

Децентрализованная система по решению задачи маршрутизации на основе мультиагентного подхода.

Смирнов Ю.К.

Санкт-Петербургский Государственный Университет

группа 21.М07-мм

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Граничин О.Н.

Виды задачи VRP

- Задача маршрутизации транспортных средств с ограниченной вместимостью (Capacitated Vehicle Routing Problems, CVRP)
- Задача по маршрутизации транспортных средств с установленными временными окнами (Vehicle Routing Problems with Time Windows, VRPTW)
- Задача по маршрутизации транспортных средств с несколькими депо, (Multiple Depot Vehicle Routing Problems, MDVRP)
- Задача по маршрутизации транспортных средств с возможностью доставки грузов в течение длительного периода времени. (Periodic Vehicle Routing Problem, PVRP)

Цель магистерской диссертации

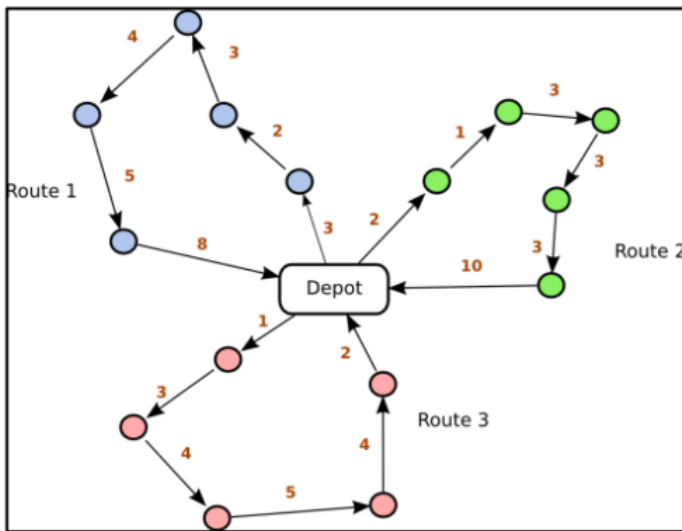
Целью дипломной работы является разработка децентрализованной системы, решающей задачу маршрутизации для транспортных средств с ограниченной грузоподъемностью на основе мультиагентного подхода.

Задачи магистерской диссертации работы

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучить предметную область и обосновать актуальность темы.
- Провести обзор существующих алгоритмов, позволяющих решить задачи маршрутизации транспортных средств с ограниченной грузоподъемностью.
- Разработать эффективный метод решения задачи маршрутизации транспортных средств с ограниченной грузоподъемностью на основе мультиагентного подхода.
- Реализовать систему на основе предложенного метода.
- Апробировать разработанную систему.

Математическая модель задачи CVRP



Математическая модель задачи CVRP

Целочисленная модель линейного программирования задачи CVRP может быть представлена как минимизация целевой функции:

$$\sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \sum_{j=0, i \neq j}^n C_{ij} X_{rij} \quad (1)$$

Здесь:

C_{ij} - это стоимость перемещения связана с каждой дугой (i,j)

X_{rij} - это бинарная переменная, определяющая перемещение транспортного средства $r \in \{1, 2, \dots, p\}$ по дуге (i,j)

Математическая модель задачи CVRP

С учетом условий:

$$\sum_{r=1}^p \sum_{i=0, i \neq j}^n X_{rij} = 1, \forall j \in \{1, \dots, n\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n X_{r0j} = 1, \forall j \in \{1, \dots, p\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=0, i \neq j}^n X_{rj} = \sum_{i=0, i \neq j}^n X_{rji}, \forall r \in \{1, \dots, p\}, j \in \{0, \dots, n\} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0, i \neq j}^n d_j X_{rij} \leq Q, \forall r \in \{1, \dots, p\} \quad (5)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=0, i \neq j}^n d_j X_{rij} \leq |S| - 1, \forall S \subseteq \{1, \dots, n\}, i \neq j \quad (6)$$

1. Точные алгоритмы

- Метод ветвей и границ

2. Эвристические алгоритмы

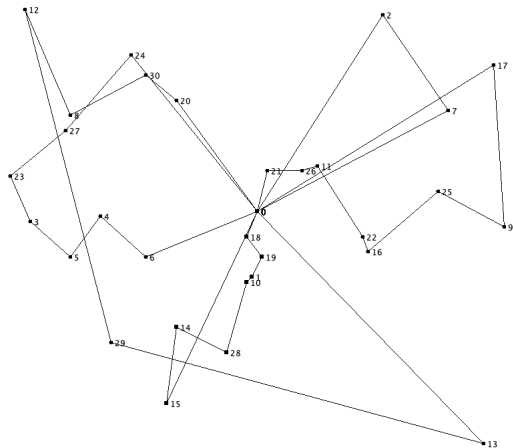
- Жадный алгоритм
- Генетический алгоритм

3. Мета-эвристические алгоритмы

- Поиск с запретами
- Управляемый глобальный поиск
- Управляемый локальный поиск

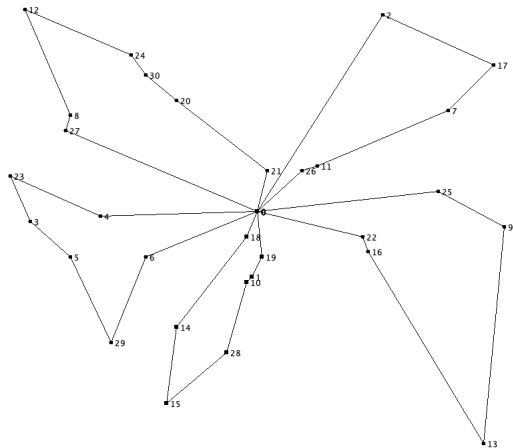
Реализация метода "Жадный алгоритм"

VRP solution for 30 customers with Cost: 793.0



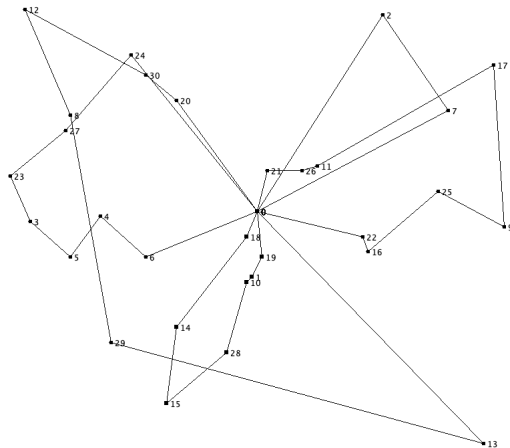
Реализация метода "Локальный Поиск"

VRP solution for 30 customers with Cost: 644.0



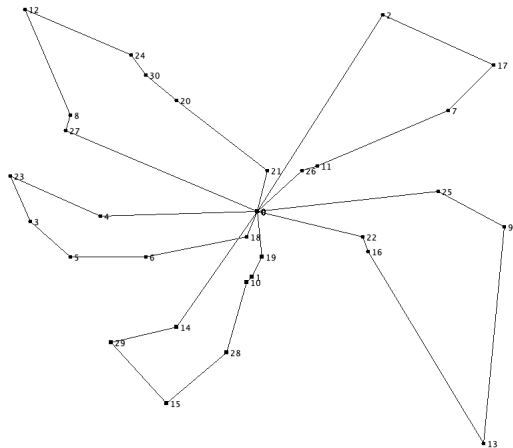
Реализация метода "Глобальный поиск"

VRP solution for 30 customers with Cost: 761.0



Реализация метода "Tabu search"

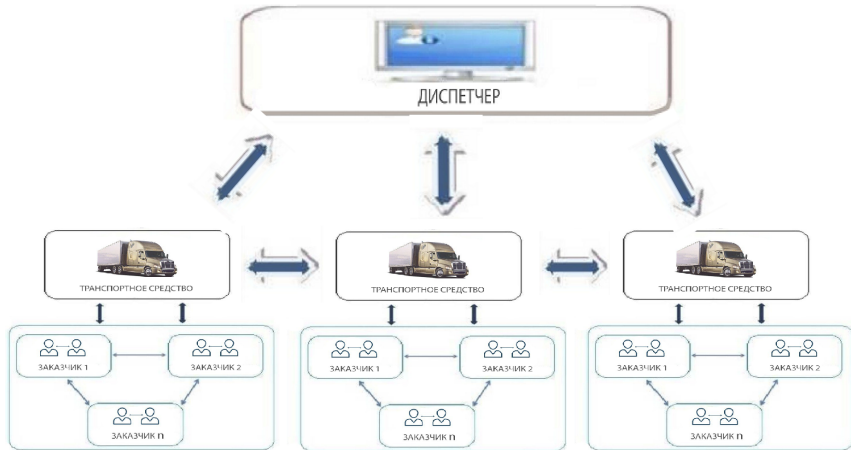
VRP solution for 30 customers with Cost: 637.0



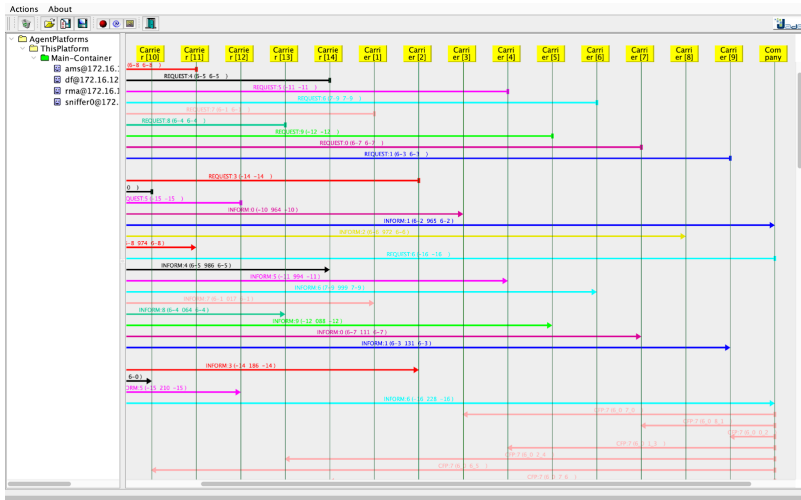
Сравнение рассмотренных алгоритмов

Заказы	Жадный алгоритм		Алгоритм локального поиска		Алгоритм глобального поиска		Табу-алгоритм	
	Время	Расстояние	Время	Расстояние	Время	Расстояние	Время	Расстояние
10	259	0.021	230	0.022	240	0.020	230	0.022
50	953	0.041	784	0.032	915	0.031	756	0.036
100	1576	0.041	1325	0.069	1380	0.057	1280	0.110
250	2826	0.053	2621	0.099	2790	0.087	4178	0.120
500	4574	0.153	4403	0.325	4506	0.320	4178	0.450
1000	7998	0.125	7752	0.982	7952	0.982	7588	1.250

Структура мультиагентной системы



Взаимодействие агентов



Взаимодействие агентов

```
public Vector<ACLMessage> prepareCfp(ACLMessage init) {
    init = new ACLMessage(ACLMessage.CFP);
    Vector<ACLMessage> messages = new Vector<ACLMessage>();

    AID[] agents = helper.searchDF(getAgent(), "Carrier");

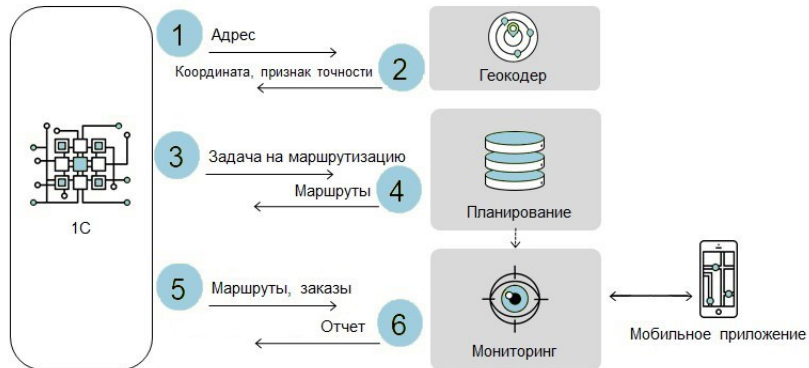
    System.out.println("Бесконтрактном бота найдену агенты с функцией «Перевозчик»");
    for (AID agent : agents) {
        System.out.println(agent.getName());
        init.addReceiver(new AID((String) agent.getLocalName(), AID.ISLOCALNAME));
    }
    System.out.println();

    if (agents.length == 0) {
        System.out.println("Агенты, соответствующие тату, не найдену. Прекращение:" + getAgent().getAID().getName());
        helper.killAgent(getAgent());
    } else {
        init.setProtocol(FIPANames.InteractionProtocol.FIPA_ITERATED_CONTRACT_NET);
        init.setReplyByDate(new Date(System.currentTimeMillis() + 10000));
        init.setContent(jsonObject + "}" + payment);

        messages.addElement(init);
    }

    return messages;
}
```


Архитектура прототипа системы



Апробация прототипа

Демонстрационная база / Управление базой / Редакция 11 (©Примпринт)

Начальная страница
Информация
Отображение маршрутов: Адреса на карте

Главное
Планирование
CRM и маркетинг
Продажи
Закупки
Склад и доставка
Казначейство
Финансовый результат и контроль
НСИ и администрирование

← →

Отображение маршрутов: Адреса на карте

Показать точку Построить маршрут Очистить карту Закрыть

Добавить

Еще ▾

Номер строки	Адрес	Кон...	Широта	Долгота
1	Москва г, Донская ул, дом № 67, корпус 1	Икар	37.60	55.72
2	141720 МОСКОВСКАЯ ОБЛ МЫТИЩИНСКИЙ р...	Ств...	37.49	55.95
3	117209, Москва г, Севастопольский пр-д, дом ...	Алк...	37.58	55.66
4	117437, Москва г, Волгина Академика ул, дом ...	Был...	37.51	55.64
5	196135, Санкт-Петербург г, Теляникова ул, дом №...	Воя...	30.33	59.85
6	Москва г, 1965 года ул, дом № 78	Асс...	37.56	55.76
7	Минск, Березовая ул,дом 6	Эмн...	28.08	53.93
8	115035, Москва г, Пятницкая ул, дом № 25, стр...	Пет...	37.63	55.74
9	197198, Санкт-Петербург г, Писнерская ул, дом...	Мес...	30.29	59.96
10	Москва, Севастопольский проезд, дом № 20	Сиг...	37.62	55.76
11	111024, Москва г, Знтуластов ш, дом № 12	Стр...	37.71	55.75
12	Москва, Краснопольетарская ул, дом № 67	Про...	37.61	55.78
13	117418, Москва, Нахимовский пр-кт, дом № 45	Бю...	37.57	55.68
14	117342, Москва г, Севастопольский пр-д, дом ...	Торг...	37.55	55.64
15	Москва Симферопольский бульвар дом 67	Про...	37.61	55.65
16	Москва г, 40 лет Октября пр-д, дом № 89	Аль...	37.75	55.68
17	Москва г, Неклюево Микроника ул, дом № 5	Фаб...	37.44	55.75

Количество заказов: 17
Получить заказы

Номер маршрута:

Выбор региона:

Масштаб:

Карта:

Найти

Пробки

Слой

Открыть в Яндекс.Картах Создать свою карту

© Яндекс Удалены лишние названия

Апробация прототипа

Демонстрационная база / Управление торговых, редакция 11 (1С:Предприятие)

Начальная страница | Информация | **Отображение маршрутов: Адреса на карте**

Главное

Планирование

CRM и маркетинг

Продажи

Закупки

Склад и доставка

Казначейство

Финансовый результат и контроль

НСИ и администрирование

← →

Отображение маршрутов: Адреса на карте

Показать точки

Построить маршрут

Очистить карту

Закрыть

Добавить

↑ ↓

Еще

Номер строки	Адрес	Контрагент	Ш...	До...
6	Москва г., 1905 года ул. дом № 78	Ассоль	37...	55...
1	Москва г., Данская ул. дом № 67, корпус 1	Икар	37...	55...
3	117209, Москва г., Севастопольский пр-кт, дом № 67	Аполлово А.А.	37...	55...
2	141720 МОСКОВСКАЯ ОБЛ. МЫТИЩИНСКИЙ р-н ДО...	Стандарт-Лайн	37...	55...
4	117437, Москва г., Волгина Академика ул. дом № 33	Бытовая техника	37...	55...

Количество заказов:

Номер маршрута:

Выбор региона:

Масштаб:

Карта:

Адрес или объект

Найти

Пробки

Сним

Открыть маршрут

Создать свою карту

© Яндекс.Услуги. Использование

Апробация прототипа

НаСервере

```
Процедура ПоказатьТочкиНаСервере ()
//1. Устанавливаем соединение с сервисом для авторизации на Yandex
Соединение = ПолучитьHTTPСоединение("geocode-maps.yandex.ru");
//2. формируем запрос на отображение
МакетКарты = РеквизитФормыЗначение("Объект").ПолучитьМакет("Макет");
Карта=МакетКарты.ПолучитьТекст();
НовыйТекстМакета = Карта;
Для Каждого СтрТЗ из ТаблицаЗначений Цикл
    ЗапросHTTP = СформироватьHTTPЗапросПоКонтрАгенту(СтрТЗ.Адрес);
    Ответ = Соединение.Получить(ЗапросHTTP);
    Если Ответ.КодСостояния = 200 Тогда
        Чтение = Новый ЧтениеJSON;
        Чтение.УстановитьСтроку(Ответ.ПолучитьТелоКакСтроку());
        Данные = ПрочитатьJSON(Чтение,Истина);
        Response = Данные["response"];
        ObjectCollection = Response["GeoObjectCollection"]["featureMember"];
        // Первый элемент массива // Точка на карте
        GeoObject = ObjectCollection[0]["GeoObject"]; Point = GeoObject["Point"];
        // Координаты по X и Y
        Координаты = Point["pos"];// позиция координаты
        ПозПробел = СтрНайти(Координаты, " ");

        Если ПозПробел > 0 Тогда
            Широта = Лев(Координаты,ПозПробел-1);
            Долгота = Сред(Координаты,ПозПробел+1);
            defaultТекстМакетаКарты = НовыйТекстМакета;
            СтрТЗ.Широта =Широта;
            СтрТЗ.Долгота =Долгота;
            ТекстJavaScript = "var myPlacemark"+
            СтрТЗ.НомерСтроки+ " = new ymaps.Placemark([" + Долгота + ", " + Широта +"], {}, {preset: 'islands#blueIcon'});
            | myMap.geoObjects.add(myPlacemark"+СтрТЗ.НомерСтроки+");
            |[ШаблонДобавленияНовойМетки]//";
            НовыйТекстМакета = СтрЗаменить(defaultТекстМакетаКарты,"/[ШаблонДобавленияНовойМетки]//",ТекстJavaScript);
        КонецЕсли;
    КонецЕсли;
КонецЦикла;
Карта =НовыйТекстМакета;
КонецПроцедуры
```

Апробация прототипа

```
#Область Вспомогательныефункции
функция ПолучитьHTTPСоединение (АдресСоединения)
    SSL = Новый ЗащищенноеСоединениеOpenSSL();
    Соединение = Новый HTTPСоединение (АдресСоединения,,,,,SSL);





    Возврат Соединение;
Конецфункции

функция СформироватьHTTPЗапросПоКонтрАгенту (АдресКонтрАгента)
    АpyKey = "cc5804c0-8b2b-4734-81ec-89805c6a807a";
    ТекстЗапроса = АдресКонтрАгента;

    ЗапросHTTP = Новый HTTPЗапрос;
    ЗапросHTTP.Заголовки.Вставить ("Content-Type", "application/json");
    ЗапросHTTP.АдресРесурса = "1.x?format=json&geocode="+ АдресКонтрАгента+ "&apikey="+АpyKey;

    Возврат ЗапросHTTP;
Конецфункции
# КонецОбласти
```

Апробация прототипа

ГЛАВНАЯ ПРОФИЛЬ ВЫЙТИ			
Список заказов			
НОВЫЙ ЗАКАЗ			
Наименование	Дата ↑	Статус	Действия
Заказ клиента ТД00-000010 от 11.04.2017 12:00:01	11.04.2017, 12:00:01	Закрыт	
Заказ клиента ТД00-000016 от 15.04.2017 12:00:00	15.04.2017, 12:00:00	Закрыт	
Заказ клиента ТД00-000019 от 29.04.2017 13:23:48	29.04.2017, 13:23:48	Закрыт	
Заказ клиента ТД00-000027 от 20.05.2017 12:21:10	20.05.2017, 12:21:10	К выполнению / В резерве	
Заказ клиента ТД00-000028 от 13.07.2017 18:46:57	13.07.2017, 18:46:57	К выполнению / В резерве	
Заказ клиента ТД00-000001 от 04.04.2021 11:12:36	04.04.2021, 11:12:36		 
НАЗАД ВПЕРЕД			

Заключение

- Проведен обзор и сравнительный анализ подходов к созданию децентрализованной системы на основе математических уравнений, нейронных сетей, машинного обучения, мультиагентных технологий
- Проведен обзор и сравнительный анализ классических, эвристических и мета-эвристических алгоритмов, позволяющих решить задачи маршрутизации транспортных средств с ограниченной грузоподъемностью. Выполнена их программная реализация с визуализацией решений
- Предложен эффективный метод, использующий алгоритм Tabu-Search и мультиагентный подход для решения задачи маршрутизации транспортных средств с ограниченной грузоподъемностью.
- Разработан прототип системы на основе предложенного метода, оформленный в виде расширения конфигурации для систем 1С ERP и УПП
- Проведена апробация прототипа на реальных данных