

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

Скорость расчетов

На CPU полный расчет идеального графика движения всех судов составляет порядка 30 секунд. Максимальное время после подключения итераций ожидается не более 5-10 мин