

УДК 519.6

Моделирование календарных планов внутрисистемных перевозок

А. Л. Ляхов, Д. В. Полюхович

*Полтавский национальный технический университет
имени Юрия Кондратюка, Украина*

В статье рассматривается возможность построения алгоритма для решения задачи транспортной логистики с помощью компьютерной модели плана перевозок, которая позволит имитировать работу системы в любой заданный период времени и на основе различных альтернативных правил предпочтения.

Ключевые слова: задача транспортной логистики, компьютерная модели плана перевозок.

У статті розглянуто можливість побудови алгоритму для розв'язання задачі транспортної логістики за допомогою комп'ютерної моделі плану перевезень, яка дозволить імітувати роботу системи в будь-який заданий період часу і на основі різних альтернативних правил переваги.

Ключові слова: задача транспортної логістики, комп'ютерна модель плану перевезень.

This article discusses the possibility of constructing an algorithm for solving the problem of logistics with the help of computer models of transportation plan that will simulate the system at any given time-period and on the basis of various alternative rules preferences.

Key words: problem of logistics, computer model of transportation plan.

Введение

Одной из важнейших задач логистики является построение календарного плана перевозки грузов. Важность этой задачи определяется стремлением оптимально использовать возможности имеющегося парка машин и необходимостью установления конкретных сроков доставки грузов с целью согласованной доставки на всех этапах перевозок.

1. Общая постановка задачи и её актуальность

Начиная с 90-х годов, при вхождении в мировой рынок, началось активное внедрение в наших транспортных предприятиях западных систем управления [1-3]. При этом, как правило, не уделялось должного внимания анализу применимости этих методов в сложившихся рыночных условиях. В результате, сохраняя общую для страны тенденцию, украинские транспортные компании попали в жесточайшие условия конкуренции, оказавшись не в полной мере подготовленными к работе в таких условиях. Тем не менее, в таких тяжелейших условиях достаточно большое количество украинских компаний, работающих на рынке перевозок и экспедирования на всех видах транспорта, сумели наладить производственный процесс.

2. Истоки исследования авторов

С ростом грузопотока увеличивается время планирования, и понижаются качественные характеристики плана перевозок. Повысить качество планирования можно с помощью компьютерных и информационных

технологий, разрабатываемых на основе современных математических моделей систем и настоящая работа опирается на симулятивный метод [5], оснований на выборе правил предпочтения при разработке календарных графиков.

3. Нерешенные проблемы и цели работы

Процесс перевозок существенно зависит от воздействий случайных факторов, например, поломка транспортного средства, порча груза, неисправность дороги. Из-за которых нарушаются календарные планы загрузки ТС. Поэтому сложность построения календарного плана заключается не только в предварительно расчете оптимального варианта загрузки ТС для своевременной доставки груза, но также в необходимости эффективного преобразования поступающей информации о ходе перевозок с целью внесения соответствующих корректив в первоначальный вариант плана. Следовательно, такие задачи из-за большого объема вычислительных работ можно решить только с помощью специальных программных средств. С помощью различных методов современной математики удалось решить задачу составления оптимального календарного плана только для частных случаев задачи одного, двух и трех автомобилей. Причем в последнем случае реализация этого решения возможна только с помощью компьютеров. Кроме того, предполагается, что технологические маршруты всех грузов, грузоподъемность автомобилей, одинакова. Такое жесткое ограничение существенно сужает границы использования точного метода в оперативном планировании дискретных перевозок.

Таким образом, возникает актуальная потребность в повышении степени автоматизации процесса принятия решений при организации перевозок, резкого снижения субъективной роли диспетчера. Алгоритмы, реализующие процесс поиска оптимального плана перевозок, должны разрабатываться на базе математических моделей, адекватно описывающих характерные особенности реальных транспортных систем, содержащих в себе подобные процессы.

Существенным фактором сложности, недостаточно исследованным в современных задачах транспортной логистики, является необходимость учитывать приспособленность автомобилей для перевозки тех или иных видов грузов, Исследованию этого вопроса посвящена данная работа.

4. Используемый метод решения и его программная реализация

Оптимальное планирование облегчает управление перевозками и сводит к минимуму возможные корректировки в ходе выполнения плана. Наличие и величина положительного результата определяется эффективностью использования парка транспортных средств (ТС) с учетом условий перевозки. Возможность использования ТС, различных по техническим и экономическим характеристикам, предполагает возможность использования большого количества допустимых планов перевозки для одного набора заявок, и даже приблизительная оценка диспетчером перевозок каждого из них с целью выбора оптимального является трудоемким процессом.

Условия оперативной деятельности транспортных и логистических компаний требуют программных продуктов, позволяющих на основе стандартного набора

исходных данных составить оптимальный план перевозок с учетом особенностей комплекта заявок и имеющегося в наличии или предполагаемого парка ТС. Результаты работы программы должны представлять диспетчеру транспортной компании четкую картину планируемой оперативной обстановки, позволять принимать управляющие решения (заказ ТС, распределение заданий водителям, определение порядка загрузки ТС, выделение ресурсов ГСМ), обеспечивать производственный процесс необходимыми документами (путевые листы, план погрузо-разгрузочных работ).

Важную роль в организации перевозок играет процесс планирования, учитывающий расположение грузовой клиентуры, размеры грузовых партий, характеристики парка транспортных средств. Для транспортно - логистических систем при поставках «от двери до двери» вопросы организации централизованного завоза и вывоза грузов на терминалы являются важными на любом виде транспорта, а также при смешанных перевозках.

Рассматривается следующая задача транспортной логистики

Дано:

1. База, на которую необходимо доставить некоторые товары различного ассортимента (ТРА):

- a. вес каждого ТРА S_j ;
- b. количество точек доставки m .

2. Автомобили

- a. количество автомобилей, шт., N_i
- b. грузоподъемность i -го автомобиля, т., g_m
- c. коэффициент технической готовности автомобилей, %, K_{TT}
- d. коэффициент использования грузоподъемности i -го автомобиля, % K_{bb}

(табл.1)

- e. число марок автомобилей, m

3. Товары и склады

- a. количество наименований товара
- b. количество складов, M_i

4. Схема движения автомобилей.

- a. расстояние от складов до базы (плечо доставки), S
- b. скорость автомобиля, км/год, V
- c. время загрузки, часы, t_H
- d. время выгрузки, часы, t_b

Необходимо построить план перевозки автомобилями и определить время, необходимое для поставки всех товаров.

Процесс перевозок существенно зависит от воздействий случайных факторов, например, поломка транспортного средства, порча груза, неисправность дороги, из-за которых нарушаются календарные планы загрузки ТС. Поэтому сложность построения календарного плана заключается не только в предварительно расчете оптимального варианта загрузки ТС для своевременной доставки груза, но также в необходимости эффективного

преобразования поступающей информации о ходе перевозок с целью внесения соответствующих корректив в первоначальный вариант плана. Следовательно, такие задачи из-за большого объема вычислительных работ можно решить только с помощью специальных программных средств.

Составление календарного плана перевозки грузов упрощенно можно представить следующим образом.

В гараже находится m автомобилей. В заданный период времени они должны перевезти n наименований грузов с различных складов. Требуется определить такую последовательность поездок ТС на склады, что бы время, за которое все товары будут доставлены в нужное место, было минимальным. Возможны и другие критерии. Например, для выбора оптимального календарного плана можно использовать минимизацию общих затрат на перевозку грузов.

Для каждого груза задан технологический маршрут, определяющий, через какие пункты должен пройти груз, перед доставкой до пункта назначения. Совокупность технологических маршрутов, при условии исключения повторного возвращения груза на один и тот же склад можно представить в матричном виде

$$Q = \|q_{ij}\|,$$

где $i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$; q_{ij} – количество j -го груза на i -м складе ($q_{ij}=0$, если на данном складе нет этого типа груза).

Известна матрица перемещений грузов

$$T = \|t_{ij}\|,$$

где $i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$; t_{ij} – время доставки i -го груза с j -го склада.

Если груза согласно технологическому маршруту нет на каком то определенном складе, то соответствующая трудоемкость равна нулю. Если груз находится на нескольких складах, то матрицу технологических маршрутов удобно представить в ином виде

$$Q^* = \|i_{uj}\|, \quad u=1, \dots, m,$$

где $j=1, \dots, n$; i_{uj} – номер склада с которого вывозится u -й груз j -м автомобилем.

Обозначим через m_j число складов, на которых находится j -й груз. Тогда

$$U = \max_i \{m_j\}, \quad a_{i_{uj}} = 0, \quad \text{если } u > m_i \quad .$$

Соответствующим образом задается матрица пооперационных трудоемкостей:

$$\tilde{T} = \{\Theta_{uj}\} \quad (j = 1, 2, \dots, n; u = 1, 2, \dots, U),$$

где Θ_{uj} – время перевозки u -го груза с j -го склада

Чаще всего календарный план перевозок грузов представляется в виде линейного графика Ганта, в котором на оси, соответствующей каждому из

автомобилей, обозначены номер грузов, перевозимых им и время перевозки. Один из критериев – общее окончание всех перевозок.

Календарный план может быть представлен в виде матрицы планов

$$P = \left\| p_{ij} \right\|,$$

где $i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$; p_{ij} - порядковый номер перевозки на i -м автомобиле j -го груза.

Или же в виде матрицы времени начала каждой грузоперевозки

$$L = \left\| T_{ij} \right\|,$$

где $i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$; T_{ij} - время начала перевозки j -го груза на i -м автомобиле.

Следует отметить, что представление решения задачи календарного планирования в виде матрицы планов P имеет существенный недостаток, а именно: каждому плану можно поставить в соответствие бесконечно много календарных планов в виде графика Ганта (либо в виде матрицы переменных параметров плана). Для установления соответствия между этими видами планов при построении календарного графика Ганта по заданному P необходимо использовать принцип максимально возможного сдвига грузоперевозок влево, каждая грузоперевозка должна начинаться как можно раньше без нарушения очередности перевозки грузов. Полученный таким образом календарный план будем называть уплотненным или квазикompактным.

В уплотненных планах, таким образом, исключена ситуация, при которой целесообразно задержать на некоторое время выполнение операций.

Применение принципа максимально возможного сдвига, при котором груз начинает перевозиться в момент возникновения соответствующих предпосылок (освободился автомобиль и закончена предыдущая перевозка), не всегда является экономически оправданным. Например, если стоимость перевозки превалирует над стоимостью остальных экономических элементов системы, то с целью уменьшения «замораживаемости» оборотных средств, перевозку данного груза следует отодвигать как можно дальше во времени.

Все методы решения задачи календарного планирования позволяют определить уплотненные планы.

Задача календарного планирования заключается в определении такого плана, при котором целевая функция примет оптимально значение и выполняются следующие условия:

- все перевозки должны быть выполнены в заданной последовательности
- не допускается прерывания перевозки, с целью выполнения другой перевозки
- каждый автомобиль в один и тот же момент может перевозить только один груз

Выбор критерия сравнения эффективности календарных планов для конкретных производственных условий является сложной задачей, поскольку требуется не только выбрать необходимый показатель для сопоставления различных вариантов календарного плана, но и выразить его в виде математической функции переменных параметров, характеризующий порядок перевозки грузов.

Методы решения таких задач планирования условно можно подразделить на три группы:

1. Точные, позволяющие находить оптимальные решения с помощью заданного алгоритма.

2. Приближенные, по которым находят приближенно оптимальные планы.

3. Эвристические, которые базируются на использовании так называемых правил предпочтений перевозки того или иного груза, при чем вопрос оптимальности остается не решенным, так как невозможно заранее изучить все множество правил предпочтений и оценить их оптимальность для определенных условий.

Естественно, что точный метод календарного плана даст более надежные результаты, однако число точных методов из-за чрезвычайной сложности математического решения задачи весьма ограничено

К приближенным методам относится симулятивный метод, основанный на выборе правил предпочтения при разработке календарных графиков. .

Компьютерная модель плана перевозок позволит имитировать работу системы перевозок в любой заданный период машинного времени и на основе различных альтернативных правил предпочтения.

Для составления плана перевозок в подобных случаях используют ЭВМ. Машина моделирует работу системы на любой заданный период времени. В ее программе предусмотрен весь комплекс вычислений, связанных с планированием перевозки для каждого ТС. Процесс моделирования перевозок на ЭВМ упрощенно можно представить следующим образом.

В оперативную память машины заносится исходная информация: программа перевозок, характеристики транспорта, маршруты груза, количество груза, и т.д.

С помощью специальной программы машина начинает «загружать автомобили», просматривая каждый из них в определенном порядке. Если за данным грузом направлено несколько автомобилей, то по правилу предпочтения выбирается один из них.

Как только какой-нибудь автомобиль закончит перевозку какого то груза или же какая-нибудь груз поступит к свободному автомобилю, то ЭВМ автоматически загружает такой автомобиль по правилу предпочтения.

Конечный результат всех расчетов — календарный график работы каждого автомобиля и все необходимые календарно-плановые нормативы. Поскольку в процессе выполнения производственной программы возможны различные случайные причины, например, поломки автомобилей, повреждения грузов, нарушающие нормальный ритм перевозок, то в ЭВМ методом статистических испытаний (методом Монте-Карло) моделируются эти явления.

Для поставленной задачи можно выбрать ряд альтернативных правил предпочтения. Наиболее распространенные из них таковы:

- 1) груз для перевозки выбирается случайным образом; вероятность поступления на обработку каждого груза, стоящей на очереди, одинакова;

- 2) грузы с самых дальних складов подлежат перевозке раньше грузов с ближних складов;

- 3) чем ниже трудоемкость перевозки, тем раньше соответствующая груз перевозится;

4) чем выше трудоемкость перевозки, тем раньше соответствующая груз перевозится;

5) чем выше себестоимость груза, тем раньше он будет перевозиться.

Предложенный эвристический алгоритм использует 2-е и 4-е правило (блок-схема алгоритма показана на рис.1):

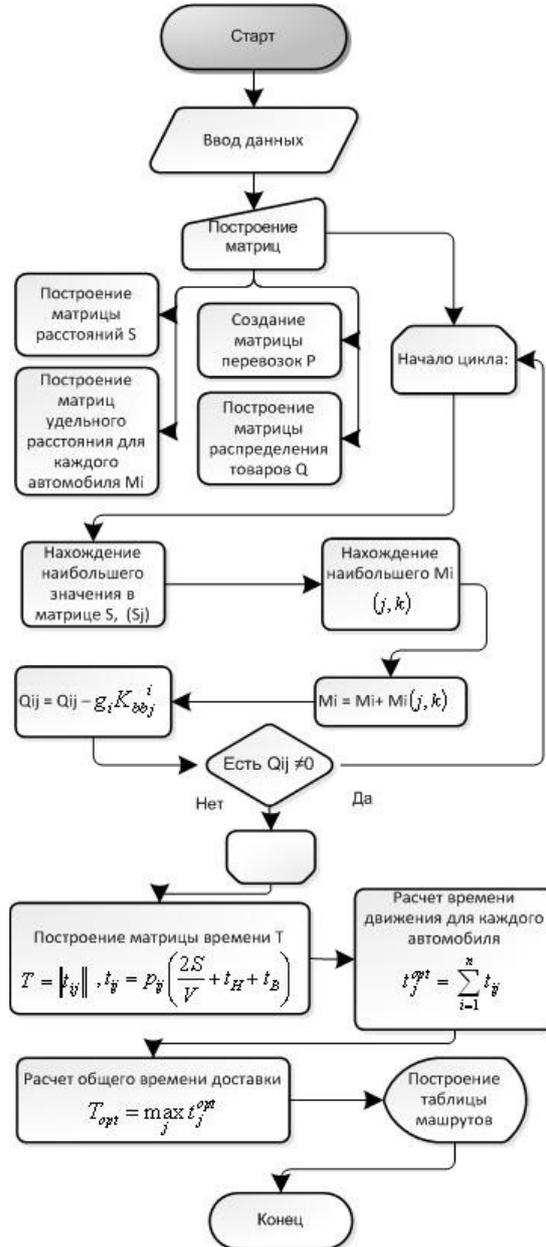


Рис.1. Блок-схема алгоритма

Строим матрицу (вектор) расстояний, $S = (S_1, S_2, \dots, S_m)$, где S_j - расстояние от базы до j -го склада

Строим матрицы удельного расстояния для каждого автомобиля. $M_{1,2,\dots,n}$.

Для i -го автомобиля:

$$M_i = \begin{pmatrix} S_1 / K_{bb1}^i & S_1 / K_{bb2}^i & \dots & S_1 / K_{bbn}^i \\ S_2 / K_{bb1}^i & S_2 / K_{bb2}^i & \dots & S_2 / K_{bbn}^i \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_m / K_{bb1}^i & S_m / K_{bb2}^i & \dots & S_m / K_{bbn}^i \end{pmatrix}$$

где, S_j - расстояние от базы до j -го склада, K_{bbk}^i - коэффициент использования грузоподъемности при перевозке i -м автомобилем k -го груза.

Строим матрицу распределения товаров

$$Q = \|Q_{ij}\|,$$

где $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n; Q_{ij}$ - количество i -го товара на j -м складе.

Строим матрицу перевозок

$$P = \|P_{ij}\|,$$

где $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n; p_{ij}$ - количество поездок i -го автомобиля на j -й склад.

Если все грузы увозятся с 1-го раза со складов, то матрицу плана P можно представить по иному – каждая строка матрицы будет некоторой перестановкой из индексов грузов. В таком случае каждый план P – точка m -мерного пространства перестановок.

В матрице расстояний выбираем наибольшее значение и смотрим его индекс, j .

Во всех матрицах M_i сравниваем не пустые значения в j -м ряду. Выбираем наименьшее. Его координаты $(j, k)^i$.

Ко всей матрице M_i добавляем значение, которое находится в $(j, k)^i$, вес склада, на который отправился автомобиль.

В матрице перевозок, в ячейке (i, j) значение увеличиваем на единицу.

Из ячейки (i, j) матрицы товаров Q отнимаем $q = g_i K_{bbj}^i$, количество j -го товара, которое в состоянии увезти i -й автомобиль.

Повторяем процедуру, начиная с пункта 1, пока значения в матрице Q не будут равны 0.

Строим матрицу времени

$$T = \|t_{ij}\|,$$

где $i=1, \dots, m; j=1, \dots, n; t_{ij} = p_{ij} \left(\frac{2S}{V} + t_H + t_B \right)$, p_{ij} - соответствующие значения из матрицы P , которые определяют сколько рейсов сделал каждый автомобиль на каждый склад.

Рассчитываем общее время движение каждого автомобиля

$$t_j^{opt} = \sum_{i=1}^n t_{ij},$$

где t_{ij} - время всех поездок j -го автомобиля на i -й склад.

Рассчитываем общее время доставки всех грузов на базу:

$$T_{opt} = \max_j t_j^{opt}$$

Разработанный алгоритм реализован в среде Visual Studio 2005 (язык C#) в виде программного модуля, который будет являться составной частью автоматизированной информационной системы, управляющей перевозками.

5. Выводы по результатам и направления дальнейших исследований

Следует отметить, что представленный процесс решения задачи логистики избавлен от отмеченных выше недостатков. Подобным образом можно проводить оптимизацию не только по времени. В качестве параметров оптимизации можно взять расход горючего, себестоимость и другие параметры. Разработанный алгоритм реализован в среде Visual Studio 2005 (язык C#) в виде программного модуля, который будет являться составной частью автоматизированной информационной системы, управляющей перевозками.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин «Теория организации и управления автомобильными перевозками: Логистический аспект формирования перевозочных процессов.» Волгоград, -Политехник, 2001 г.
2. А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин «Технология, организация и управление грузовыми автомобильными перевозками» -Политехник, 2000 г.
3. Л.Б. Миротин, Ы.Э. Ташбаев «Логистика для предпринимателя» -Инфра-М, Москва, 2002 г.
4. «Бизнес и логистика-2001»: Сборник материалов Московского Международного Логистического Форума. Москва, 2001 год.
5. В.Ф. Сытник, Е. А. Карагодова, «Математические модели в планировании и управлении предприятиями» Киев, 1985 г.