МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ОТГРУЗКИ ПРОДУКЦИИ

MATHEMATICAL SUPPORT OF BUSINESS PROCESSES OF PRODUCT SHIPMENT

Дульнев Михаил Сергеевич, магистрант 2 курс, факультет «Прикладная информатика», МИРЭА — Российский технологический университет, Россия, г. Москва

Dulnev Mikhail Sergeevich, dulneff2012@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена описанию математического обеспечения в бизнес-процессах отгрузки продукции металлургического комбината, направленного на поиск решения при укладке продукции, удовлетворяющего заданным ограничениям, как со стороны размеров продукции, так и со стороны ограничений схем погрузки. Представлено описание работы алгоритма укладки и описана логика проверки ограничений.

Summary

The article is devoted to the description of the mathematical support in the business processes of the shipment of products of the metallurgical plant, aimed at finding a solution for the stacking of products that meets the specified restrictions, both on the part of the product size and on the part of the restrictions of the loading schemes. The paper describes the operation of the stacking algorithm and describes the logic for checking constraints.

Ключевые слова: математическое обеспечение, методы решения математических задач, алгоритм укладки, поиск оптимального решения

Keywords: mathematical software, methods for solving mathematical problems, stacking algorithm, search for the optimal solution

Понятие математического обеспечения

Математическое обеспечение — совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых в рассматриваемых бизнес процессах.

Математическое обеспечение в бизнес процессах отгрузки продукции представлено методами и алгоритмами укладки продукции, позволяющими раскладывать продукцию по вагонам с учетом различной совокупности факторов и ограничений. Их использование требуется для правильного определения допустимости погрузки в соответствие с международными и местными техническими условиями.

Алгоритм укладки продукции

Одним из главных алгоритмов в бизнес-процессе укладки металлопроката является алгоритм укладки продукции в соответствии с ограничениями схем погрузки, подвижного состава и прочих критериев. Алгоритм выполняется в несколько шагов. На каждом шаге накладываются ограничения и критерии оптимальности для формирования наилучшего результата.

Ниже представлено описание шагов алгоритма укладки:

1. первым шагом алгоритм является определение, какое количество продукции выбрано к отгрузке. На данном этапе требуется подсчитать общий объем отгружаемой продукции;
2. далее необходимо определить количество выбранной продукции по каждому клиенту, так как нельзя комбинировать в один вагон заказы разных клиентов;
3. из полученного набора множеств продукции по каждому клиенту определить количество и тоннаж продукции по ее типам, так как нельзя комбинироваться в один вагон разные типы продукции;

4. полученный набор множеств по типам продукции по каждому клиенту укладывать по всем схемам погрузки, соответствующим ограничениям продукции, методом полного перебора с целью вычисления наиболее высокого возможного показателя тоннажа в каждом вагоне. При этом сумма весов продукции в каждом варианте не должна превышать полезную грузоподъемность вагона, рассчитанную по Формуле 1.1 для каждого набора множеств;
5. пятый шаг заключается в выборе наиболее оптимального варианта укладки из всех возможных вариантов, где сумма весов и количество уложенной продукции оказались больше. Если количество наилучших вариантов больше одного и все они равны по весу с точностью до килограмма, а также равны по количеству единиц продукции, то выбирается первый полученный вариант;

Таким образом на выходе получаем набор продукции по каждому клиенту, уложенный в соответствии со схемой укладки наиболее оптимальным образом с точки зрения тоннажа.

Рассмотрим более подробно четвертый шаг методики укладки. Для начала необходимо проверить ограничения для каждой единицы продукции по типоразмеру и весу продукции со стороны схемы погрузки. Первым критерием является диапазон массы продукции. Масса отгружаемой единицы продукции должна быть больше чем «Масса от» и меньше чем «Масса до» согласно справочным значениям. Для определения допустимости погрузки по критерию массы продукции составлена Формула (2.1)

$$M_{\text{от}} \leq M_{\text{факт}} \leq M_{\text{до}} \qquad (2.1)$$

где $M_{\text{от}}$ — Минимальная масса единицы продукции согласно схеме погрузки, в т.;

$M_{\text{факт}}$ — фактическая масса единицы продукции, в т.;

$M_{до}$ — Максимальная масса единицы продукции согласно схеме погрузки, в т.;

Диапазон ширины рулона/листа. Для определения допустимости погрузки по критерию ширины единицы продукции составлена Формула (2.2)

$$W_{от} \leq W_{факт} \leq W_{до} \quad (2.2)$$

где $W_{от}$ — Минимальная ширина единицы продукции по схеме погрузки, в т.;

$W_{факт}$ — фактическая ширина единицы продукции, в т.;

$W_{до}$ — Максимальная ширина единицы продукции согласно схеме погрузки, в т.;

Диапазон диаметра рулона. Для определения допустимости погрузки по критерию диаметра рулона составлена Формула (2.3)

$$D_{от} \leq D_{факт} \leq D_{до} \quad (2.3)$$

где $D_{от}$ — Минимальный диаметр рулона по схеме погрузки, в т.;

$D_{факт}$ — фактический диаметр рулона, в т.;

$D_{до}$ — Максимальный диаметр рулона по схеме погрузки, в т.;

Диапазон длины листа. Для определения допустимости погрузки по критерию длины листа составлена Формула (2.4)

$$L_{от} \leq L_{факт} \leq L_{до} \quad (2.4)$$

где $L_{от}$ — Минимальная длина листа по схеме погрузки, в т.;

$L_{факт}$ — фактическая длина листа, в т.;

$L_{до}$ — Максимальная масса длины листа по схеме погрузки, в т.;

После обработки всех ограничений получаем матрицу массивов единиц продукции — P_n, где n — количество полученных массивов, каждому из которых соответствует массив схем погрузки — S_n, где n — количество полученных массивов. Пример результатов данного шага представлен в Таблицу 2.18, где каждому массиву единиц продукции соответствует свой массив схем погрузки.

Таблица 2.18 — Представление матрицы массивов продукции и релевантных схем

Массивы единиц продукции	P_1	P_2	P_{n-1}	P_n
Массивы релевантных схем	S_1	S_2	S_{n-1}	S_n

Каждый массив единиц продукции представляет собой определенный набор информации в виде: «[ID первой единицы продукции, ID второй единицы продукции, … ID n'ной единицы продукции]», в котором n — количество единиц продукции в массиве. Формат наполнения массивов единиц продукции представлен в Таблице 2.19

Таблица 2.19 — Наполнение массива единиц продукции

Массивы единиц продукции	P_1	P_2	P_{n-1}	P_n
Содержание массива единиц продукции	[ID первой единицы продукции, ID второй единицы продукции, … ID n'ной единицы продукции]	[ID первой единицы продукции, ID второй единицы продукции, … ID n'ной единицы продукции]	[ID первой единицы продукции, ID второй единицы продукции, … ID n'ной единицы продукции]	[ID первой единицы продукции, ID второй единицы продукции, … ID n'ной единицы продукции]

Каждый массив релевантных схем погрузки представляет собой определенный набор схем в виде: «[ID первой схемы, ID второй схемы, … ID n'ной схемы]», в котором n — количество релевантных схем погрузки для всех единиц продукции из соответствующего массива. Формат наполнения массива схем погрузки представлен в Таблице 2.19

Таблица 2.19 — Наполнение массива релевантных схем

Массивы релевантных схем	P_1	P_2	P_{n-1}	P_n
Содержание массива схем погрузки	[ID первой схемы, ID второй схемы, … ID n'ной схемы]	[ID первой схемы, ID второй схемы, … ID n'ной схемы]	[ID первой схемы, ID второй схемы, … ID n'ной схемы]	[ID первой схемы, ID второй схемы, … ID n'ной схемы]

Единицы продукции не могут быть представлены сразу в нескольких массивах, поэтому все единицы продукции, подходящие к определенным схемам погрузки, будут представлены в одном массиве. Точно также в массивах схем погрузки исключено повторение каких-либо схем. Это происходит из-за того, что все единицы продукции, попадающие под один набор ограничений схем, попадают в один массив. Если существует продукция, не подходящая под ограничения ранее сформированных массивов, то будет сформирован следующий массив продукции, которому будут отобран свой набор релевантных схем. Если единицам продукции не соответствует ни одна схема погрузки, то массив со схемами будет пустым, а в последствии данная продукция не будет уложена.

После составления матрицы массивов происходит раскладка всей имеющейся продукции в рамках каждого отдельного массива продукции, то есть: единицы продукции из первого массива раскладываются по схемам погрузки из соответствующего массива методом полного перебора. Полный перебор (или метод «грубой силы») — метод решения математических задач. Относится к классу методов поиска решения исчерпыванием всевозможных вариантов. Сложность полного перебора зависит от количества всех возможных решений задачи. Если пространство решений очень велико, то полный перебор может не дать результатов в течение нескольких лет или даже столетий. Выбор данного метода обусловлен спецификой рассматриваемого бизнес-процесса. Так как на входе мы имеем сформированный массив единиц продукции отдельно по каждому клиенту и типу продукции с подходящими под этот массив схемами погрузки, то изначально сильно уменьшается сложность поставленной задачи, и

поиск оптимального решения будет заниматься несколько десятков секунд при стандартных объемах отгрузки.

Ключевыми ограничениями в алгоритме укладки служат два показателя:

- тоннаж, так как сумма весов продукции, погруженной в вагон, должна быть меньше или равна полезной грузоподъемности вагона;
- количество единиц продукции по схеме.

Расчет тоннажа по каждому возможному варианту происходит по следующей Формуле (2.5)

$$T_f = \sum_{i=1}^{n} B_i, \qquad (2.5)$$

где T_f — сумма весов рулонов в варианте погрузке, тонны;

B — сумма весов единиц продукции, тонны;

n — общее число уложенных единиц продукции, шт.

Проверка тоннажа на соблюдение показателя полезной грузоподъемности определяется по Формуле (2.6)

$$T_f \leq \text{ГП}_\text{п}, \qquad (2.6)$$

где T_f — сумма весов рулонов в варианте погрузке, тонны;

$\text{ГП}_\text{п}$ — полезная грузоподъемность вагона, тонны.

При этом проверяется ограничение по количеству единиц продукции в релевантных схемах по следующей Формуле (2.7)

$$Q_\text{от} \leq Q_\text{факт} \leq Q_\text{до}, \qquad (2.7)$$

где $Q_\text{от}$ — минимальное количество единиц продукции по схеме погрузки, в шт.;

$Q_{\text{факт}}$ — фактическое количество единиц продукции по схеме, полученное в ходе раскладки продукции, в шт.;

$Q_{\text{до}}$ — максимальное количество единиц продукции по схеме погрузки, в шт.;

Таким образом получаем набор возможных вариантов укладки для каждого массива с продукцией и выбираем из списка тот вариант, где выше тоннаж, а если показатели тоннажа одинаковы в нескольких вариантах укладки, то следует выбрать тот вариант, где уложено больше единиц продукции. Если существуют несколько полностью идентичных вариантов укладки если рулонов одинаково, то выбирается первый полученный вариант.

Таким образом, можно сказать, что решение задачи оптимальной укладки данным методом благодаря компьютерным ресурсам позволяет перебирать тысячи или даже десятки тысяч возможных вариантов, что не под силу человеку, с целью определения наилучшего, наиболее оптимального варианта отгрузки заранее заданных единиц продукции.

Литература

1. Типы подвижного состава железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]: https://brabanson.ru/vidy-i-parametry-gruzovyh-vagonov/tipy-zheleznodorozhnogo-podvizhnogo-sostava/
2. Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах (Приложение 14 к Соглашению о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС)) (с изменениями на 1 июля 2012 года) [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/499077986
3. Межгосударственный стандарт металлопродукции [Электронный ресурс]: https://docs.cntd.ru/document/1200160285.
4. Типы и грузоподъемности вагонов и креплений [Электронный ресурс]: https://vezemnegabarit.ru/information/reference/harakteristiki-gruzovyh-vagonov-platform-i-konteynerov/
5. Общие правила перевозки грузов железнодорожным транспортом [Электронный ресурс]: https://economics.studio/deyatelnost-predpriyatiya-kommercheskaya/221-obschie-pravila-perevozok-gruzov-88982.html

6. Методы полного перебора [Электронный ресурс]: https://mind-control.fandom.com/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D1%80

Literature

1. Types of rolling stock of railway transport [Electronic resource]: https://brabanson.ru/vidy-i-parametry-gruzovyh-vagonov/tipy-zheleznodorozhnogo-podvizhnogo-sostava/
2. Rules for Placing and Securing Goods in Wagons and Containers (Annex 14 to the Agreement on International Rail Freight Transport (SMGS)) (as amended on July 1, 2012) [Electronic resource]: http://docs.cntd.ru/document/499077986
3. Interstate standard of metal products [Electronic resource]: https://docs.cntd.ru/document/1200160285.
4. Types and load capacities of wagons and fasteners [Electronic resource]: https://vezemnegabarit.ru/information/reference/harakteristiki-gruzovyh-vagonov-platform-i-konteynerov/
5. General rules for the carriage of goods by rail [Electronic resource]: https://economics.studio/deyatelnost-predpriyatiya-kommercheskaya/221-obschie-pravila-perevozok-gruzov-88982.html
6. Methods of full search [Electronic resource]: https://mind-control.fandom.com/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BE%D1%80