

Авторы:

Кадников Виталий Евгеньевич

Студент Высшего колледжа информатики НГУ

633203, Новосибирская область, г.Искитим, ул. Советская, 463-2

Контактный тел.: 8-952-926-9312

kadnikov_vitalii@mail.ru

Лескин Олег Вадимович

Студент Высшего колледжа информатики НГУ

630058, г.Новосибирск, ул. Русская, 35,к.2,ком.825

Контактный тел.: 8-952-947-2248

leskinol@gmail.com

Чиркунов Кирилл Сергеевич

Аспирант Института систем информатики им. А.П.Ершова СО РАН

630128, г.Новосибирск, ул. Демакова, 18-113

Контактный тел.: 8-923-240-3896

kirill.chirkunov@gmail.com

Имитационное моделирование логистических цепочек на примере задачи доставки продукции Богучанского алюминиевого завода на китайский рынок

В свете последней тенденции значительного увеличения импорта алюминия в КНР весьма актуальной является задача по наглядному представлению возможных путей экспорта сибирского алюминия в эту страну, оценке транспортных затрат и временных показателей доставки. В данной работе мы построили дискретно-событийную модель для перспективных направлений поставок продукции Богучанского алюминиевого завода на восточноазиатский рынок. Демонстрационное видео с моделью - <http://www.youtube.com/watch?v=mRksOyS5Z-w>

Ключевые слова: китайский алюминиевый рынок, имитационное моделирование, логистика, Богучанский алюминиевый завод

Введение

Экспертные оценки показывают возможность устойчивого роста спроса на алюминий на мировом рынке в ближайшие десятилетия порядка 8 % в 2011 г (по сравнению с уровнем 2010 г), благодаря сохранению высоких темпов роста экономики в Китае и восстановлению спроса в США, Европе и Японии, потребление которого ожидается на уровне 43,8 млн т. При этом только в рост потребления алюминия в 2011 г может составить 12 % и достигнуть 18,5 млн т. в

Китае, в связи с ростом нового строительства обусловленного тенденцией к урбанизации страны, По прогнозу UC RUSAL, с 2011 г. Китай будет увеличивать объем импорта первичного алюминия, который достигнет 3-4 млн т к 2015 г. [4]

Это говорит в пользу потенциальной привлекательности китайского рынка для отечественных производителей алюминия. Наиболее перспективным направлением считается Восточная Сибирь – Восточная Азия в свете строительства двух крупных заводов – Богучанского и Тайшетского.

В мае 2006 года компании РУСАЛ и «ГидроОГК» (теперь РусГидро) подписали соглашение о сотрудничестве в совместной реализации проекта по созданию Богучанского энерго-металлургического объединения (БЭМО). Проект БЭМО включает в себя завершение строительства Богучанской ГЭС установленной мощностью 3000 МВт на реке Ангаре и сооружение алюминиевого завода мощностью 600 тыс. тонн в год. Ожидается, что запуск первой очереди ГЭС произойдет в 2011 году, первого пускового комплекса завода - в 2013 году [10].

Однако можно предположить, что старт первого пускового комплекса Тайшетского алюминиевого завода (конечная предполагаемая производительность - 750 тыс. тонн алюминия в год), также не заставит себя долго ждать [1]. По словам Василия Соболева (генеральный директор строительства Тайшетского алюминиевого завода), строительство, которое было приостановлено в разгар экономического кризиса, возобновится с июня 2011 года. Полным ходом идут работы по строительству подстанции «ЛЭП-500» на Карабулу и Богучаны. Первый металл планируется получить в декабре 2012 г.

Весьма актуальной и интересной представляется задача моделирования возможных путей доставки алюминия с этих заводов на китайский рынок, которая позволит наглядно проследить будущую загрузку участков железной дороги по перспективным направлениям и приблизительно оценить будущие транспортные затраты [2].

Отработка приемов моделирования осуществлялась на довольно условном примере: оценка возможных направлений транспортировки алюминия из региона Восточной Сибири (Богучанского алюминиевого завода) по доставке на территорию Китая (центры-грузопоглощения Шэньян и Шэньчжэнь).

Промышленные центры Китая

Город Шэньян считается весьма важным промышленным центром и большим транспортным узлом на северо-востоке Китая. Здесь развито многоотраслевое машиностроение, включающее в себя производство различного промышленного оборудования, уникальных транспортных средств, электротехнических моторов и т. п. Так же здесь действуют предприятия цветной металлургии, химической, легкой и пищевой промышленности, а так же по производству

резинотехнической продукции и стекла. Именно здесь расположен головной завод известной компании Brilliance China Auto.

Шэньчжэнь – центр мировой электроники, или "мировая кузница железа". В городе насчитывается более 120 тыс. единиц предприятий различных категорий, в т.ч. 200 крупных. Основу экономики составляют предприятия, специализирующиеся на выпуске высокотехнологичной продукции и разработке новых высоких технологий. Именно их развитие стало фактором стабильного роста экономических показателей Шэньчжэня.

Имитационная модель

Имитационное моделирование — метод, позволяющий строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности. Такую модель можно «проиграть» во времени как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. По этим данным можно получить достаточно устойчивую статистику [11].

Дискретно-событийное моделирование — это вид имитационного моделирования. В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы [5].

Язык GPSS, в котором впервые была реализована идея дискретно-событийного моделирования, ввел парадигму потокового, или сетевого моделирования (flowchart или network-based modeling). В соответствии с этой парадигмой поток сущностей (транзакций) продвигается по структурной диаграмме, представляющей систем. Транзакции ожидают в очередях, конкурируют за использование ресурсов и блоков, осуществляющих их обработку (обслуживание), и в конце концов покидают систему. Структура системы представляется блок-схемой – блоками и их направленными связями.

Одна из трактовок транзакций и блоков рассматривает транзакции как пассивные сущности, поскольку они не обладают поведением, а подвергаются изменениям в блоках, которые, в свою очередь, являются активными сущностями.

В качестве инструмента имитационного моделирования мы выбрали среду Any Logic, которая поддерживает парадигму дискретно-событийного моделирования в рамках именно этой трактовки [14].

При описании модели мы использовали данные, представленные в таблицах 1 и 2 (по материалам, размещенным на сайтах Министерства путей сообщения КНР и ОАО «РЖД», ЖелДорЭкспедиции РФ, официальном сайте Улан-Баторской железной дороги, ценах на фрахт морских судов)[13, 8, 3, 12].

Таблица 1 Эмпирические данные модели

Средняя скорость сухогруза, v_{sh}	13 км / ч
Средняя скорость ж/д состава, v_{tr}	55 км / ч
Цена перевозки одной тонны груза по территории России по железной дороге, $c_{tr, rus}$	5,8 руб. / км
Цена перевозки одной тонны груза по территории Монголии по железной дороге, $c_{tr, mon}$	5,8 руб. / км
Цена перевозки одной тонны груза по территории Китая по железной дороге, $c_{tr, china}$	4,18 руб. / км
Цена перевозки одной тонны груза по территории Китая морем, $c_{sh, china}$	3,4 руб. / км
Общая масса ж/д состава (70 вагонов), m_{tr}	2450 т
Общая масса сухогруза (340 контейнеров), m_{sh}	7350 т

Таблица 2 Пути доставки

	Путь 1	Путь 2	Путь 3	Путь 4
Расстояние по территории России	1687 км	2617 км	1687 км	2617 км
Расстояние по территории Монголии	1111 км	--	1111 км	--
Расстояние по территории Китая	3190 км	1432 км	1375 км	5444 км
в т.ч. по суше	3190 км	1432 км	1375 км	2159 км
в т.ч. по морю	-	-	-	3285 км
Общая протяженность пути	5988 км	4049 км	4173 км	8061 км
Общее время пути	~109 ч	~ 74 ч	~76 ч	~ 340 ч

Путь 1 - Богучаны–Тайшет–Улан-Удэ–Пекин–Шеньжень

Путь 2 - Богучаны–Тайшет–Чита–Шеньян

Путь 3 - Богучаны–Тайшет–Улан-Удэ–Пекин–Шеньян

Путь 4 - Богучаны–Тайшет–Чита–Шеньян–Далянь–Сянган–Шеньжень

Транспортные издержки на доставку считаются по формуле:

$$C_{transport} = \sum_{i \in P} m \cdot c_i \cdot l_i, \text{ где } m - \text{ масса перевозимого груза (в тоннах), } c_i - \text{ цена перевозки одной}$$

тонны груза на один километр на участке пути i транспортом определенного вида, l_i - длина участка пути i (в километрах).

Расчет времени доставки в оптимистичном случае (когда не надо ждать наполнения сухогруза):

$$t_{transport} = \sum_{i \in P} \frac{l_i}{v_i}.$$

Однако в модели время доставки рассчитывается как разность между моментом модельного времени, когда груз был доставлен в точку назначения, и моментом начала доставки.

Стоит сказать про путь доставки от Богучан до Тайшета. В модели предполагается использование железнодорожного транспорта (см. рисунок 1) – однако, строго говоря, железной дороги, соединяющей Тайшет и Богучанский алюминиевый завод, нет. Существует участок железной дороги, соединяющий пос. Карабула и ст. Решоты с выходом на Транссибирскую железнодорожную магистраль, но участка Карабула-Богучаны не существует.

ОАО «РЖДСтрой» в 2008 году выиграло аукцион на право заключения государственного контракта в размере 5 миллиардов рублей по строительству железнодорожной ветки Карабула - Ярки в Красноярском крае.

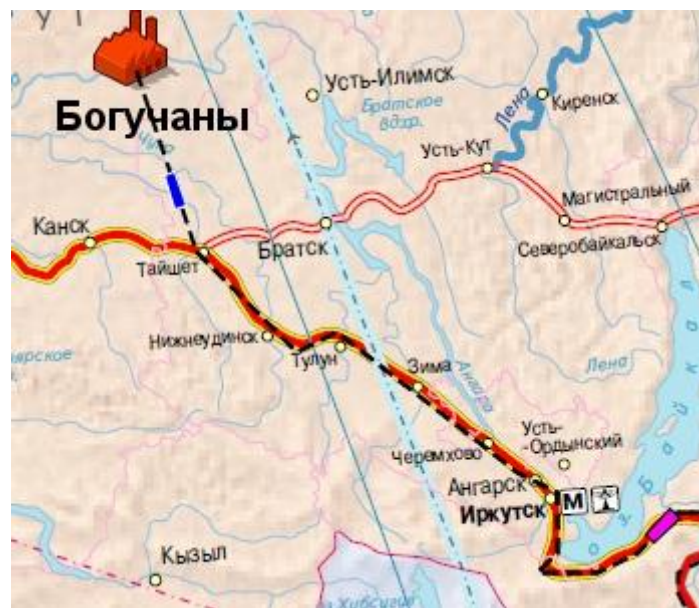


Рисунок 1.

Фрагмент из эксперимента – железнодорожный состав с алюминием (обозначенный синим прямоугольником) движется по участку железной дороги Ярки(Богучаны)-Карабула-Решоты-Тайшет (участок железной дороги схематически представлен пунктирной линией).

Контракт предусматривает строительство дороги протяженностью 42 км, возведение искусственных сооружений, а также строительство новой станции Богучаны. Железнодорожная линия пройдет от ст. Карабула до ст. Богучаны в районе пос. Ярки с мостовым переходом через р. Ангара и далее по правому берегу в район створа плотины Богучанской ГЭС. Строительство дороги началось в 2008 году. 31 октября 2010 года завершилось строительство первой очереди железнодорожной линии Карабула – Ярки протяженностью 21,3 км. Планируется, что осенью 2011 года строительство будет полностью завершено, и дорога будет отдана в эксплуатацию [7].



Рисунок 2.

Фрагмент из эксперимента – варианты доставки алюминиевой продукции поездами по Восточно-Сибирской, Улан-Баторской и Китайской Восточной железной дороге. Цветными прямоугольниками обозначены поезда, красной линией с черной штриховкой – участки железнодорожного полотна, желтыми и зелеными домиками – промышленные центры Китая (в рамках решаемой задачи).

На рисунках 2 и 3 наглядно представлены различные варианты доставки алюминия: через Трансмонгольскую железнодорожную магистраль (ответвление на которую имеется на станции Улан-Удэ), либо сразу с выходом на территорию Китая (через Читу и Забайкальск). Также возможна доставка с использованием морского пути в отдаленный Шеньжень через порт Далянь (с дальнейшей доставкой опять по железной дороге)[6].

Достоинство построенной имитационной модели в том, что она позволяет оперативно (в режиме «онлайн») предоставлять информацию по ключевым показателям (см. диаграммы 1, 2, 3) и отсекал непривлекательные пути доставки на базе определенного критерия. В нашем случае таким критерием являлось отношение «затраты (на доставку)/время (доставки)» (чем меньше значение этого критерия, тем лучше). В процессе работы модель на основе накопленной статистики сама блокирует пути, исходя из ситуации.

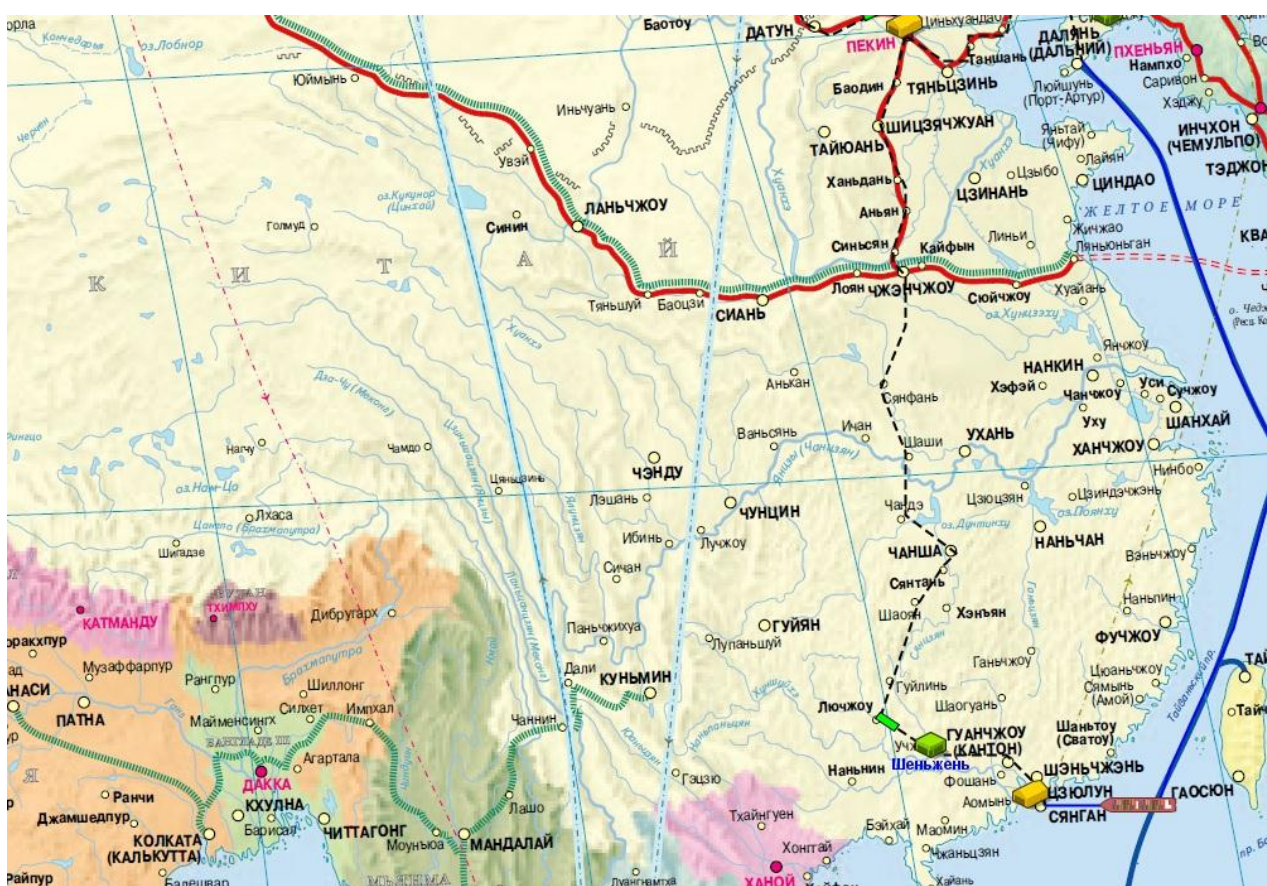


Рисунок 3.

Фрагмент из эксперимента – доставка алюминиевой продукции с помощью сухогруза из порта Далянь в порт Сянган.

Диаграмма 1 демонстрирует величину затрат на транспортировку по маршрутам, указанным ранее.



Диаграмма 1.

Величина транспортных затрат (в рублях) на доставку одного тонны алюминия в Шеньжень и Шеньян через Улан-Удэ и Читу (с использованием морского транспорта и без).

Видно, что полностью сухопутный путь через Улан-Удэ и Пекин для Шеньженя обеспечивает меньшую величину удельных затрат (в расчете на тонну), в сравнении с другим вариантом (через Забайкальск и Далянь), подразумевающим использование дешевого сухогруза. Это связано с тем, что длина сухопутного пути несоизмеримо меньше, что обеспечивает экономическое преимущество.

Если посмотреть, на удельные затраты по доставке в Шеньян, то можно отметить привлекательность использования доставки без прохождения по территории Монголии (через Читу и Забайкальск), однако разница между представленными вариантами не является значительной.



Диаграмма 2.

Время доставки (в часах) алюминиевой продукции в Шеньжень и Шеньян через Улан-Удэ и Читу (с использованием морского транспорта и без).

Диаграмма 2 в целом лишь подтверждает наблюдения, сделанные по данным диаграммы 1. Единственное, что стоит отдельно отметить – с позиции времени доставки

второй путь до Шеньженя (с использованием сухогруза) значительно (в три раза) проигрывает первому пути.

Диаграмма 3, напротив, демонстрирует совершенно иную картину по доставке алюминия в город Шеньжень. Второй путь требует наименьшей интенсивности затрат (величина для первого пути почти в три раза выше) и является в этом смысле предпочтительным. Что касается доставки алюминия в город Шеньян, то диаграмма лишней раз демонстрирует привлекательность варианта транспортировки через Читу и Забайкальск (однако - незначительную).



Диаграмма 3.

Соотношение времени и средств (часы/рубли), затраченных на прохождение путей от Шеньяна до Шеньженя.

Заключение

Нами была построена имитационная модель, демонстрирующая различные варианты поставок продукции Богучанского алюминиевого завода на китайский рынок (в рамках таких крупных промышленных центров как Шэньян и Шэньчжэнь). На стадии эксперимента были получены результаты, демонстрирующие возможности имитационного моделирования для решения задач подобного типа. Оказалось, что доставка крупных партий алюминия с транзитом через Улан-Баторскую железную дорогу наиболее привлекательна по времени и величине транспортных затрат для Шеньженя среди всех других вариантов, а транспортировка «летучего металла» в Шеньян предпочтительнее через Читу и Забайкальск в рамках поставленной задачи. Так же интересным представляется тот факт, что путь от Богучан до Шеньженя через порты Далянь и Сянган требует наименьшей интенсивности затрат (с учетом эмпирических данных, имеющихся в модели).

Демонстрационный видеоролик с примером работы модели можно посмотреть по адресу:
<http://www.youtube.com/watch?v=mRksOyS5Z-w>

Литература

1. В июне возобновится строительство Тайшетского алюминиевого завода // Новости информационной службы «Металлоснабжение и сбыт». Электронный ресурс <http://www.metallinfo.ru> [12.03.2011].
2. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений.- 2-е изд.- М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. - 228 с.
3. ЖелДор Экспедиция. Служба перевозки грузов. Электронный ресурс <http://www.jde.ru> [21.04.2011].
4. Итоги года: цветные металлы - сижу, жду роста... // Новости информационного агентства Финмаркет от 31.12.2010. Электронный ресурс <http://www.finmarket.ru> [11.03.2011].
5. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с: ил.
6. Карта международных транспортных коридоров (выпущена по заказу Министерства транспорта Российской Федерации в 2002 году). Электронный ресурс <http://www.twirpx.com/file/141402/> [18.04.2011].
7. Официальный сайт компании ОАО «РЖДСтрой». Электронный ресурс <http://www.rzdstroy.ru> [03.05.2011].
8. Официальный сайт ОАО «РЖД». Электронный ресурс <http://rzd.ru> [21.04.2011].
9. Официальный сайт УБЖД. Электронный ресурс (на монг. яз.) <http://www.ubtz.mn> [21.04.2011].
10. Проект БЭМО // Официальный сайт ОК «Русал». Электронный ресурс <http://www.rusal.ru> [12.03.2011].
11. Строгалев В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. — МГТУ им. Баумана, 2008. — С. 697-737.
12. Global Traders Site. Электронный ресурс <http://www.alibaba.com> [21.04.2011].
13. Ministry of Railways (China republic). Official site. Электронный ресурс <http://www.china-mor.gov.cn> [21.04.2011].
14. XJ Technologies. Имитационное моделирование для науки и бизнеса. Электронный ресурс <http://www.xjtek.ru> [04.05.2011].