

СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ КАК КРУПНОМАСШТАБНАЯ СИСТЕМА: АНАЛИЗ МАРШРУТОВ В ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Горошникова Т.А., Ильинский А.И.

Финансовый Университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва
tagora@list.ru

Ключевые слова: Арктика, северный морской путь, имитационное моделирование, ледовый режим

Аннотация: В докладе предлагается анализ практической осуществимости участия КНР в открытии Северного морского арктического пути на основе исследования пути судна при определенном ледовом режиме. Имитационное моделирование выполнено в среде NetLogo с использованием эвристического алгоритма A.*

Введение

Китайское правительство анонсировало арктическую политику Китая по устранению расширяющегося разрыва между юридическими и институциональными ограничениями в Арктике и ее растущими интересами [1]. Отчет Китая о его арктической политике (China's white paper) от 26 января 2018 подтверждает намерения Китая расширить спектр своих действий в Арктике с целью реализации 'исторической возможности' для коммерческой деятельности в результате таяния арктического льда и увеличения длительности судоходного периода. Расширение инициативы 'Один Пояс, Один Путь' до 'Инициативы пояса и пути' подчеркивает важность 'Полярного шелкового пути', связывая Китай и Европу через Северный Ледовитый океан. Таблица 1 показывает различные значения расстояний между Китаем и европейскими странами для Южного Морского Пути (через Суэцкий канал) и Северного морского пути (через Северный Ледовитый океан).

Арктика меняет роль младшего игрока в мировой экономике на роль игрока с неограниченными ресурсами и прекрасными возможностями. Физическая и социальная значимость понимания этого переломного момента может стать локомотивом для получения информации, идей, знания. Морскую

Арктику как любую крупномасштабную социально-экологическую систему можно рассмотреть через взаимосвязанные проблемы: исследовать возможность соединения компонентов системы, выявлять индикаторы смен режимов посредством наблюдения и моделирования, встраивать функциональную устойчивость в систему через адаптационно-ориентированную политику. [2] Каждая из вышеупомянутых проблем зависит от масштаба и требует более глубокого понимания.

Таблица 1

From	To	SSR(km) Южный Морской Путь	NSR(km) Северный морской путь	NSR against SSR % change
China	Netherlands	19,942	15,436	-23%
China	Belgium	19,914	15,477	-22%
China	Germany	20,478	15,942	-22%
China	United Kingdom	19,799	14,898	-25%

Главный компонент Арктики – арктическая транспортная система. Северный морской путь (NSR) из-за тающего льда становится замечательной альтернативой для судостроительной промышленности. Акватория NSR покрыта льдами, которые усложняют навигацию большую часть года. Толщина однолетнего льда достигает 2 метров к началу летнего сезона. Фактический ледяной класс судна (параметр, показывающий его способность находиться в море в зависимости от тяжести ледовых условий) очень важен для такого “ледяного режима”. Даже в летний сезон затруднения, связанные с ледовой обстановкой, бывают настолько существенными, что без помощи ледокола пройти судам не представляется возможным.

Маршруты NSR простираются вдоль побережья с чрезвычайно низкой плотностью населения. Сокращение расхода топлива – цель для транспортной компании, т.к. цена на топливо включает значительную часть эксплуатационных затрат для судовладельца, чтобы быть максимально экономичными необходимо операционное планирование.

Моделирование возможного навигационного маршрута должно описать каждый шаг пути судна с условиями окружающей среды: плотность льда (ice compactness), толщина льда, прочность льда, видимость. Администрация Северного морского пути Российского Федерального агентства по морскому и речному транспорту рекомендует маршруты для судов определенного класса. Отклонение от рекомендуемого маршрута предусматривается только для конкретного диапазона, выход, из которого опасен и нежелателен. Цель работы состоит в выполнении анализа осуществимости китайского участия в Арктике при открытии Северного морского арктического пути на основе исследования пути судна при определенном ледовом режиме.

Методология

Анализ пути судна изучается с различных точек зрения. Теоретические исследования Северного морского пути выполняли Erikstad и Ehlers (2012), Sorstrand (2012), Otsuka и др. (2013), La Prairie и др. (1995.), Kotovirta и др. (2009), Guinness и др. (2014) описывали различные аспекты использования NSR, Grifoll и др. (2016) обращались к моделированию транзита и оптимизации маршрута.

Алгоритм поиска путей, используемый в работе – эвристический алгоритм A* (Dechter и Pearl, 1985) для поиска "короткого" пути, соединяющего отправную точку и конечный пункт в 2D сетках. A* алгоритм - комбинация идей алгоритма экономного продвижения (Greedy algorithm) и эвристической информации для каждого состояния s:

$$f(s) = g(s) + h(s),$$

где g (s) предоставляет стоимость пути от состояния начала до текущего состояния, h (s) оценивает стоимость самого дешевого пути от текущего узла до цели. Эвристическая функция не должна переоценивать фактическую стоимость достижения самого близкого узла цели. Несмотря на то, что A* алгоритм находит расстояние маршрута за более длительный промежуток времени, чем метод изохроны (Myung-II Roh, 2013), потому что делает акцент на соседние узлы, он легче применим к экономичному судоходному маршруту с препятствиями, такими как острова или большие льдины.

Изменение ледовой обстановки зависит от времени года. Навигационный период NSR начинается в апреле для ледоколов, в июне для других судов и продолжается до ноября. Ледовая обстановка принимает во внимание плотность льда в области и стадии развития льда. Ледовые карты хранятся в форме стандарта World Meteorology Organization (WMO). Анализа пути судна имеет важное значение для экономической эффективности. Чем быстрее и короче маршрут, тем более экономически

эффективны расходы. В целом задача определения экономичного пути судна является задачей оптимизации, где переменная - длина пути.

Создание модели

Для анализа пути судна при заданной ледяной плотности (0.22-0.33) было построено множество маршрутов $\{L_n\}$ в структуре NetLogo. Ледовая обстановка была приближена максимально реалистично насколько возможно. Netlogo - мультиагентная программируемая окружающая среда моделирования для принятия решения [7].

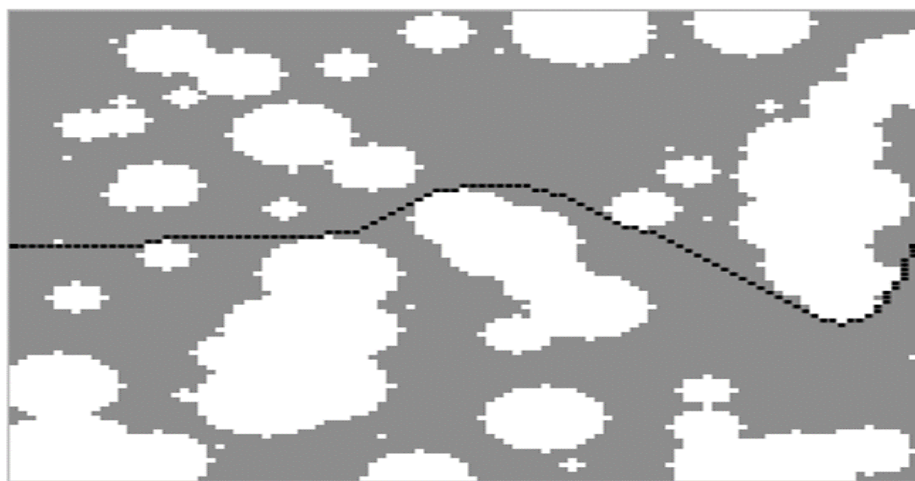


Рисунок 1. Модель пути судна выполненная в Netlogo

Агентное моделирование Netlogo основывается на множестве взаимодействующих агентов с врожденной хаотичностью. Эта особенность имеет ценную привлекательность для морских моделирований ледовой обстановки. Ледовая модель для нахождения оптимального маршрута от одного пункта до другого пункта основывается на эвристическом A* алгоритме в прямоугольной сетке. По мере продвижения агента (судна) алгоритм обрабатывает информацию для определения оптимальных местоположения судна. Модель была выполнена в 2D сетке (100 x 100). Данные были экспортированы в программную среду R для статистической обработки и графики.

Заключение

В докладе обсуждается анализ стохастических свойств построенных маршрутов и на его основе делается предположение о целесообразности дальнейшего изучения Северного морского пути как части “Инициативы пояса и пути”.

Литература

1. <http://www.scio.gov.cn/zfbps/32832/Document/1618203/1618203.htm>
2. Carmack, E., McLaughlin, F., (2012), “Detecting and” Coping with Disruptive Shocks in Arctic Marine System: A resilience Approach to Place and People, Springer
3. Hintsala, H., Niemela S., Tervonen P. "Arctic potential – Could more structured view improve the understanding of Arctic business opportunities?" Elsevier, Polar Science 10 (2016) 450-457
4. Esa J, 2015. Fuel and economic efficiency of an ice-going vessel on th Northern Sea Route, Master thesis, School of engineering, Aalto University
5. Grifoll, M. and F. X. Vartinez de Oses (2016): “A Ship Routing System Applied at Short Sea Distances” Journal of Maritime Research, Vol XIII, No.II, pp 3-6.
6. Myung-II Roh, “Determination of an economical shipping route considering the effects of sea state for lower fuel consumption”
7. Wilensky, Uri; Rand, William (2015). An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo. Cambridge: MIT Press. ISBN 978-0-262-73189-8. Scott S., Koehler M. A Field Guide to Netlogo, George Mason University, The MITRE Corporation, 2014
8. Nam J., Park I, Lee H., Simulation of optimal arctic routes using a numerical sea ice model based on an ice-coupled-ocean circulation method”, Int J.Naval Archit.Ocean Eng.(2013) 5:210-226
9. Myung-II Roh, Determination of an economical shipping route considering the effects of sea state for lower fuel consumption, Int J.Naval Archit.Ocean Eng.(2013) 5: 246-262
10. Jones S. Ships In Ice – A Review, 25th Symposium on Naval Hydrodynamics, St. John’s, Newfoundland and Labrador, CANADA, 8-13 August 2004.