**Введение**

В современных экономических условиях предприятия заинтересованы в сокращении издержек. С целью увеличения прибыли компании доходы инвестируются в модернизацию технологий и внедрение информационных систем. Для совершенствования управления отраслями и отдельными предприятиями на основе применения математических методов, современных средств вычислительной техники и средств связи внедряются системы управления производственными процессами, системы планирования ресурсов предприятия, системы управления складами. Иными словами, информационные технологии используются для наилучшего использования производственных фондов, увеличения выпуска продукции, снижения ее себестоимости, повышения производительности труда, рентабельности производства и роста прибылей.

С целью более эффективного обеспечения безопасности данных и сохранности коммерческой тайны компании под данные информационные системы разрабатывают собственные центры обработки данных, предназначенные только для внутреннего корпоративного использования.Такие вычислительные ресурсы нуждаются в управлении. Если на уровне автоматизированных систем управления предприятием для решения данного вопроса используется такие подходы, как контейнеризация и оркестрация, т.е. автоматическое распределение, масштабирование программных компонентов и балансировка нагрузки на них, то на уровне автоматизированных систем управления технологическими процессами и систем диспетчерского управления и сбора данных применяются простые и надежные технические решения, и программное обеспечение размещается на серверах без применения контейнеризации. Данное ограничение вызвано тем, что прогнозирование надежности систем управления ресурсами уровня АСУП является сложным. Однако, такие ресурсы также нуждаются в управлении, и вручную такие задачи, как, например, оптимизация размещения приложений в серверной инфраструктуре, становится решать крайне трудно ввиду временных ограничений в условиях непрерывно функционирующего предприятия с большим уровнем автоматизации.

В этой связи заслуживают изучения способы оптимизации автоматического развертывания микросервисных приложений на северах ЦОД для минимизации количества задействованных физических и виртуальных машин, что и определяет актуальность данной работы.

Объектом исследования является инфраструктура развертывания программного обеспечения на физических и виртуальных серверах центра обработки данных АО «Северсталь-инфоком».

Предметом исследования являются методы оптимизации автоматического развертывания микросервисных приложений на серверах.

Цель работы: минимизация количества задействованных виртуальных и физических серверов при распределении программных компонентов на серверной инфраструктуре.

Для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимо выполнить следующие задачи:

1. Проанализировать существующие решения по развертыванию ПО на серверных фермах. Провести патентный обзор.
2. Рассмотреть существующие алгоритмы оптимизации, разработать математическую модель системы, адаптировать алгоритмы и реализовать симулятор системы для выбора наиболее подходящего алгоритма оптимизации.
3. Реализовать программное обеспечение оптимизации развертывания ПО, провести экспериментальные исследования работы системы.
4. Выполнить технико-экономическое обоснование проекта.

Научная новизна работы заключается в применении генетического алгоритма при решении задачи оптимального распределения программного обеспечения на серверах и разработке функций этого алгоритма:

* скрещивания;
* мутации;
* функции приспособленности.

# ГЛАВА 1. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ РАССМАТРИВАЕМОГО ВОПРОСА.

## Описание объекта исследования

Главной особенностью современного этапа развития техники, в частности средств производства, является широкое использование вычислительной техники для автоматизации процессов умственного и физического труда. На сегодняшний день коренным образом изменяется характер средств производства, по существу, создается новая материально-техническая база общества. Современная автоматизация производства объединяет множество самых разных задач - от технических до управленческих. Попытка систематизировать эти задачи привела к появлению так называемой "пирамиды автоматизации" [18] (рисунок 1.1). Это модель, объединяющая все сферы деятельности современного предприятия в единую информационную среду. В основе пирамиды технологические объекты – станки, конвейеры и т.п.

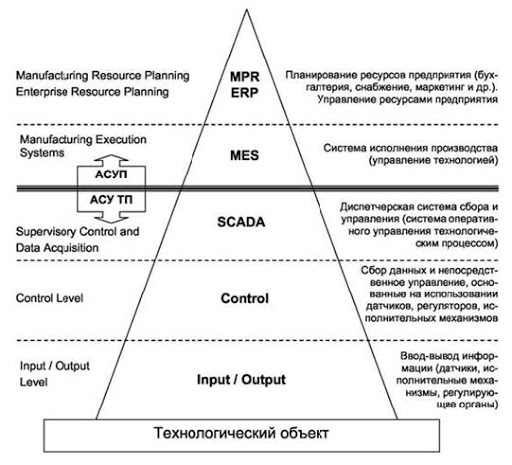


Рисунок 1.1. Пирамида комплексной автоматизации предприятия.

В структуре пирамиды компьютерной автоматизации различают 5 уровней, связанных между собой как по горизонтали, так и по вертикали информационными каналами.

* + уровень 1 представляет из себя набор датчиков, исполнительных устройств, которые предназначены для сбора первичной информации и реализации управляющих воздействий;
  + уровень 2 содержит программируемые контроллеры, осуществляющие локальное управление технологических объектом;
* уровень 3 включает системы диспетчеризации, сбора данных и оперативного управления технологическим процессом;
* уровень 4 занимает система управления производством, позволяющая управлять производственными и людскими ресурсами в ходе технологического процесса, управлять качеством продукции, следить за обслуживанием оборудования.
* уровень 5 представляет из себя системы, оснащённые компьютерным оборудованием с программным обеспечением, позволяющим иметь полную информацию о всем производстве и осуществлять планирование ресурсов.

Первые три уровня образуют автоматизированную систему управления технологическим процессом, а четвертый и пятый - автоматизированную систему управления предприятием.

Работа данных информационных систем невозможна без использования центров обработки данных, которые поддерживают жизненно важные процессы. Центр обработки данных — это сложный комплекс, включающий в себя вычислительные мощности, элементы ИТ — инфраструктуры, строительных и инженерных систем, основными функциями которого являются – хранение, обработка и передача информации. В ЦОД на относительно небольшой площади сосредоточены мощные вычислительные ресурсы: сервера и системы хранения данных (СХД), осуществляющие хранение и обработку информации; сетевое оборудование, отвечающее за обмен данными внутри ЦОД, а также за связь с внешними потребителями; инженерные системы, системы безопасности, системы диспетчеризации и мониторинга, обеспечивающие эффективную работу и защиту сосредоточенного в ЦОД вычислительного центра.

При увеличивающихся темпах цифровизации возникает задача рационального использования ресурсов серверов, т.е. уменьшения количества задействованных виртуальных машин.

Приведем пример. На складе холоднокатанных рулонов производства плоского проката ПАО «Северсталь» развернута система слежения за продукцией на складе. При развертывании данной WMS системы существует необходимость в размещении нескольких программных компонентов на различных серверах с учетом таких параметров, как операционная система, уровень автоматизации, т.е. уровень АСУ ТП или уровень АСУП, необходимое количество оперативной памяти, свободное место на жестком диске. Количество таких программных компонентов в одной системе может насчитываться несколько десятков, в то время, как такие системы развернуты в нескольких цехах. На данный момент задача размещения программных компонентов решается следующим образом – на каждый сервер они загружаются вручную, обновление также производится вручную. Решение такой задачи вручную влечет за собой следующие последствия:

1. Увеличивается время развертывания приложений.
2. С числом программ растет вероятность ошибки размещения компонента.
3. Перебор вариантов размещения программных компонентов человеком за приемлемое время может привести к задействованию большего количества серверов, чем автоматическое решение задачи.

Данные последствия в совокупности влекут за собой увеличение потребления электроэнергии, расходов на аренду серверов.

Необходимо автоматизировать процесс управления ресурсами серверов, что, в свою очередь, позволит:

1. Снизить число задействованных серверов.
2. Уменьшить потребление электроэнергии.
3. Увеличить скорость развертывания приложений.

В процессе управления ресурсами серверов необходимо учитывать ограничения, такие как необходимое количество оперативной памяти, место на жестком диске, загрузка процессора.

Рассмотрим инструменты и готовые решения, позволяющие управлять распределением программных компонентов на серверах.

## Обзор существующих решений и методов управления распределением программных компонентов на серверах

Перед тем, как провести обзор существующих решений в данной области, рассмотрим два варианта архитектуры приложений – монолитную и микросервисную, которые активно применяются в серверном программном обеспечении. Монолитная архитектура программного обеспечения – это архитектура, в которой приложение представляется в виде одного исполняемого файла с точкой входа. Приложения, построенные с использованием такой архитектуры, отличаются такими недостатками, как сложность горизонтального масштабирования, зависимость от применения одной технологии или языка, сложность изменения кода. В свою очередь, микросервисная архитектура— вариант программного обеспечения, направленный на взаимодействие насколько это возможно небольших, слабо связанных и легко изменяемых модулей — микросервисов, лишена данных недостатков, легко масштабируется, не зависит от применения одной технологии или языка и может поддерживаться сравнительно небольшой командой разработчиков. На сегодняшний день микросервисная архитектура становится все более популярной в серверных приложениях [19]. Современные серверные приложения могут содержать сотни микросервисов, взаимодействующих между собой с помощью сетевых протоколов.

Наряду с широким внедрением микросервисных приложений распространение получили технологии контейнеризации [20]. Контейнеризация – это легковесная виртуализация и изоляция ресурсов на уровне операционной системы, которая позволяет запускать приложение и необходимый ему минимум системных библиотек в полностью стандартизованном контейнере, соединяющемся с хостом или чем-либо внешним по отношению к нему при помощи определенных интерфейсов. Контейнер не зависит от ресурсов или архитектуры хоста, на котором он работает, именно поэтому данная технология стала популярна.

Все компоненты, необходимые для запуска приложения, упаковываются как один образ и могут быть использованы повторно. Приложение в контейнере работает в изолированной среде и не использует память, процессор или диск операционной системы, в которой запущен контейнер. Это гарантирует изолированность процессов внутри контейнера. В результате контейнеризованное приложение может быть запущено на различных типах инфраструктуры. Благодаря такой высокой эффективности, контейнеризация обычно используется для упаковки множества отдельных микросервисов, из которых состоят современные приложения. На сегодняшний день самая распространенная система, позволяющая упаковать приложение со всем его окружением и зависимостями в контейнер – Docker [17].

Когда количество программных компонентов увеличивается, а процесс развертывания программного обеспечения рассматривается, как повторяющийся цикл разработки, тестирования и размещения программных продуктов на серверах, вручную решать задачу оптимального размещения программных компонентов на серверах становится не только очень сложно, но и крайне неэффективно. Появляется необходимость управлять ресурсами северов.

Отдельные контейнеры требуют координации их взаимодействия. Такая координация называется оркестрацией. Технически существует возможность обойтись без оркестрации, т.е. создать контейнер, в котором будут запущены все необходимые процессы. Однако, такой подход лишен гибкости, масштабируемости, а также возникают вопросы безопасности, поскольку запущенные в одном контейнере процессы не будут изолированы и смогут влиять друг на друга. Оркестрация позволяет создавать информационные системы из множества контейнеров, каждый из которых отвечает только за одну определенную задачу, а общение осуществляется через сетевые порты и общие каталоги. При необходимости каждый такой контейнер можно заменить другим, что позволяет, например, быстро перейти на другую версию базы данных при необходимости. Существуют различные платформы для оркестрации контейнеров. Они позволяют реализовать удобные и эффективные средства развертывания контейнерных систем, построения единой централизованной консоли для применения политик управления. Рассмотрим наиболее известные: Docker Swarm и Kubernetes. Рассмотрим их более подробно.

Docker Swarm — это система кластеризации для Docker, которая превращает набор хостов Docker в один последовательный кластер, называемый Swarm. Docker Swarm отвечает за балансировку нагрузки и назначение уникальных DNS-имен, чтобы приложение, развернутое в кластере, можно было использовать так же, как и, если приложение было бы развернуто на одном Docker-узле, другими словами, управляющий узел распределяет запросы между рабочими узлами в кластере. Количество контейнеров может динамически масштабироваться как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, управляющий узел отвечает за добавление или удаление контейнеров на узлах.

Kubernetes — система с открытым исходным кодом для управления контейнерными кластерами. Появилась в результате наработок Google при использовании механизма для изоляции процессов в виртуальной среде. Kubernetes распределяет контейнеры по узлам кластера в зависимости от текущей нагрузки и имеющихся потребностей в работе сервисов и обеспечивает распределение сетевой нагрузки. Распределение ресурсов [3] в процессе работы Kubernetes состоит из того, что ресурсы узлов динамически распределяются между выполняемыми на них контейнерами, и не нужно заботиться о том, как распределить контейнеры в кластере. Kubernetes следит за тем, чтобы не размещать на сервере больше контейнеров, чем есть ресурсов CPU для суммы потребностей всех контейнеров. Иначе, автоматически подключаются дополнительные виртуальные машины в кластер.

Балансировка сетевой нагрузки обеспечивается следующим образом. Каждое приложение разворачивается как в своем экземпляре контейнера и ему назначается IP-адрес, контейнеры скрыты за сервисом балансировки, также имеющим сетевой адрес [2]. IP-адрес сервиса используется только как точка входа и не обслуживается каким-либо процессом, слушающим этот ip-адрес и порт. В Kubernetes реализована псевдобалансировка. То есть, если запущено три виртуальных узла, нагрузка будет распределена по следующим правилам:

1. Выбрать первый узел с вероятностью 33%, иначе перейти к следующему правилу.
2. Выбрать второй узел с вероятностью 50%, иначе перейти к следующему правилу.
3. Выбрать третий узел.

Такая система приводит к тому, что каждый узел выбирается с вероятностью 33%. На рисунке 1.2 показано, что сетевой запрос будет направлен в узел №2.



Рисунок 1.2. Балансировка нагрузки в Kubernetes

Использование метрик, как, например, потребность CPU в ресурсах, описанных в механизме распределения ресурсов в Kubernetes выше, может быть применено при разработке алгоритма оптимизации развертывания микросервисных приложений.

Рассмотрим способы управления динамическими рабочими нагрузками в облачных вычислениях. Облачные вычисления — модель обеспечения сетевого доступа по требованию к определенному разделяемому фонду вычислительных ресурсов, например, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервиса, которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами или обращениями к провайдеру этих услуг.

Потребители облачных вычислений могут значительно уменьшить расходы на инфраструктуру информационных технологий (в краткосрочном и среднесрочном планах) и гибко реагировать на изменения вычислительных потребностей, используя свойства вычислительной эластичности облачных услуг. Одной из основных возможностей для динамического перераспределения ресурсов является живая миграция виртуальных машин [4]. Она позволяет облачным провайдерам перемещать виртуальные машины с перегруженных хостов, поддерживая их производительность при заданном SLA (соглашение об уровне услуг: средняя доступность, выраженная как среднее число сбоев на период предоставления сервиса, минимальная доступность для каждого пользователя, среднее время отклика сервиса и т.д.) и динамически консолидировать виртуальные машины на наименьшем числе хостов, чтобы экономить электроэнергию при низкой загрузке. Используя «живую» миграцию и применяя онлайн-алгоритмы, которые позволяют принимать решения о миграции в реальном времени, можно эффективно управлять облачными ресурсами, адаптируя распределение ресурсов к нагрузкам виртуальной машины, поддерживая уровни производительности виртуальной машины в соответствии с SLA и снижая энергопотребление инфраструктуры. Важной проблемой в контексте живой миграции является обнаружение состояния перегрузки или недогрузки хоста. Перспективным является подход принятия решений о живой миграции на основе прогнозов использования ресурсов на несколько шагов вперед. Это не только повышает стабильность, так как миграционные действия начинаются только когда нагрузка сохраняется в течение нескольких временных интервалов, но также позволяет облачным провайдерам прогнозировать состояние перегрузки до того, как это произойдёт.  Для обнаружения перегрузки используется долгосрочное прогнозирование временных рядов [5]. Хост объявляется перегруженным, если фактическое и прогнозируемое общее использование CPU для установленного числа временных интервалов в будущем превышают порог перегрузки. Таким же образом определяется и недостаточная загрузка сервера. Глобальный агент принимает решения о распределении ресурсов провайдера с помощью живых миграций виртуальных машин с перегруженных или недогруженных хостов на другие узлы для снижения нарушений SLA и потребления энергии. Он получает уведомления от хост-агента, если узел будет перегружен или недогружен в будущем, и выполнит перенос виртуальной машины, если оно того стоит.

Рассмотренные выше технологии применяются на уровне автоматизированных систем управления предприятием. На уровне автоматизированных систем управления технологическим процессом не используется оркестрация и облачные вычисления, что обусловлено ограниченным количеством серверов, но на данном уровне все больше получают распространение микросервисные приложения. Соответственно, необходим инструмент для решения задачи оптимального распределения полезной нагрузки на серверах. Проанализируем сведения об изобретениях в области оптимизации ресурсов и балансировки нагрузки на серверах.

## Патентный обзор

В ходе патентного поиска были найдены следующие зарегистрированные изобретения и полезные модели:

1. Управление ресурсами сервера, анализ и предотвращение вторжения к ресурсам сервера [RU 2 316 045 C2].

Сущность системы заключается в выполнении мониторинга выбранных ресурсов на одном или более компьютерных серверов и снижении коэффициента загрузки ресурсов в случае перегрузки указанных ресурсов сервера. Система предотвращения вторжения к ресурсам сервера выполняет мониторинг выбранных ресурсов на одном или более компьютерных серверах. Программный комплекс может включать один или более программный хост-компонент и программный консольный компонент. Хост-компонент располагается на компьютере сервера и отслеживает использование ресурсов сервера. В случае, если уровень загрузки конкретного ресурса превышает текущий пороговый уровень, хост-компонент может принять корректирующие меры. Указанные меры могут включать в себя, например, снижение уровня использования ресурсов или уведомление пользователя через консольный компонент [12]. Недостатком такого подхода к управлению ресурсами состоит в жестком ограничении доступа к серверу в случае превышения порога загрузки ресурсов сервера.

1. Программно-определяемая автоматизированная система и архитектура[RU 2 729 885 C2].

Данная система предусматривает конфигурирование сети и развертывание функций/приложений автоматизации на лету на системном уровне с помощью технологий виртуализации. В исследуемом патенте описан алгоритм распределения программных компонентов. Алгоритм представляет из себя простую условную конструкцию. Компонент выбора вычислительных узлов может использовать одно или несколько правил, регулирующих требования к ресурсам данного хоста, ассоциированного с виртуальной машиной, чтобы выбирать вычислительный узел для развертывания. Примеры правил, которые может применять компонент выбора вычислительных узлов:

1. Если технология виртуализации хостов представляет собой виртуальную машину, то выбирается вычислительный узел с высокопроизводительным процессором (например, многоядерным Xeon-процессором).
2. Если технология виртуализации хостов представляет собой контейнер, то выбирается вычислительный узел со среднепроизводительным процессором (например, многоядерным Atom-процессором).
3. Если виртуальная машина имеет небольшой размер (например, менее 32 MB, между 16 MB и 64 MB), то выбирается вычислительный узел без программного обеспечения [13].

Недостатком данного алгоритма является отсутствие отслеживания загрузки каждого вычислительного узла и наиболее полного использования ресурсов каждого вычислительного узла.

1. Способ и система интеллектуального управления распределением ресурсов в вычислительных средах [RU 2 609 076 C2].

Способ управления распределением информационных ресурсов заключается в том, что посредством компьютера формируют модель использования и перераспределения ресурсов в облачных вычислительных средах. Отличительной особенностью способа является то, что модель использования и перераспределения ресурсов в облачных вычислительных средах в вычислительном облаке формируют с использованием концепции интеллектуальных алгоритмов, последовательно выполняя совокупность операций, включающую три основных этапа: на первом этапе в вычислительном облаке выделяют ресурсы запускаемому экземпляру, на втором этапе проводят прогноз динамических параметров функционирования хостов ( серверов ) вычислительного облака, на третьем этапе осуществляют динамическое перераспределение ресурсов между экземплярами вычислительных облаков. При этом модель формируют для максимализации показателя ЕВО эффективности функционирования ВО в соответствии с выражением (1) и учетом ограничения (2):

где – комплексный показатель эффективности вычислительного облака, отражающий совокупную синергетическую эффективность выполнения экземпляров в рамках каждого типа ресурсов вычислительного облака;

, , , – совокупность частных показателей, равных числу экземпляров с удовлетворенной потребностью в ресурсах, соответственно центрального процессора (ЦП), оперативной памяти (ОЗУ), в дисковых (Д) ресурсах, в сетевых (С) ресурсах;

– время функционирования вычислительного облака (процессорное время);

– общий объем использующихся экземплярами ресурсов вычислительного облака;

– общий объем имеющихся ресурсов вычислительного облака [14].

Недостатки: используется все дисковое пространство, нет стремления к минимизации использования ресурсов серверов. Такой подход может применяться при управлении всеми ресурсами вычислительного центра, но не при хостированию отдельных микросервисных приложений. Также, распределение ресурсов выполняется только на основе сформированного вычислительного облака, что приводит к увеличению времени развертывания новых экземпляров приложений.

1. Система и способ оптимизации использования ресурсов компьютера [RU 2 475 819 C1].

Система удаления неиспользуемых объектов, включающая средство контроля, предназначенное для определения степени загруженности, по крайней мере, одного ресурса компьютера и нахождения неиспользуемых объектов.

Согласно изобретению, алгоритм работы системы состоит из следующих итераций:

1. На первом этапе совокупности операций по формированию модели производится оценка поступления ресурсов от источников, каждый источник характеризуется индексом поступления ресурсов, который задается как отношение поступивших ресурсов к запрошенным у источника.

2. На втором этапе дополнительно учитываются необходимые ресурсы для функционирующих экземпляров приложений, а также составляется перечень ресурсов, которые необходимы для экземпляров приложений, в которых имеется потребность.

3. На третьем этапе запрашиваются необходимые ресурсы у источников с более высоким индексом поступления ресурсов с целью получения недостающих ресурсов и последующего динамического распределения между экземплярами приложений.

Перечисленная новая совокупность существенных признаков позволяет за счет дополнительного учета характеристик источников при запросе дополнительных ресурсов не только распределять ресурсы, имеющиеся в вычислительном облаке, но и запрашивать недостающие ресурсы для вычислительного облака и выделять их экземплярам, которым не хватило ресурсов, тем самым повысить устойчивость функционирования информационно-вычислительной системы путем запуска всех необходимых экземпляров приложений в вычислительном облаке [15].

Недостатки: в данном изобретении не учитывается возможность нерационального использования ресурсов, то есть возможность с помощью данного алгоритма получения схемы распределения ресурсов, заполненность которых не стремится к минимуму.

1. Система управления и диспетчеризации контейнеров [RU 2 666 475 C1].

Система управления размещением программных контейнеров предполагает, что программные контейнеры могут быть запущены с возможностью выполнения в качестве задач в соответствии с определением задач, а определение задач может сохраняться в форме файла определения задач. Файл определения задач может описывать один или большее количество программных контейнеров, назначенных для запуска в качестве группы. Образы программного обеспечения программных контейнеров, которые могут представлять собой полную копию конкретного состояния программного контейнера на момент создания образа программного обеспечения, выполненные с возможностью выполнения в экземплярах программных контейнеров, могут предоставляться поставщику служб вычислительных ресурсов или в его местоположениях, указанных в определении задач. Определение задач также может определять потребности в ресурсах, отношения между контейнерами, используемые сетевые порты и совместно используемые ресурсы. При получении запроса на запуск задач из определения задач планировщик может определить, в соответствии со схемой размещения, какие экземпляры программных контейнеров в кластере будут выполнять задачи. В некоторых случаях поставщик служб вычислительных ресурсов может предоставлять многопользовательский планировщик для определения того, где выполнять программные контейнеры, а в некоторых случаях поставщик служб вычислительных ресурсов может позволить клиентам обеспечивать и настраивать собственные планировщики для настройки работы планировщика. В некоторых случаях планировщик может быть выполнен с возможностью использования случайной схемы выбора для случайного (согласно некоторой схеме стохастического распределения) или циклического выбора экземпляра контейнера для размещения указанного программного контейнера, учитывая потребность в ресурсах, указанную в определении задач [16].

Недостатки: данная система использует жестко заданный алгоритм распределения ресурсов, требующий настройки под определенный набор серверов.

Обзор существующих технических средств показал, что на данный момент создано достаточно решений управления развертыванием программного обеспечения на уровне автоматизации управления производством, однако, готовых систем, позволяющих управлять ресурсами серверной инфраструктуры на уровне автоматизированных систем управления технологическим процессом нет, что подтверждает необходимость разработки собственного решения.

## Цель и задачи работы

Цель работы: минимизация количества задействованных виртуальных и физических серверов при распределении программных компонентов на серверной инфраструктуре.

Для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимо выполнить следующие задачи:

1. Проанализировать существующие решения по развертыванию ПО на серверных фермах. Провести патентный обзор.
2. Рассмотреть существующие алгоритмы оптимизации, разработать математическую модель системы, адаптировать алгоритмы и реализовать симулятор системы для выбора наиболее подходящего алгоритма оптимизации.
3. Реализовать программное обеспечение оптимизации развертывания ПО, провести экспериментальные исследования работы системы.
4. Выполнить технико-экономическое обоснование проекта.

## Выводы по главе 1

В данной главе были рассмотрены факторы, обуславливающие необходимость автоматического управления развертыванием приложений. Были проанализированы существующие на данный момент программные продукты, позволяющие балансировать использование ресурсов и сетевую нагрузку на сервера ЦОД, однако такие средства используются на уровне автоматизированных систем управления предприятием. В ходе анализа выявлено, что готовых систем управления ресурсами серверной инфраструктуры предприятия нет, что подтверждает необходимость разработки собственного решения.

# Список литературы

1. Что такое оркестрация контейнеров: сайт. – URL: <https://www.xelent.ru/blog/chto-takoe-orkestratsiya-konteynerov/> (дата обращения: 11.02.2021). – Текст: электронный.
2. Балансировка нагрузки и масштабирование соединений в Kubernetes: сайт. – URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/493820/> (дата обращения: 11.02.2021). – Текст: электронный.
3. Управление ресурсами в Kubernetes: сайт. – URL: <https://habr.com/ru/company/flant/blog/459326/> (дата обращения: 11.02.2021). – Текст: электронный.
4. Балансировка нагрузки в облаках: сайт. – URL: https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/329416/ (дата обращения: 11.02.2021). – Текст: электронный.
5. Minarolli, D. Tackling uncertainty in long-term predictions for host overload and underload detection in cloud computing / Dorian Minarolli, Artan Mazrekaj, Bernd Freisleben // [Journal of Cloud Computing](https://link.springer.com/journal/13677). – 2017. – №4. – P. 1-18.
6. Jansen, K. Approximation algorithms for time constrained scheduling / K. Jansen // Proceeding of Workshop on Parallel Algorithms and Irregularly Structured Problems. – IEEE. – 1995. – P.143–157
7. Tindell, K. Allocating hard real-time tasks (an np-hard problem made easy) / K. Tindell, A. Burns, A. Wellings // Real-Time Systems, – 1992. – №4. – P.17-25.
8. Monnier, Y. A genetic algorithm for scheduling tasks in a real-time distributed system / Y. Monnier, J.P. Beauvis, J.M. Deplanche // Proceeding of 24th Euromicro Conference, IEEE. – 1998. – P.708–714
9. Алексеева, Е.В. Генетический алгоритм для конкурентной задачи о р-медиане / Е.В. Алексеева, А.В. Орлов // Труды 14 Байкальской международной школы-семинара "Методы оптимизации и их приложения". – Том 1. – Северобайкальск, 2008. – с. 570-585.
10. Батищев, Д.И. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации [текст] / Д.И. Батищев, Е.А. Неймарк, Н.В. Старостин. – Нижний Новгород. – 2007. – 85 с.
11. Kirkpatrick S. Optimization by simulated annealing / S. Kirkpatrick, C.D. Gelatt, M.P. Vecchi // Science. – 1983. – Vol. 220, – P.671–680.
12. Патент РФ № 2005130256/09, 06.11.2003. Управление ресурсами сервера, анализ и предотвращение вторжения к ресурсам сервера // Патент России № 2316045. 27.02.2006. Бюл. № 6. / Ч. Сэмпл.
13. Патент РФ № 2018117280, 12.10.2016. Программно-определяемая автоматизированная система и архитектура // Патент России № 2729885. 13.08.2020. Бюл. № 32. / Шове А., Вилхем Ф., Харриман М. [и др.].
14. Патент РФ № 2015109182, 16.03.2015. Способ и система интеллектуального управления распределением ресурсов в вычислительных средах // Патент России № 2609076. **16.03.2015**. Бюл. № 20. / Хантимиров Р.И.
15. Патент РФ № 2011132619/08, 04.08.2011. Система и способ оптимизации использования ресурсов компьютера // Патент России № 2475819. 04.08.2011. Бюл. № 5. / Зайцев О.В.
16. Патент РФ № 2017116433, 10.11.2015. Система управления и диспетчеризации контейнеров // Патент России № 2666475. 07.09.2018. Бюл. № 25. / Синх Д., Суарес Э., Серстон У. [и др.].
17. Начало работы с Docker сайт. – URL: https://docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/docker/tutorials/docker-tutorial (дата обращения: 15.02.2021). – Текст: электронный.
18. Попова, Е.П. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / Е.П. Попова. – Краснодар: ГБПОУ КК КТК , 2015. – 44 с.
19. Ньюмен, С. От монолита к микросервисам [Текст] / С. Ньюмен. – Санкт-Пеетербург: БХВ-Петербург, 2021. – 272 с.
20. Ренцо, Э. Контейнеризация с применением Ansible 2 / Э.Ренцо. – Бирмингем: Пакт паблишинг, – 2018. – 355 с.