

Команда СевМорПуть и №

Подходы к решению

Анализ литературы показал, что применяемые для логистики транспорта и судов алгоритмы не очень подходят для решения задачи по СМП в связи с динамичностью условий и отсутствием фиксированных точек графов или жестко заданных временных окон для точек графа. Однако, алгоритмы нахождения кратчайшего расстояния вполне подходят.

Основа решения

Использование алгоритма Дийкстры для нахождения кратчайшего пути в графе.

Для расчета длины ребер графа использовались скорости судов в различных ледовых обстановках с учетом изменения скорости при проводке ледоколом или в составе конвоя.

Начальное решение показывает идеально достижимое при отсутствии ограничений по ледокольному флоту. Конечное решение исходит из наложения ограничений по количеству ледоколов и их местоположению.

Решение не использует предложенные заказчиком ребра графа, а только реальную ледовую обстановку и карту моря/суши, а также реальные расстояния из географической проекции.

Решение потенциально оптимизирует даты выхода судов из начальных точек для минимизации простоев в море и нахождения на СМП

Решение использует упрощенный подход к визуализации и определению скорости и точного местоположения ледоколов при проводке, ориентируясь на начальные точки входа судов во льды и выхода из них и скорость судов в конвое

Решение может использовать географические и ледовые карты любой детализации и обновляет местоположение судов с любой частотой для максимальной точности расчета и отображения движения судов, может принимать изменение ледовой обстановки с любой заданной периодичностью (недельная, ежесуточная и т.д.)

В составе решения существует возможность добавления любого количества судов и произвольного количества пунктов назначения в расписания (простое добавление строк в файл расписания в Excel и файл координат пунктов назначения), возможность ручного уточнения реального местоположения судов с

желаемой частотой (простое изменение текущей координаты на конец периода (сутки, 12 часов и т.д.). Считывание таких данных при необходимости будет происходить автоматически.

Логика решения.

Подход использован следующий:

1. Для каждого судна/ледокола создается словарь основных данных и состояний, а также начальных, конечных точек маршрута и скоростей в зависимости от ледовой обстановки.
2. Начиная с первого дня начала движения судов проводится расчет скоростей в квадратах карты в зависимости от ледовой обстановки и наличия ледокола для проводки
3. Проводится расчет времен нахождения в каждом квадрате, в зависимости от направления движения
4. На основании полученной матрицы времени нахождения строится кратчайший маршрут для каждого судна
5. Находятся точки/маршруты, проходящие через области сложной ледовой обстановки, где движение без ледокола невозможно (на период в 3-5 сут вперед) (время прохождения участка стремится к \inf).
6. В случае совпадения списков для нескольких судов в рамках определенного периода (1-3 сут или иное, определяется оптимизацией) определяется общая точка входа и маршрут во льдах и скорость движения такого каравана..
7. Для этой точки входа определяется ближайший по времени ледокол и определяется время выхода ледокола из текущей точки местонахождения, время выхода фиксируется и ледоколу присваивается маршрут
8. Также возможно смещение дат отправления судов (в случае их нахождения в начальном порту) для уменьшения времени на СМП и подхода всех судов каравана в одну точку одновременно
9. Запускается новый расчет с новыми датами выхода судов/ледоколов и точками сбора, возможного обновления ледовой обстановки для движения судов за 1 сутки
10. Цикл повторяется – анализ обстановки на 3-5 сут вперед, нахождение маршрутов через льды, поиск ближайшего ледокола, и т.д. (п.п. 2-9)
11. При окончании проходки льдов с ледокола и каравана снимается статус «Конвой», ледокол получает новые координаты (точка выхода из льдов на чистой воде) и статус доступного для планирования проводок
12. По достижению судном конечной точки с судна снимается статус «в пути», судно уходит с СМП, общее время движения фиксируется для возможной оптимизации

13. Логика – движение от идеального результата (нет ограничений по ледоколам), нахождение точек «полного замедления» для оптимизации мест формирования конвоев и для минимизации нахождения судов на СМП, в том числе за счет изменения дат выхода из порта на более поздние или ранние (по возможности).
14. Вывод местоположения судов, ледовой обстановки возможен в графической форме (код выводит окончательный полный маршрут, однако есть возможность выдачи изображений пройденного и планируемого маршрута, групповые изображения всех судов на СМП либо графики/графический вывод для одного судна)
15. В каждый момент времени в базе для каждого судна есть информация о текущем местоположении, пройденном и планируемом маршруте, ожидаемом ориентировочном времени подхода в пункт назначения ЕТА с точностью в несколько часов, а так же координаты и ожидаемое время подхода к пространствам с осложненной ледовой обстановкой по планируемому маршруту)
16. Благодаря использованию подгружаемых данных (скорости судов, координаты конечных точек, реальные координаты судов) решение подходит для отслеживания реальной обстановки на СМП и ее соотнесения с планируемыми проводками судов.
17. В перспективе – с использованием метода Монте-Карло возможна наработка большого количества сценариев для обучения нейросетей для более быстрой оценки ситуации и оптимизации движения на СМП. При заинтересованности заказчика такой подход также может быть предложен/реализован.

Использование кода.

Необходимо загрузить с GitHub (<https://github.com/gliwork/SevMorPut>) все файлы .xlsx (начальные данные) и ноутбук (и/или .py файл) с кодом в одну выделенную директорию.

Запуск в Colab или на любой машине с Conda/Python.

На выходе программа выдаст файл Эксель с ежедневными координатами (аналог диаграммы Ганта), а также набор графических изображений маршрута на карте ледовой обстановки