

УДК 62-51

ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Р.А. Учайкин, С.П. Орлов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: uchaykinra@yandex.ru, orlovsp1946@gmail.com

Аннотация. Рассматривается задача распределения компьютерного оборудования между подразделениями крупного машиностроительного предприятия. Показано, что автоматизированный учет состояния средств вычислительной техники является необходимым условием организации эффективного управления ресурсами. В то же время существует проблема, обусловленная отсутствием алгоритмов оптимального управления распределением вычислительных задач и соответствующей компьютерной техники. Таким образом, задача оптимального использования средств вычислительной техники является актуальной при построении единого информационного пространства промышленного предприятия. Это обусловлено и тем, что эксплуатация, техническое обслуживание и модернизация вычислительного оборудования требуют значительных финансовых затрат. В статье рассмотрена организационная структура машиностроительного предприятия космической отрасли. Показано, что определяющую роль для эффективного распределения вычислительных ресурсов играет учет всей номенклатуры выполняемых задач, необходимого программного обеспечения и компьютерного оборудования. Приведены сведения о соответствии видов задач типам компьютерного оборудования и производственной направленности подразделений. Предложена системная модель развивающейся информационной системы, построенной на основе решеточных алгебраических моделей. Она представляет комплекс из двух моделей: структурной модели и модели поведения в зависимости от множества решаемых задач. Основным научным результатом статьи является постановка и решение задачи оптимизации распределения вычислительной техники с учетом типов и конфигураций компьютеров. Сформулированная задача минимизации стоимости с соответствующими ограничениями относится к задачам дискретного программирования с булевыми переменными. Ограничения задачи учитывают как множество решаемых задач, так и характеристики компьютерной техники. Предложена графовая модель взаимосвязи переменных для задачи дискретной оптимизации. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований при распределении компьютерных ресурсов на основе решения оптимизационной задачи. Использование предложенной методики позволило снизить количество закупаемого компьютерного оборудования и уменьшить эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: системный анализ, автоматизированные системы управления, вычислительная техника, задача дискретной оптимизации.

Учайкин Роман Александрович, аспирант.

Орлов Сергей Павлович (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Вычислительная техника».

Введение

В настоящее время практически все управленческие и технологические процессы в той или иной степени используют оборудование вычислительной техники.

Под средством вычислительной техники (СВТ) понимается отдельная единица компьютерного оборудования, которая обеспечивает решений проектных, технологических, управленческих задач на предприятии. К таким средствам относят отдельные компьютеры, а также вычислительные комплексы, включающие процессоры, программы, периферийное оборудование и каналы связи. Некоторую совокупность СВТ, объединенную по территориальному, организационному или информационному признаку, будем называть группой средств вычислительного оборудования (ГСВТ). Комплекс средств вычислительной техники (КСВТ) – это совокупность всех единиц вычислительного оборудования на предприятии.

Задача оптимального использования КСВТ на промышленных предприятиях является одной из важнейших в современных информационных технологиях. Связано это, в первую очередь, с тем, что эксплуатация, техническое обслуживание и модернизация имеющейся на предприятии вычислительной техники требуют значительных финансовых затрат. Широкая номенклатура средств вычислительной техники, высокая стоимость и особая роль КСВТ в функционировании крупного машиностроительного предприятия ставят ряд новых задач управления [1].

Специалисты отдела информационных технологий, которые отвечают за технические аспекты автоматизации бизнес-процессов, не всегда могут подготовить необходимую для управленческих целей отчетность по средствам вычислительной техники. Причина заключается в сложности или даже невозможности проведения полного аудита вычислительной техники в реальном времени в соответствии с динамикой ее изменения и модернизации [2]. Вследствие ремонта и модернизации конфигурация компьютеров может меняться на современном предприятии почти каждый день, и проведение ежедневной проверки вручную требует больших временных затрат. Поэтому эффективное управление средствами вычислительной техники может быть обеспечено только при использовании соответствующей автоматизированной информационной системы, функционирующей в едином информационном пространстве предприятия [3].

В данной статье рассматривается постановка и решение задачи оптимизации распределения и использования средств вычислительной техники на машиностроительном предприятии космической промышленности.

Автоматизированный учет СВТ

Основой эффективного управления средствами вычислительной техники является автоматический учет существующей номенклатуры КСВТ. При этом компьютеры должны автоматически определять свои основные характеристики и в соответствии с определенным регламентом передавать их в специальную базу данных КСВТ. На основании автоматического аудита, сведений о предприятии и сотрудниках формируется хранилище данных о вычислительной технике (хранилище КСВТ). Целесообразно рассматривать хранилище КСВТ как составную часть единого информационного хранилища предприятия [4].

Автоматический учет средств вычислительной техники заключается в диагностике, сборе и хранении информации о характеристиках компьютеров и их

периферийного оборудования. Диагностику проводит программа-агент, которая запускается на компьютере пользователя и выполняет функции персонального электронного агента по средствам вычислительной техники. Запуск агента может происходить:

- в домене – при регистрации пользователя;
- в рабочей группе – при загрузке операционной системы.

Запуск этой программы на машинах пользователей обеспечивают администраторы информационной системы предприятия. По способу диагностики параметры СBT можно условно разделить на классы:

1. Определяемые автоматически параметры (объем оперативной памяти, тип и частота процессора, объем накопителей на жестких дисках, наличие и тип CD-ROM и т. д.).

2. Пользовательские данные (местоположение и почтовый адрес пользователя).

Для конкретного средства вычислительной техники используются следующие параметры:

- характеристики процессора (производитель, модель процессора, тактовая частота, количество ядер, системная шина и т. п.);
- характеристики материнской платы (производитель, модель материнской платы, тип сокета);
- характеристики оперативной памяти (тип памяти и ее объем);
- характеристики внешних накопителей (количество дисков, емкость памяти, быстродействие);
- характеристики видеокарты (производитель и модель видеокарты, число графических процессоров, объем видеопамати);
- сетевые характеристики;
- характеристики пользователя (фамилия, имя, отчество, подразделение, контактные данные);
- характеристики местоположения на предприятии.

Анализ сведений о средствах вычислительной техники должен производиться в соответствии с разработанными и утвержденными на предприятии методиками. Такой подход обеспечивает единство параметров и показателей, использующихся разными отделами для анализа одного объекта (СBT), но в разных разрезах. Например, показатели в отчетах, подготовленных бухгалтерией (в разрезе основных средств), будут соответствовать показателям в отчетах, подготовленных отделом ИТ (в разрезе моделей и типов вычислительной техники) и экономистами (в разрезе организационной структуры предприятия). В случае, если отчеты подготовлены по одинаковой выборке, итоговые показатели в них должны совпадать [5].

Таким образом, контрольно-аналитические работы по сведениям о средствах вычислительной техники включают следующие этапы:

1. Разработка единого корпоративного семантического слоя, обеспечивающего единую трактовку параметров и показателей анализа средств вычислительной техники.

2. Разработка корпоративных методик анализа средств вычислительной техники.

3. Проведение анализа по уже разработанным методикам по инициативе аналитиков (руководства) либо в соответствии с определенным регламентом.

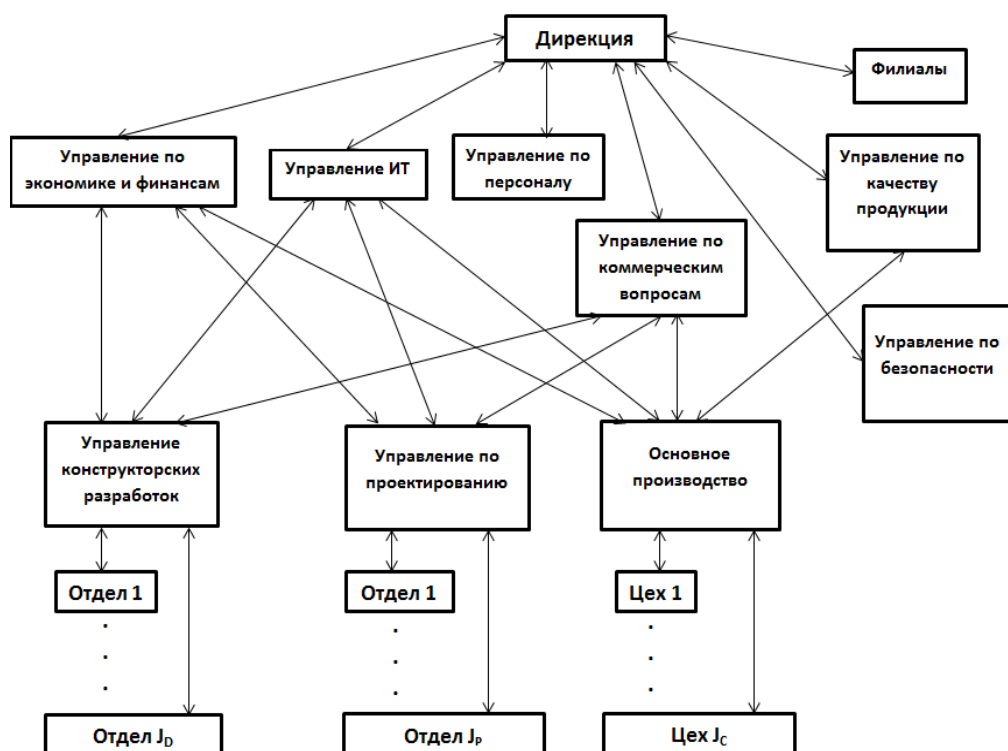


Рис. 1. Организационная структура предприятия

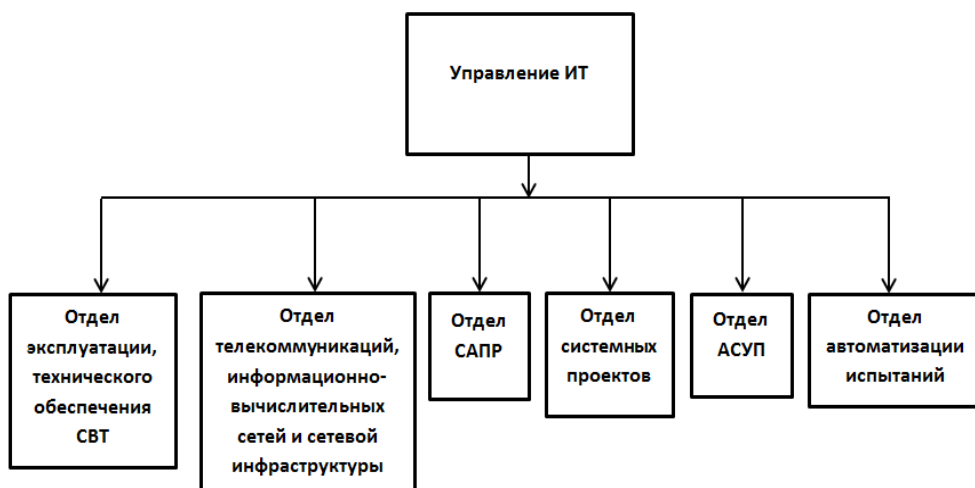


Рис. 2. Структура управления информационных технологий

4. Планирование и прогнозирование показателей по эксплуатации средств вычислительной техники, основанное на результатах анализа.

В общем случае анализ эксплуатации вычислительной техники на предприятии должен быть многомерным. Множество параметров и показателей, принятых на предприятии для анализа средств вычислительной техники, их определенная трактовка и реализация (т. е. связь с полями таблиц базы данных) формируют семантический слой, который обеспечивает единство применяемых методов анализа.

Организационная структура предприятия

Машиностроительное предприятие космической промышленности характеризуется широким спектром производственных задач. В их число входят проектные задачи по созданию новой техники, технологические задачи по изготовлению блоков, устройств и изделий в целом, финансовые и управленческие задачи, логистика и информационные процессы. Как правило, в составе такого предприятия присутствуют мощные конструкторские и проектные подразделения с высоким уровнем автономности. В то же время обеспечение информационными технологиями, программными продуктами и компьютерной техникой, а также их эксплуатация и сопровождение выполняются отдельной службой – управлением информационных технологий (ИТ), отвечающим за весь КСВТ предприятия в целом.

На рис. 1 представлена организационная структура машиностроительного предприятия. На рис. 2 приведены структура и состав управления информационных технологий.

Определяющую роль в эффективном распределении и использовании СВТ играет комплекс задач, для выполнения которых необходимо использовать вычислительную технику. Для различных отраслей промышленности характерны различные комплексы задач. В табл. 1 приведены данные для рассматриваемого предприятия о подразделениях и видах выполняемых в них задачах, а также типах применяемых СВТ.

В общем виде постановка и решение задач выбора и распределения ресурсов в сложных технических и сетевых информационных системах рассмотрены в работах [6–12]. Однако в них не уделено внимание следующим вопросам оптимизации использования ресурсов (в данном случае – КСВТ предприятия):

- определение состава и взаимосвязей СВТ, находящихся в подразделениях предприятия;
- распределение задач для выполнения на вычислительных средствах подразделений;
- формирование общей структуры КСВТ предприятия и распределение выбранных задач по подразделениям.

Системная модель комплекса СВТ

Информационно-вычислительная система предприятия в виде КСВТ, предназначенная для обеспечения всех производственных и бизнес-процессов, изменяет свою структуру, адаптируясь к выполняемым задачам в течение жизненного цикла. Переменная структура КСВТ может быть представлена в виде графовой модели. Она должна отражать сложность системы КСВТ, взаимосвязь подсистем и изменение их во времени.

Соответствие задач, подразделений предприятия и типов СВТ

Подразделения предприятия	Выполняемые задачи	Применяемые типы СВТ
Конструкторские	Конструкторские работы	Графический; инженерный; ноутбук
Проектировочные	Ведение проектов	Графический; инженерный; ноутбук
Технологические	Технологии производства	Графический; инженерный; ноутбук; офисный; терминал
Испытательные	Испытания образцов продукции	Графический; инженерный; ноутбук; офисный; терминал; специализированный
Финансовое управление	Финансовые вопросы	Офисный; терминал; ноутбук
Основное и вспомогательное производство (цеха)	Производство продукции	Графический; инженерный; ноутбук; офисный; терминал; специализированный
Управление по персоналу	Кадровые вопросы, делопроизводство	Офисный; терминал; ноутбук
Управление контроля качества продукции	Контроль качества продукции	Офисный; терминал; ноутбук
Управление производственного планирования	Планирование	Офисный; терминал; ноутбук
Управление внешнеэкономической деятельности	Внешнеэкономические связи, сбыт готовой продукции	Офисный; терминал; ноутбук
Управление труда и зарплаты	Разработка трудовых нормативов	Офисный; терминал; ноутбук
Управление информационных технологий	Автоматизация управления предприятием	Сервер; офисный; терминал; ноутбук; графический; инженерный
Бухгалтерия	Бухгалтерская отчетность, начисление зарплаты, учет материальных ценностей и т. д.	Офисный; терминал; ноутбук
Юридический отдел (управление)	Юридические вопросы	Офисный; терминал; ноутбук
Служба безопасности	Защита государственной и коммерческой тайны, экономическая, информационная безопасность	Офисный; терминал; ноутбук; специализированный

В работе [13] предложена методика структурного синтеза развивающейся информационной системы, построенная на основе алгебраических моделей. Ее отличительной чертой является использование упорядоченных алгебраических структур, в частности решеток, при описании информационной системы.

Система КСВТ называется решеточной, если ее модель Ψ_L есть тройка:

$$\Psi_L = \langle \Psi_a, \Psi_b, P_0(\Psi_a, \Psi_b) \rangle = \langle M_a, S_{a1}, \dots, S_{an}, M_b, S_{b1}, S_{b2}, P_0(\Psi_a, \Psi_b) \rangle, \quad (1)$$

где Ψ_a – модель, описывающая поведение системы;

Ψ_b – модель структуры системы;

предикат функциональной целостности $P_0(\Psi_a, \Psi_b) = 1$, если существует взаимно однозначное преобразование моделей $\Psi_a \rightarrow \Psi_b$, и равен нулю в противном случае;

M_a – множество-носитель модели Ψ_a ;

$S_{a1}, \dots, S_{an}$ – произвольные операции;

M_b – множество-носитель модели Ψ_b ;

S_{b1}, S_{b2} – бинарные операции, для которых выполняются законы идемпотентности, ассоциативности, коммутативности и поглощения.

В большинстве решеточных моделей операции S_{b1}, S_{b2} есть операции объединения и пересечения. Таким образом, модель Ψ_a поведения КСВТ в первую очередь определяется множеством задач, поставленных на определенный период времени.

Задача управления КСВТ формулируется следующим образом: на множестве Z задач с календарно-сетевым графиком выполнения G , заданном в виде диаграммы Ганта, найти такое распределение задач и распределения ресурсов средств вычислительной техники, при которых будут обеспечены экстремумы некоторых критериев. В большинстве случаев следует минимизировать сроки выполнения групп задач и минимизировать стоимость КСВТ на планируемом периоде при ограничениях на технические, программные и трудовые ресурсы.

Для решения подобных задач структурного синтеза часто используют методы дискретного программирования. Однако при постановке оптимизационной задачи для модели (1) кроме линейных алгебраических ограничений типа равенств и неравенств появляются так называемые алгоритмические ограничения, связанные с использованием вычислительных ресурсов, например:

- качественные показатели программного обеспечения;
- наличие исключительных состояний вычислительных процессов типа «блокировка», «зависание», «бесконечный цикл» и др.;
- ограничения на длины очередей сообщений;
- пропускные способности каналов.

В этом случае целесообразно применять оптимизационно-имитационный подход к структурному синтезу системы [14]. Он заключается в выполнении следующих этапов:

1. Формирование оптимизационной модели Ψ_b (ОМ) с аналитическими ограничениями, решение которой дает первое приближение варианта искомой структуры КСВТ.

2. Формирование на базе ОМ имитационной модели (ИМ) в виде дискретно-событийной системы Ψ_a .

3. Анализ поведения структуры Ψ_b КСВТ с помощью ИМ и проверка выполнения алгоритмических ограничений.

4. В случае, если все алгоритмические ограничения ИМ не удовлетворены, проводится коррекция параметров оптимизационной модели Ψ_b и повторение пунктов 1–4.

5. Завершение процедуры при получении заданных значений критериев оптимизации.

В качестве дискретно-событийной модели Ψ_a целесообразно использовать сети Петри, которые эффективно осуществляют имитационное моделирование сценариев поведения системы и выявляют ее структурные свойства, приводящие к конфликтным ситуациям [15, 16].

Задача оптимизации распределения СВТ между подразделениями предприятия

Рассмотрим формирование оптимизационной модели дискретного программирования, решение которой определяет структуру Ψ_b КСВТ. Оптимальным считается такое распределение, при котором достигается минимум затрат.

В данной статье предлагается следующая постановка задачи оптимального распределения ресурсов СВТ.

Множество вычислительных задач, выполняемых в данный период на предприятии, обозначим $Z = \{z_k\}$, $k = \overline{1, K}$. Диаграмма Ганта описывает временную последовательность выполнения Z в различных подразделениях. Для назначения задач подразделениям используется информация, приведенная в табл. 1.

Пусть на предприятии имеется множество подразделений P_j , $j = \overline{1, J}$, оснащенных средствами вычислительной техники. Множество типов средств ВТ равно $Q = \{q_m\}$, $m = \overline{1, I^{TS}}$, I^{TS} – число всех типов компьютеров, входящих в СВТ предприятия. Тип вычислительного средства q_m может иметь набор различных конфигураций D_{mn} , $n = \overline{1, I_m}$, где I_m – число возможных конфигураций данного типа СВТ. Каждая конфигурация описывается вектором параметров $(d_{m,n,1}, \dots, d_{m,n,L(n)})$, где $L(n)$ – число параметров. Экземпляр СВТ – это отдельное техническое средство ВТ, находящееся в подразделении.

В соответствии с содержанием решаемых задач эксперты определяют для них конкретные типы СВТ и количество экземпляров каждого типа. Тогда имеем для подразделения j множество назначенных задач $Z_j = \{z_k\}$, $k \in I_j^Z$, где I_j^Z – соответствующее индексное множество.

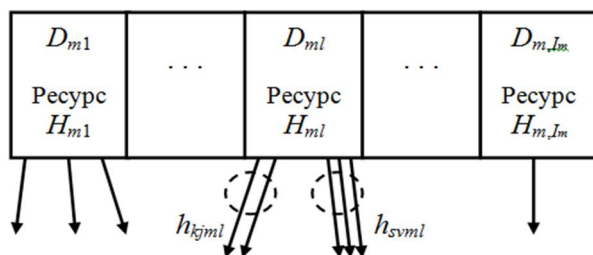


Рис. 3. Распределяемые ресурсы единиц СВТ

Для каждой конфигурации СВТ m -го типа задается ресурс H_{ml} – количество доступных к распределению экземпляров, при этом h_{kjmn} – число экземпляров m -го типа СВТ с конфигурацией n в подразделении j , назначенном для задачи k . На рис. 3 показаны ресурсы СВТ одного типа. Пунктирной окружностью выделены кратные выделяемые экземпляры одной конфигурации.

Группа СВТ, установленных в j -м подразделении, представляет собой набор используемых экземпляров компьютеров с заданными типами m и конфигурациями C для решения задач, назначенных этому подразделению:

$$S_j = \{q_{jm}, D_{mn}, h_{kjmn}\}, \quad m \in I_j^{TS} \subseteq I_{TS}, \quad n \in I_{jm}^D, \quad j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

где I_j^{TS} – индексное подмножество, содержащее номера выбранных типов компьютеров; I_{jm}^D – индексное подмножество возможных конфигураций для экземпляров m -го типа СВТ.

Введем следующие обозначения:

- C_{kjmn} – стоимость экземпляра СВТ n -й конфигурации m -го типа в j -м подразделении;
- C_{kjmn}^Z – затраты на программное обеспечение для решения k -й задачи в j -м подразделении при наличии СВТ m -го типа n -й конфигурации;
- C_{kjmn}^E – эксплуатационные затраты на решение k -й задачи в j -м подразделении при наличии m -го СВТ n -й конфигурации;
- P_{jmn} – надежность технического средства при решении задачи, определяемая вероятностью безотказной работы.

Булева переменная оптимизации определяется как

$$x_{kjmn} = \begin{cases} 1 & \text{– если для решения } k\text{-й задачи в } j\text{-м подразделении} \\ & \text{для экземпляра СВТ } m\text{-го типа выбрана } n\text{-я конфигурация,} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Рассмотрим задачу минимизации стоимости КСВТ предприятия при решении заданного множества задач Z . Тогда целевая функция F выглядит следующим образом:

$$F = \min \{C + C^E\}, \quad (3)$$

где C – капитальные затраты на КСВТ;

C^E – эксплуатационные затраты на КСВТ.

Компоненты целевой функции определяются следующим образом:

а) капитальные затраты C , включающие в себя стоимость СВТ в подразделении, стоимость создания каналов связи между ними, затраты на разработку алгоритмов выполнения задач k !

$$C = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{m,n} h_{kjmn} (C_{kjmn} + C_{kjmn}^Z) x_{kjmn} \leq C_b, \quad \forall m, n, \quad (4)$$

где C_b – заданная верхняя граница капитальных затрат;

б) эксплуатационные затраты C^E , включающие в себя затраты на выполнение задачи, затраты на передачу информации между СВТ подразделений:

$$C^E = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{m,n} C_{kjm n}^E x_{kjm n} \leq C_b^E, \quad \forall m, n, \quad (5)$$

где C_b^E – заданная верхняя граница эксплуатационных затрат.

Ограничения для задачи имеют вид:

а) единственность выбора варианта СВТ для k -й задачи:

$$\sum_{k=1}^K x_{kjm n} = \overline{1, J}, \quad \forall m, n; \quad (6)$$

б) единственность выбора экземпляра заданной конфигурации для СВТ заданного типа:

$$\sum_{m,n} x_{kjm n} = 1, \quad k = \overline{1, K}; \quad j = \overline{1, J}; \quad (7)$$

в) единственность назначения задачи подразделению:

$$I_\alpha^Z \cap I_\beta^Z = \emptyset, \quad \forall \alpha, \beta \in \{1, \dots, J\}; \quad (8)$$

г) соответствие параметров конфигурации СВТ заданным границам при решении задачи z_k

$$d_{mnv}^{\min} \leq d_{mnv} x_{kjm n} \leq d_{mnv}^{\max}, \quad \forall k, j, m, n, \quad v = \overline{1, L_{mn}}; \quad (9)$$

д) ограничение на ресурсы экземпляров СВТ:

$$\sum_{k,j} h_{kjm n} \leq H_{mn}; \quad k = \overline{1, K}, \quad j = \overline{1, J}, \quad \forall m, n, \quad (10)$$

где H_{mn} – количество экземпляров СВТ m -го типа и n -й конфигурации, доступных к распределению;

е) надежность средств ВТ:

$$S_G P_{KSVT}(x_{kjm n}) P_{PZ}(x_{kjm n}) \geq P_b, \quad \forall k, j, m, n, \quad (11)$$

где P_b – заданный уровень надежности;

S_G – коэффициент готовности комплекса СВТ;

P_{KSVT} – вероятность безотказной работы КСВТ при выполнении множества задач Z ;

P_{PZ} – вероятность обработки программными средствами задач Z за заданное время.

Графовая модель структуры данных задачи оптимизации КСВТ представлена на рис. 4.

Значению булевой переменной $x_{kjm n} = 1$ соответствует только один из путей на графе. Для примера показан путь $x_{11m1} = 1$, который выделен утолщенными дугами графа. Пунктирная окружность при дуге на графе показывает число экземпляров СВТ, распределенных одной задаче.

Задача оптимизации (3)–(11) с ограничениями относится к классу задач дискретного программирования с булевыми переменными и решалась методом ветвей и границ [17, 18].

Экспериментальные результаты

Решение оптимизационной задачи на этапе экспериментов проводилось для подразделений управления по проектированию. Это связано с тем, что такие задачи требуют использования нескольких типов СВТ: графических, инженерных, офисных, серверных. Информация о возможных типах и конфигурациях компьютеров находится в общей базе данных КСВТ. В табл. 2 показан сокращенный пример оформления таких данных.

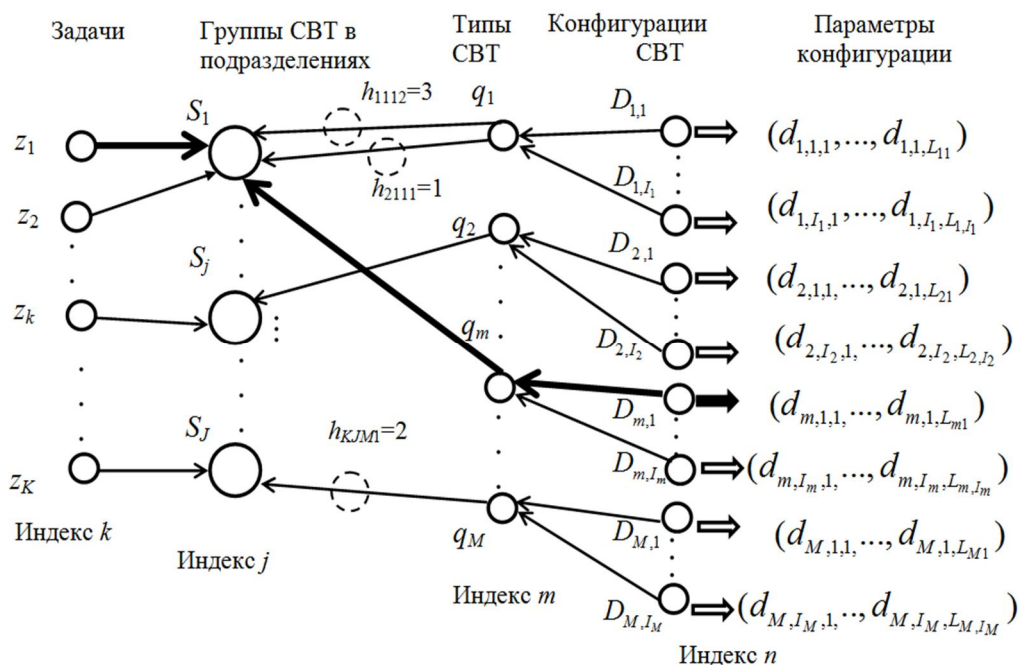


Рис. 4. Графовая модель структуры данных задачи оптимизации

Размерность задачи для рассматриваемого случая:

- число подразделений в управлении по проектированию $J=35$;
- число задач проектирования $K=50$;
- число типов средств вычислительной техники $M=7$;
- число различных конфигураций СВТ $L=80$.

Отметим, что ограничения (6)–(11) описывают некоторые заранее известные фиксированные связи и соотношения между типами и конфигурациями компьютерной техники и задачами, назначенными подразделениям. Это обеспечивает сокращение объема перебора вариантов при использовании метода ветвей и границ.

Было выполнено тестовое решение для периодов 2017–2018 гг. для сравнения с фактическим распределением СВТ на предприятии в эти периоды. Результаты приведены в табл. 3. Видно, что использование предложенной методики позволило бы снизить в среднем капитальные затраты на 7,5 % и эксплуатационные затраты на 11 %.

Таблица 2

Данные для задачи оптимизации

m	Тип СВТ	n	Конфигурация СВТ Модель компьютера	Параметры конфигурации				
				C , руб.	W , Вт	F , ГГц	ОП, ГБ	ЖД, ГБ
				$d_{mn,1}$	$d_{mn,2}$	$d_{mn,3}$	$d_{mn,4}$	$d_{mn,5}$
1	Графический	1,1	Графическая станция HP Z230	63 000	400	3,6	16	1000
		1,2	Графическая станция HP Z240	95 000	400	3,4	32	1000
2	Офисный	2,1	Офисный 1 HP 260	33 370	65	2,3	4	500
		2,2	Офисный 2 HP 260	33 370	65	2,3	4	1 000
		2,3	Офисный 3 HP 260 G3	38 520	65	2,7	8	500
3	Инженерный	3,1	Инженерный 1 HP 800 G3	55 000	180	3,6	8	1 000
		3,2	Инженерный 2 HP 800 G4	60 000	180	3,2	8	500
4	Терминал	4,1	Терминал HP T510	21 750	45	1	2	16
		4,2	Терминал HP T520	28 300	45	1,2	2	16
		4,3	Терминал HP T530	29 100	45	1,2	4	8
5	Ноутбук	5,1	HP Pro Book 450 G3	33 400	100	2,3	4	500
		5,2	HP Pro Book 450 G4	36 200	100	2,5	8	500
		5,3	HP Pro Book 470 G5	80 000	100	1,6	8	1000
6	Сервер	6,1	Сервер 1 HP ProLiant	1 920 000	1000	2,5	512	10 000
		6,2	Сервер 2 HP ProLiant	2 560 000	1000	2,5	1024	10 000

Результаты тестового решения

Показатель	Стоимость СВТ, млн руб.		Эксплуатационные расходы, млн руб.	
	2017	2018	2017	2018
Фактическое распределение СВТ	12,1	14,6	3,16	3,89
Оптимальное решение	11,37	13,28	2,86	3,41
Эффективность	6 %	9 %	9,5 %	12,3 %

Заключение

Применение предлагаемого подхода позволяет повысить эффективность использования СВТ и снизить затраты на эксплуатацию. Вместе с тем следует отметить, что решение данной задачи оптимизирует фиксированную структуру распределения СВТ на определенном периоде. При этом предполагается, что кардинальных изменений в составе работ и графике их выполнения не происходит. Направление дальнейших исследований связано с постановкой задачи оптимизации на календарно-сетевом графике и нахождением переменной структуры КСВТ, которая модифицируется при изменении и завершении задач, а также при появлении новых работ. Такая комплексная модель должна базироваться на дискретно-событийных представлениях, например с использованием сетей Петри, автоматных моделей и темпоральной логики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев Р.Б., Калянов Г.Н., Лёвочкина Г.А. Управление развитием информационных систем. – М.: ИНТУИТ, 2016. – 507 с.
2. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
3. Mosleh M., Ludlow P., Heydari B. Resource allocation through network architecture in systems of systems: A complex networks framework. Proc. of the 2016 Annual IEEE Systems Conference (Sys-Con), Orlando, FL, USA. IEEE Xplore. 2016. Pp. 1–5.
4. Трахтенгерц Э.А. Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений. В 2 т. Т. 1. Методы и средства. – М.: СИНТЕГ, 2009. – 172 с.
5. Аюад М., Борщ В.В., Лазаренко А.В., Минин Ю.В. Оптимизационные задачи выбора и распределения ресурсов в информационных системах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – № 1. – С. 43–46.
6. Democ V., Vyhnalikova Z., Alac P. Proposal for optimization of information system. *Procedia Economics and Finance*. 2015. no. 34. Pp. 477–484.
7. Набатов К.А., Минин Ю.В., Иванова О.Г., Баранов А.В. К вопросу о моделировании процесса распределения ресурсов в информационных системах для объектов стратегического значения. Ч. 1. Постановка задачи // Вестник Воронеж. ин-та ФСИН России. – 2012. – № 2. – С. 65–69.
8. Дидрих В.Е., Дидрих И.В., Громов Ю.Ю., Ивановский М.А. Задача распределения ресурсов в сетевой информационной системе // Вестник Тамбов. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22. – № 4. – С. 541–549.
9. Ивановский М.А., Иванова О.Г., Савин К.Н., Минин Ю.В. Модель выбора и распределения ресурсов сетецентрической системы энергосберегающего управления // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77. – № 4. – С. 35–38.
10. Дидрих В.Е., Иванова О.Г., Савин К.Н., Минин Ю.В. Оценка живучести сетецентрических структур для систем энергосберегающего управления // Механизация строительства. – 2016. – Т. 77, № 2. – С. 20–23.

11. *Набатов К.А., Громов Ю.Ю., Калинин В.Ф., Сербулов Ю.С., Драчев В.О.* Распределение ресурсов сетевых электротехнических систем: монография. – М.: Машиностроение, 2008. – 239 с.
12. *Borisenko A.B., Gorlatch S.* Parallel MPI-Implementation of the Branch-and-Bound Algorithm for Optimal Selection of Production Equipment // Вестник Тамбов. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 350–357.
13. *Орлов С.П.* Алгоритм анализа решеточной модели структуры информационно-измерительной системы // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Физико-математические науки. – 2011. – Вып. 4 (25). – С. 195–199.
14. *Орлов С.П.* Оптимизационно-имитационное моделирование при структурном синтезе управляющих вычислительных систем // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 1994. – Вып. 1. – С. 56–65.
15. *Girault C., Valk R.* Petri Nets for Systems Engineering: A Guide to Modeling, Verification, and Applications. New York: Springer, 2003.
16. *Орлов С.П., Ефремов М.М., Бабамуратова Е.Б.* Сетевая модель Петри расписания задач при управлении программными проектами // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. Технические науки. – 2011. – Вып. 2 (30). – С. 30–36.
17. *Струченков В.И.* Дискретная оптимизация. Модели, методы, алгоритмы решения прикладных задач. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2016. – 192 с.
18. *Антимошкин А.Н., Масич И.С.* Поискные алгоритмы условной псевдобулевой оптимизации // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 1. – С. 103–145.

Статья поступила в редакцию 4 сентября 2019 года

THE PROBLEM OF COMPUTER EQUIPMENT DISTRIBUTION USING AT THE MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

R.A. Uchaykin, S. P. Orlov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. The paper discusses the problem of the computer equipment distribution between units of a large engineering enterprise. It is shown that automated accounting of the state of a large number of computer facilities is essential for organizing effective resource management. In this case, it is necessary to develop optimal control algorithms for the computational problems distribution and related computer equipment. The task of optimal use of computer equipment in industrial enterprises is one of the most important in modern information technologies. This is due to the fact that the operation, maintenance and modernization of computing equipment require significant financial costs. The organizational structure of the space industry engineering company is considered. It is shown that a decisive role for the efficient distribution of computational resources is keeping the whole range of tasks performed. The correspondence of the task's types to the types of computer equipment and the production orientation of units is given. A system model of an evolving information system based on lattice algebraic models is described. It represents a complex of two models: structural and behavior models depending on the set of tasks being solved. The statement and solution of the problem of optimizing the computer technology distribution taking into account the types and configurations of computers is the main scientific result of the article. The problem of optimizing the of computer equipment distribution taking into account the computers types and configurations is formulated. The cost minimization problem with the corresponding restrictions relates to discrete programming problems with Boolean variables. Constraint equations relate the distribution of tasks to units, as well as computer hardware parameters. A graph model of the variables relationship for the

*Sergey P. Orlov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Roman A. Uchaikin, Postgraduate Student.*

discrete optimization problem is proposed. The results of experimental studies in the distribution of computer resources based on the solution of the optimization problem are considered. The proposed methodology allowed reducing the amount of purchased computer equipment and operating costs.

Keywords: system analysis, automated control system, computer equipment, discrete optimization problem.

REFERENCES

1. Vasilev R.B., Kalianov G.N., Levochkina G.A. Upravlenie razvitiem informatsionnykh sistem [Information systems development management]. Moscow, INTUIT, 2016. 507 p. (In Russian).
2. Andreichikov A.V., Andreichikova O.N. Intellekturnye informatsionnye sistemy [Intelligent information systems]. Moscow, Finansy i statistika, 2004. 424 p. (In Russian).
3. Mosleh M., Ludlow P., Heydari B. Resource allocation through network architecture in systems of systems: A complex networks framework. Proc. of the 2016 Annual IEEE Systems Conference (Sys-Con), Orlando, FL, USA. IEEE Xplore. 2016. Pp. 1–5.
4. Trakhtengerts E.A. Kompiuternye metody realizatsii ekonomicheskikh i informatsionnykh upravlencheskikh reshenii. Metody i sredstva [Computer methods for implementing economic and information management decisions. Methods and tools]. In 2 volumes. Vol. 1. Moscow, SINTEG, 2009. 172 p. (In Russian).
5. Auad M., Borshch V.V., Lazarenko A.V., Minin Y.V. Optimization problems of the selection and distribution of resources in information systems. *Pribory i sistemy. Upravlenie, control, diagnostika*. 2014. no. 1. Pp. 43–46. (In Russian).
6. Democ V., Vyhnalikova Z., Alac P. Proposal for optimization of information system. *Procedia Economics and Finance*. 2015. no. 34. Pp. 477–484.
7. Nabatov K.A., Minin Y.V., Ivanova O.G., Baranov A.V. On the issue of modeling the process of resource allocation in information systems for objects of strategic importance. Part 1. Statement of the problem. *Vestn. Voronezh. In-ta FSIN Rossii*. 2012. no. 2. Pp. 65–69. (In Russian).
8. Didrikh V.E., Didrikh I.V., Gromov Y.Y., Ivanovskii M.A. The task of resource allocation in a network information system. *Vestn. Tambov. Gos. Tekhn. Un-ta*. 2016. Vol. 22. no. 4. Pp. 541–549. (In Russian).
9. Ivanovskii M.A., Ivanova O.G., Savin K.N., Minin Y.V. A model for the selection and allocation of resources of a network-centric energy-saving management system. *Mekhanizatsiia stroitelstva*. 2016. Vol. 77. no. 4. Pp. 35–38. (In Russian).
10. Didrikh V.E., Ivanova O.G., Savin K.N., Minin Y.V. Network-centric structures survivability assessment for energy-saving control systems. *Mekhanizatsiia stroitelstva*. 2016. Vol. 77. no. 2. Pp. 20–23. (In Russian).
11. Nabatov K.A., Gromov Y.Y., Kalinin V.F., Serbulov Y.S., Drachev V.O. Raspredelenie resursov setevykh elektrotekhnicheskikh sistem [Resource allocation of network electrical systems]. Moscow: Mashinostroenie, 2008. 239 p. (In Russian).
12. Borisenko A.B., Gorlatch S. Parallel MPI-Implementation of the Branch-and-Bound Algorithm for Optimal Selection of Production Equipment. *Vestn. Tambov. Gos. Tekhn. Un-ta*. 2016. Vol. 22, no. 3. Pp. 350–357.
13. Orlov S.P. Algorithm for analysis of the lattice model of information-measuring system structure. *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Un-ta. Ser. Fiz.-Mat. Nauki*. 2011. no. 4(25). Pp. 195–199. (In Russian).
14. Orlov S.P. Optimization and simulation modeling in the structural synthesis of control computing systems. *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Un-ta. Ser. Tekhn. Nauki*. 1994. no. 1. Pp. 56–65. (In Russian).
15. Girault C., Valk R. Petri Nets for Systems Engineering: A Guide to Modeling, Verification, and Applications. New York: Springer, 2003.
16. Orlov S.P., Efremov M.M., Babamuratova E.B. Task schedule Petri net model for software project management. *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Un-ta. Ser. Tekhn. Nauki*. 2011. no. 2(30). Pp. 30–36. (In Russian).
17. Struchenkov V.I. Diskretnaia optimizatsiia. Modeli, metody, algoritmy resheniia prikladnykh zadach [Discrete Optimization. Models, methods, algorithms for solving applied problems]. Moscow, SO-LON-PRESS, 2016. 192 p. (In Russian).
18. Antamoshkin A.N., Masich I.S. Search algorithms for the conditional pseudo-optimization. *Sistemy upravleniia, sviazi i bezopasnosti*. 2016. no. 1. Pp. 103–145. (In Russian).