

Апробация методики формирования устойчивых цепочек поставок сырья лесопромышленной отрасли с товарно-сырьевой биржи России на склад предприятия

Научный руководитель – Мазелис Лев Соломонович

Роголин Родион Сергеевич

Аспирант

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток,
Россия

E-mail: Rafassiaofusa@mail.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке DAAD и Министерства Высшего Образования и Науки РФ в рамках программы «Иммануил Кант».

Сегодня формирование цепочек поставок сырья (Supply Chain Management, далее SCM) является актуальной проблемой. Большое количество рисков осложняет процесс построения какого-либо математического алгоритма для построения цепочек поставок. Существует мнение, что мир после пандемии Covid-19 не сможет качественно и быстро восстановиться, не используя разного рода информационно-коммуникационные технологии.

Для российских региональных предприятий, у которых нет своего постоянного источника сырья в виде арендованных у государства делян, эффект пандемии крайне значителен. Одним из выходов в сложившейся ситуации является взаимодействие с товарно-сырьевыми биржами, например с организацией «Санкт-Петербургская международная товарно-сырьевая биржа» (далее, биржа). Согласно, данным, которые публикуются каждый день по факту заключения сделок, биржа является серьезным игроком на рынке лесного сырья относительно недавно - с 2019 года. Таким образом, необходимо оценить степень целесообразности взаимодействия предприятий с биржей.

Имеется достаточно большое количество работ, посвященных вопросам формирования субоптимальных или эффективных цепочек поставок сырья (Kielstra, 2014). Почти все из них сводятся к форматам «арендованная деляна - производство» и «лесодобывающее предприятие - производство» в то время, как методов, алгоритмов и моделей, посвященных формату «товарно-сырьевая биржа - производство» крайне мало (Роголин, Мазелис, 2020).

Представляется возможным решить эту задачу путем комбинирования двух подходов к моделированию: имитации текущей ситуации на бирже на основе реальных процессов и оптимизации полученного решения на каждом шаге работы алгоритма.

Предлагаемая модель описывает процесс закупки сырья на товарной бирже с учетом вероятностных ежедневных потоков предложения на ней и моделирует процесс доставки сырья до предприятия в контексте неопределенностей по срокам доставки и качеству сырья в момент доставки. Целевая функция направлена на минимизацию финансовых затрат на закуп сырья на всем горизонте планирования. Ограничения были использованы следующие: рекуррентная зависимость наличия сырья на складе по дням, запас сырья каждый день не может превышать вместимости склада и быть меньше неприкосновенного уровня, расстояние (случайная величина разыгрывается каждый день), пройденное купленной заявкой, и разного рода технические ограничения (напр. расстояние на следующий день не может меньше, чем на момент предыдущего дня и т. п.). Переменными оптимизации являются факт покупки той или иной заявки, выставленной на торги. Таким

образом, была построена модель нелинейного стохастического программирования (далее, НСП). Как известно, почти все задачи типа НСП решаются частными подходами.

В качестве базы для авторского алгоритма поиска субоптимального решения были выбраны: генетический алгоритм и метод ветвей и границ. Авторский алгоритм разбит на две части:

- 1) Поиск допустимого решения (рисунок 1; Алгоритм А), где $\text{mod}(m,k)$ - остаток от деления, nodes - количество комбинаций, построенных алгоритмом, M - горизонт планирования, iter - количество итераций, которые отпускаются для тестирования решения на предмет устойчивости, G и $G1$ - это константы;
- 2) Улучшение имеющегося плана закупок до более дешевого и устойчивого (рисунок 2; Алгоритм В).

Апробация алгоритма проходила с использованием данных биржи и одного из предприятий Приморского края (Дальний Восток). Стоит отметить, что на каждом шаге любого из обоих алгоритмов разыгрывается значение величины пройденного пути в соответствии с функцией распределения. Эта функция имеет признаки сезонности - летом пропускная способность выше, т. к. на практике транссибирская магистраль, как единственная ЖД «артерия» между центральной Россией и Дальним Востоком, меньше загружена, а зимой больше загружена, т. к. основной поток составов загружен нефтью, лесом и другими видами ресурсов, т. к. зимой они добываются больше ввиду способствующих температур. В таких сложных условиях, когда летом сырьё добывается мало, а пути свободны, и, когда зима сырьё добывается в изобилии, но пропускная способность путей падает предстоит осуществлять поиск решения задачи о формировании устойчивых цепочек поставок сырья с минимальными издержками.

Схема, приведённая на рисунке 2, показывает, что на выходе из алгоритма может быть не одно решение. Учитывая, что в алгоритмах А и В присутствуют случайные процессы, было принято решение провести апробацию алгоритма на 30 последовательных запусках и полученные массивы данных проанализировать. Результаты апробации на данных одного из предприятий Приморского края и биржи за период с 01 февраля 2019 года по 31 ноября 2019 года показали, что:

- 1) Несмотря на малый объём предложения сырья летом в 63,7% всех закупок приходится на этот период;
- 2) Применение методов параллельного программирования позволяет в разы увеличить скорость поиска решения;
- 3) Время работы алгоритма для всех 30 запусков слабо отличается от среднего (в пределах 7%);
- 4) Стоит ожидать минимальной заполняемости склада в периоды с 80 дня планирования по 105 день и с 131 дня по 142 день;
- 5) Месячный объём относительных издержек будет максимален в период с середины марта по середину апреля;
- 6) Возможны и другие планы закупок сырья с биржи, которые при редких реализациях (см. Black Swan Theory (Kielstra, 2014)) распределения заявок могут быть эффективнее;

Текущая модель и алгоритм могут быть применены и для ситуаций, когда предприятие закупает сырьё на внебиржевом рынке.

Источники и литература

- 1) Рогулин Р.С., Мазелис Л.С. Алгоритм и математическая модель формирования устойчивых цепочек поставок древесного сырья из регионов России: сравнение и анализ // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». 2020. Том 15. № 3. С. 385–404. doi: 10.17072/1994-9960-2020-3-385-404
- 2) Kielstra P. Black Swans and Global Capital Markets: Preparing for the unknowable. 2014. Retrieved from <http://www.economistinsights.com/sites/default/files/Blackswans.pdf>

Иллюстрации



Рис. 1. Визуализация схемы поиска допустимого решения (Алгоритм А)



Рис. 2. Визуализация схемы поиска субоптимального решения (Алгоритм В)