

Решение задачи генерации воздушного трафика

Москвитин Максим Александрович
научный руководитель: Служаев Е. Д.

СПб АУ НОЦНТ РАН

14 июня 2016 г.

Прикладное значение

- Генерация упражнений для тренировки диспетчеров
- Тестирование алгоритмов автоматизации управления воздушным движением

Задача

Генерация планов полета по имеющейся структуре воздушного пространства, создающих заданную (или приближенную к заданной) нагрузку на диспетчера.

Актуальность

- Необходимо создавать сложные и реалистичные сценарии
- Создание сценариев вручную является трудоемкой задачей
- Использование реальных данных не обеспечивает требуемой сложности сценариев

- Разработка библиотеки для решения задачи генерации трафика
- Разработка дополнительных библиотек, необходимых для интеграции решения с тренажером

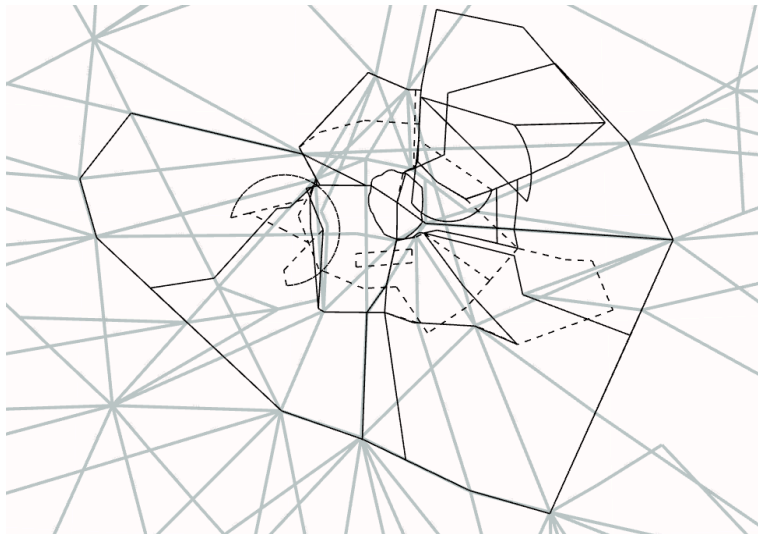
Подзадачи

- Формализация задачи
- Решение с использованием методов стохастической оптимизации:
 - Генерация тестовых наборов
 - Разработка эффективного алгоритма вычисления целевой функции
 - Реализация и тестирование различных методов оптимизации

Входные данные:

- Границы секторов воздушного пространства (до 40 секторов)
- Граф маршрутов (до 80 различных маршрутов)
- Точки, из которых могут прилетать самолеты (или улетать) - аэропорты и точки за пределами рассматриваемой области
- Для некоторых секторов задана функция желаемой нагрузки $WL_S(t)$:
 - Функция является кусочно-константной
 - Значение функции - некоторая числовая характеристика (напр. количество самолетов)
 - Функция задана для 1-4 секторов

Формализация задачи генерации трафика



Выходные данные:

- Множество самолетов с известным поведением:
 - Маршрут движения
 - Время вылета
 - Средняя скорость
- Полученное расписание должно минимизировать некоторую штрафную функцию (ограничений на ее форму не накладывается)
- Штрафная функция должна быть основана на сравнении нагрузки, обеспечиваемой данным расписанием, и желаемой нагрузки

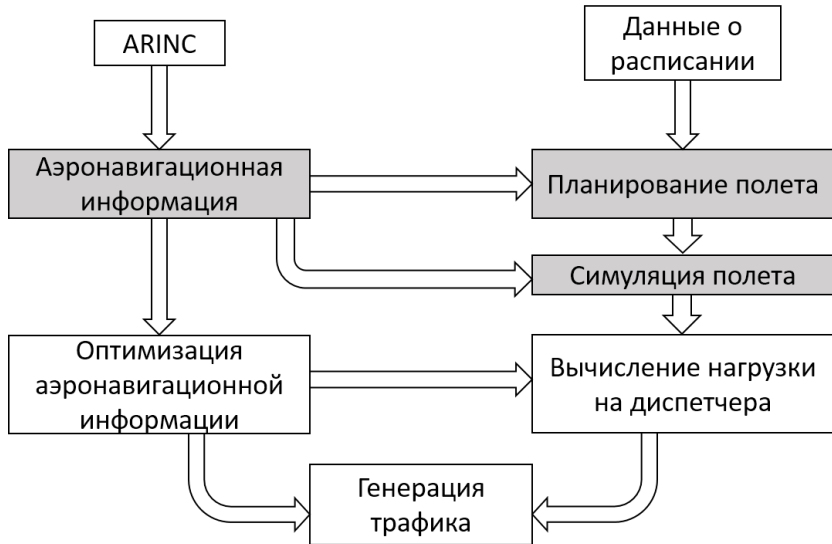
Общий подход

Можно использовать готовый сценарий и пытаться повторить обеспечиваемую им нагрузку.

Подходы

- Полностью синтетические тесты
- Реальные данные
- Реальные данные о расписании и структуре воздушного пространства, сценарий генерируется на основе симуляции

Генерация тестовых наборов



Тесты

- Сгенерировано ~150 тестов
- Тесты разбиты на группы по количеству секторов (от 1 до 4)

Эталонное решение

Для каждого теста известно эталонное решение:

- Расписание, на основе которого был получен данный тест
- Решение имеет ненулевой штраф, из-за дискретизации функции нагрузки

Дифференциальная эволюция

- Использовался в публикациях¹ по данной задаче
- Требуется информация о количестве самолетов на каждом маршруте

Жадное решение

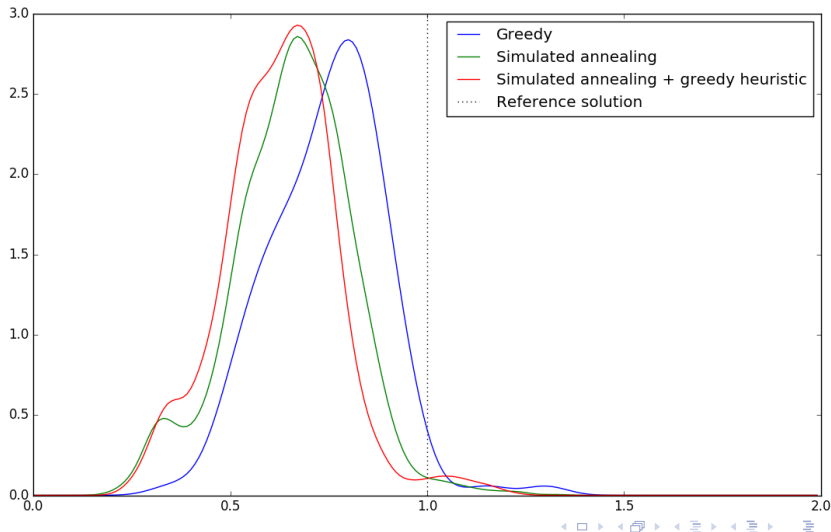
- Результат сравнимый с эталонным решением
- Слишком большое время работы для применения в тренажере (~500 секунд)

¹Amin R. et al. An evolutionary goal-programming approach towards scenario design for air-traffic human-performance experiments //Computational Intelligence in Vehicles and Transportation Systems (CIVTS), 2013

Метод имитации отжига

- Не требует информации о количестве самолетов на каждом маршруте
- Результаты лучше, чем у жадного решения
- Небольшое время работы (<5 секунд)
- Реализация:
 - При фиксированном наборе самолетов: Больцмановский отжиг
 - С небольшой вероятностью на каждой итерации происходит добавление или удаление самолета
 - Жадная эвристика

Функция плотности вероятности для значения целевой функции



- Реализовано решение, удовлетворяющее всем требованиям
- Реализован способ генерации наборов тестовых данных
- Дополнительные библиотеки, необходимые для интеграции решения с тренажером, разработаны в процессе решения подзадачи генерации тестов

Эталонное решение

