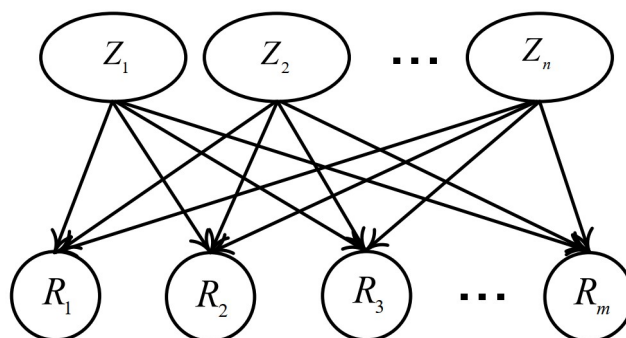


Рис.2. Двухуровневая модель распределения ресурсов ИТ-инфраструктуры

Введем обозначения:

$\tilde{Z} = \{z_i\}, i = \overline{1, n}$ — множество бизнес-процессов, поддержание которых обеспечивает эффективное функционирование предприятия как объекта управления;

$\overline{W} = \{w_i\}, i = \overline{1, n}$ — коэффициенты важности процессов Z_1, Z_2, \dots, Z_n соответственно;

$\overline{R} = \{r_j\}, j = \overline{1, m}$ — ресурсы ИТ-инфраструктуры, необходимые для поддержания бизнес-процессов \tilde{Z} ;

$P = \|p_{ij}\|$ — матрица потребностей процессов \tilde{Z} в ресурсах, ее элемент p_{ij} равен количеству необходимого процессу Z_i ресурса R_j или 0, если ресурс не требуется;

$\tilde{r} = \{r_j\}, j = \overline{1, m}$ — количество ресурсов R_1, R_2, \dots, R_m соответственно;

$c = \{c_j\}, j = \overline{1, m}$ — стоимость единицы ресурса R_1, R_2, \dots, R_m соответственно;

C — бюджет на создание ИТ-инфраструктуры.

Рассмотрим дискретный случай, когда при планировании предусматривается, что бизнес-процесс или поддерживается в полном объеме, или полностью лишается поддержки.

Введем вектор $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, элемент $x_i, i = \overline{1, n}$ которого определяется следующим образом:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если бизнес – процесс } Z_i \text{ обслуживается;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Целевая функция должна оценивать суммарную важность бизнес-процессов, которые будут обслуживаться. С учетом того, что в первую очередь необходимо обслужить наиболее важные для объекта управления бизнес-процессы, критерий приобретает следующий вид:

$$\max \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i. \quad (2)$$

Введем ресурсные ограничения:

$$\sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} \leq r_j, j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Стоимость приобретаемых ресурсов не должна превышать бюджет C на создание ИТ-инфраструктуры:

$$\sum_{j=1}^m r_j \cdot c_j \leq C. \quad (4)$$

Если ресурсы приобретаются в минимальном количестве, необходимом только для поддержания бизнес-процессов без резервирования и избыточности, которое требуется для развития, то можно записать:

$$r_j = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij}, j = \overline{1, m} \quad (5)$$

Поскольку конфигурация ресурсов на этапе планирования еще не определена, а задан только общий бюджет, ограничения (3) с учетом (4) и (5) примут следующий вид:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_{ij} \cdot c_j \leq C. \quad (6)$$

Задачи (2), (6) — это задачи булевого программирования, для решения которых можно использовать соответствующие методы [18].

В условиях гибкого управления доступом к ресурсам перспективным будет метод управления, при котором полностью обслуживаются важные бизнес-процессы [19], а менее важные бизнес-процессы обслуживаются с ограниченной функциональностью. Для определения уровня поддержания бизнес-процесса Z_i будем использовать переменную $x_i \in [0, 1]$.

Тогда критерий (2) и ограничения (3) остаются в силе и добавляется ограничение на первичную переменную в виде

$$0 \leq x_i \leq 1, i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Модель (2), (6), (7) — случай задачи линейного программирования.

После того, как задача будет решена относительно переменных x_i , искомые значения объемов ресурсов $r_j, j = \overline{1, m}$, могут быть получены по формуле (5).

В ИТ-инфраструктуре часто ресурсы зависят друг от друга. Например, сервер приложений при обработке запросов пользователя может в свою очередь делать запросы к серверу баз данных, а внешнее хранилище данных при выполнении операций чтения/записи использует часть сетевых ресурсов [20].

Предположим, что при использовании ресурсов ИТ-инфраструктуры отсутствует взаимная зависимость между ресурсами. Т. е. если, например, использование ресурса R_1 требует использования ресурса R_2 , то функционирование ресурса R_2 не должно прямо или косвенно зависеть от наличия ресурса R_1 . Тогда на ориентированном графе зависимостей ресурсов циклы не возникают (рис. 3).

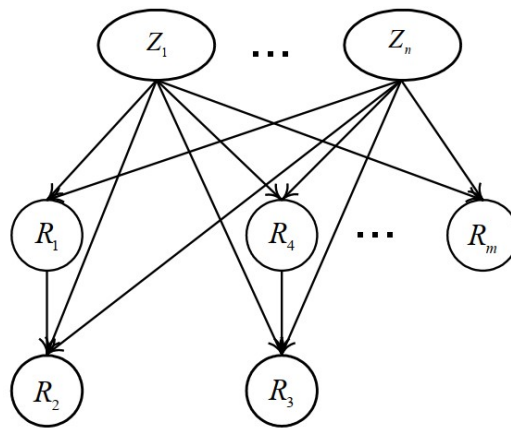


Рис. 3. Многоуровневая модель использования ресурсов ИТ-инфраструктуры

Необходимо отметить, что подобная ситуация характерна для большинства информационных систем управления ИТ-инфраструктурой, функционирующих по принципу клиент-сервер (как двух-, так и многозвенных).

Для учета ресурсов, задействуемых для поддержания функционирования других ресурсов, введем матрицу $V = \|v_{kj}\|$ размером $m \times m$, где v_{kj} — количество ресурса $R_j, j = \overline{1, m}$, затрачиваемое при использовании единицы ресурса $R_k, k = \overline{1, m}$.

В матричной форме задачи (2), (3) можно представить следующим образом:

$$\max x \cdot w, \tag{8}$$

$$\overline{X} \times P \leq \tilde{r}. \tag{9}$$

Тогда для трехуровневой модели использования ресурсов, когда любой путь на графе содержит не более двух ресурсов, ограничения можно представить в виде

$$\overline{X} \times P + \overline{X} \times P \times V \leq \tilde{r}. \quad (10)$$

В выражении (10) первая составляющая отвечает за ресурсы, непосредственно задействуемые на обеспечение функционирования выбранных бизнес-процессов, а вторая — за потери, связанные с поддержанием использования данных ресурсов.

Преимуществом многоуровневой модели является совпадение ее структуры со структурой модели, используемой для корреляции событий при выявлении неисправного.

Недостатком многоуровневой модели является то, что она не учитывает возможность использования ресурсами $R_j, j = \overline{1, m}$, вспомогательных ресурсов при обслуживании бизнес-процессов $Z_i, i = \overline{1, n}$.

Этот недостаток может быть легко устранен путем построения модели, предусматривающей закрепление определенного количества вспомогательного ресурса за конкретным бизнес-процессом, как это происходит в двухуровневой модели, или путем замены конкретного ресурса на несколько абстрактных и учета дополнительных ограничений на эти абстрактные ресурсы.

Заключение

Таким образом, несмотря на достаточно большое количество имеющихся моделей управления ИТ ресурсами при управлении ИТ-инфраструктурой предприятия, отдельные аспекты управления требуют конкретизации и четкой постановки задачи. На основе двухуровневой модели строится многоуровневая модель управления распределением ограниченных ресурсов ИТ-инфраструктуры. Целесообразность применения той или иной модели распределения ресурсов существенно зависит от того, предполагается ли ее использование также в качестве диагностической модели.

Список использованных источников:

1. Логинов И. В., Христенко Д. В. Экспертно-моделирующие системы в управлении ИТ-инфраструктурой // Программные продукты и системы. 2012. №2. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekspertno-modeliruyuschie-sistemy-v-upravlenii-it-infrastrukturoy> (дата обращения: 02.03.2022).
2. Черняк Л. Корпоративное управление: первые шаги // Открытые системы. 2007. №8. С. 36–42.
3. Жаринова О. В. Повышение эффективности управления ИТ-инфраструктурой при помощи ITIL // StudNet. 2021. №2. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-upravleniya-it-infrastrukturoy-pri-pomoschi-itol> (дата обращения: 02.03.2022).

4. Методы исследования свойств высокопроизводительных инфраструктур. Обзор / Ю. В. Бойко, Н. Н. Глибовец, С. В. Ершов, С. Л. Крытый, С. Д. Погорелый, А. И. Ролик, С. Ф. Теленик, А. И. Куляс, Ю. В. Крак, М. В. Ясочка // Управляющие системы и машины. 2015. № 1. С. 3–13.

5. Коробков С. Н. Особенности управления производственной инфраструктурой // Проблемы современной экономики (Новосибирск). 2013. №16. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-proizvodstvennoy-infrastrukturoy> (дата обращения: 02.03.2022).

6. Нехотина В. С. Применение системного подхода при оценивании эффективности ИТ-проектов по управлению ИТ-инфраструктурой // Экономика. Информатика. 2018. №1. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sistemnogo-podhoda-pri-otsenivanii-effektivnosti-it-proektov-po-upravleniyu-it-infrastrukturoy> (дата обращения: 02.03.2022).

7. Воронцов Ю. А., Михайлова Е. К. Комбинированная архитектура системы конфигурационного управления вычислительной инфраструктурой // International Journal of Open Information Technologies. 2021. №11. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kombinirovannaya-arhitektura-sistemy-konfiguratsionnogo-upravleniya-vychislitelnoy-infrastrukturoy> (дата обращения: 02.03.2022).

8. Черпаков И. В. Управление ИТ-ресурсами компании в рамках управления ИТ-инфраструктурой // Социально-экономическая политика страны и сибирского региона в условиях цифровой экономики. Материалы XIII Международной научно-практической конференции. Москва, 2021

9. Дмитриева А. О. Многоаспектная гибкость архитектуры современных производственных предприятий // Наука, образование и экспериментальное проектирование. 2021. №1. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoaspektnaya-gibkost-arhitektury-sovremennyh-proizvodstvennyh-predpriyatiy> (дата обращения: 02.03.2022).

10. Грушин Д. А., Кузюрин Н. Н. О задаче эффективного управления вычислительной инфраструктурой // Труды ИСП РАН. 2018. №6. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-zadache-effektivnogo-upravleniya-vychislitelnoy-infrastrukturoy> (дата обращения: 02.03.2022).

11. Кунцман А. А. Построение эффективной архитектуры предприятия как необходимое условие адаптации к цифровой экономике // Вопросы инновационной экономики. 2018. №4. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-effektivnoy-arhitektury-predpriyatiya-kak-neobhodimoe-uslovie-adaptatsii-k-tsifrovoiy-ekonomike> (дата обращения: 02.03.2022).

12. Анисифоров А. Б., Дубгорн А. С. Научные принципы развития архитектуры информационных систем и их реализация в управлении

организационно-экономическими преобразованиями на предприятии // Экономика и экологический менеджмент. 2019. №4. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchnyeprintsipy-razvitiya-arhitektury-informatsionnyh-sistem-i-ih-realizatsiya-v-upravlenii-organizatsionno-ekonomicheskimi> (дата обращения: 02.03.2022).

13. Ефремова Л. И., Косарева А. В. Теоретические аспекты архитектуры предприятия // Огарёв-Online. 2020. №5 (142). [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-arhitektury-predpriyatiya> (дата обращения: 02.03.2022).

14. Дубровин М. Г. Концепция проактивного мониторинга и управления объектами ИТ-инфраструктуры // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2020. №1 (15). [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-proaktivnogo-monitoringa-i-upravleniya-obektami-it-infrastruktury> (дата обращения: 02.03.2022).

15. Репин В.В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2013. — 408 с.

16. Зайцева Н. В. Формирование моделей адаптации информационной архитектуры предприятий: этапы, параметры, алгоритмы // Вестник Института экономических исследований. 2021. №1 (21). [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-modeley-adaptatsii-informatsionnoy-arhitektury-predpriyatiy-etapy-parametry-algoritmy> (дата обращения: 02.03.2022).

17. Карпова Е. В., Катынь А. В. Архитектурный подход в управлении бизнес-процессами на предприятии // Огарёв-Online. 2021. №8 (161). [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnyy-podhod-v-upravlenii-biznes-protssessami-na-predpriyatii> (дата обращения: 02.03.2022).

18. Васильев Ф. П., Иваницкий А. Ю. Линейное программирование / Ф. П. Васильев., А. Ю. Иваницкий., Москва : Факториал Пресс Москва, 2018. 328 с.

19. Анисифоров А. Б. Базовые принципы формирования, развития и эксплуатации информационной инфраструктуры предприятия в решении задач информационного менеджмента // Экономика и экологический менеджмент. — 2019. №3. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bazovye-printsipy-formirovaniya-razvitiya-i-ekspluatatsii-informatsionnoy-infrastruktury-predpriyatiya-v-reshenii-zadach> (дата обращения: 02.03.2022).

20. Ильин И. В., Лёвина А. И., Дубгорн А. С. Цифровая трансформация как фактор формирования архитектуры и ИТ-архитектуры предприятия // Экономика и экологический менеджмент. 2019. №3. [Электронный ресурс] режим доступа свободный URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kak-faktor-formirovaniya-arhitektury-i-it-arhitektury-predpriyatiya> (дата обращения: 02.03.2022).

Сведения об авторе / Information about the author:

Черпаков Игорь Владимирович – старший преподаватель кафедры «Учет и информационные технологии в бизнесе» Липецкого филиала ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ, к.ф.-м.н. E-mail: cherpackov@gmail.ru / **Cherpakov Igor Vladimirovich** - Senior Lecturer, Department of Accounting and Information Technologies in Business, Lipetsk Branch of FSEBI HE "Financial University under the Government of the Russian Federation, Candidate of Physical and Mathematical Sciences. e-mail: cherpackov@gmail.ru
SPIN РИНЦ 9294-7437

Дата поступления статьи: 05 мая 2022

Принято решение о публикации: 20 мая 2022

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.