

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ СБОРА ТОВАРОВ СО СТЕЛЛАЖЕЙ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ НА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ И/ИЛИ ВМЕСТИМОСТЬ ТАРЫ

Барсук Игорь Вадимович,

*к.т.н., доцент, заместитель директора по науке Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института
почтовой связи – филиала ФГУП «Главный центр специальной связи», Москва, Россия,*

barsuk.iv@niips.ru

Постановка задачи

Предметом исследования служит система управления складом временного хранения (СВХ). Товары одного типа (артикулы) по мере их поступления на СВХ размещаются в ячейках стеллажей. На одной ячейке стеллажа может находиться не более одного артикула. По высоте стеллажи имеют несколько ярусов, поэтому в ячейках, расположенных в стеллаже друг над другом, колонке ячеек (КЯ), может находиться несколько артикулов [1]. Маршруты по сбору товаров начинаются от бортового ограждения сборного транспортёра (линии 00), вдоль которого предварительно напротив стеллажей складывается порожняя тара. По окончании прохода по маршруту работник устанавливает тару с артикулами на движущийся в направлении к границе цеха (точке w) рабочий орган сборного транспортёра. В соседнем цехе товары извлекаются из тары и на сортировочной установке [2, 3] или вручную распределяются по магазинам, пунктам выдачи заказов, почтоматам и т.п.

Целью работы является минимизация числа маршрутов сбора товаров со стеллажей и доставки тары с артикулами к границе цеха (точке w) при ограничении на грузоподъемность и/или вместимость тары.

Исходные данные

Исходной информацией для решения задачи служит полная матрица кратчайших расстояний (ПМКР) между всеми КЯ стеллажей в плане, бортовым ограждением сборного транспортёра (линией 00) и КЯ стеллажей; число ярусов стеллажей M; количество типов товаров (артикулов), находящихся на складе N; таблица размещения артикулов по КЯ с учётом высоты (ярусности) стеллажей; масса артикула g_n ; расстояние S_j от границы цеха (точки w) до рядов стеллажей; скорости движения работника V_p на маршруте и рабочего органа сборного транспортёра V_T ; среднее время выемки товара работником из ячейки стеллажа, регистрация товара и укладки в тару $t_{я}$; время установки тары с товарами на рабочий орган сборного транспортёра $t_{яT}$; грузоподъемность G вместимость тары E.

Расстояния C_{oj}^{oi} между бортовым ограждением сборного транспортёра (линией 00) и КЯ a_j^i , а также C_{jl}^{ik} – между КЯ a_j^i и a_l^k измеряются в соответствии с траекторией движения работника методом натянутой нити с учётом коэффициента непрямолинейности движения $\lambda = 1,0 \dots 1,1$ [4, 5]. Принимается, что $C_{oj}^{oi} = C_{jo}^{jo}$ и $C_{jl}^{ik} = C_{lj}^{ki}$, поэтому ПМКР имеет треугольный вид [4, 5].

Предварительная подготовка данных

Время движения работника по маршруту рассчитывается по формулам:

$$t_{oj}^{oi} = C_{oj}^{oi} / V_p + m_j^i t_{я} (1), \quad t_{jl}^{ik} = C_{jl}^{ik} / V_p + m_l^k t_{я} (1)$$

$$t_{oj}^{oi} = C_{oj}^{oi} / V_p (2)$$

Время установки и транспортирования тары с артикулами от КЯ j-го ряда стеллажей до точки w определяется по формуле:

$$t_{yTj} = t_{я} + S_j / V_T (3)$$

Данные по времени установки и транспортирования тары с артикулами к границе цеха (точке w) представляются в форме таблицы:

Номер ряда стеллажей, j	1	2	...	j	...	J-1	J
Значение t_{yTj}	t_{yT1}	t_{yT2}	...	t_{yTj}	...	t_{yTJ-1}	t_{yTJ}

Маршруты строятся отдельно для каждого артикула. Если в одну тару необходимо собирать несколько артикулов, то они объединяются в одну группу под общим номером в таблице размещения артикулов по КЯ.

Из ПМКР выделяется фрагмент, содержащий только КЯ с выгружаемыми артикулами – матрица кратчайших расстояний (МКР).

Для выделенных КЯ составляется матрица затрат времени (МЗВ), элементы которой рассчитываются по формулам (1-3).

По данным МЗВ и фрагменту таблицы, в котором представлены значения t_{yTj} для стеллажей с КЯ, в которых находятся собираемые артикулы, строится матрица экономии времени (МЭВ), в первую строку которой заносятся значения t_{oj}^{oi} первый столбец – значения t_{jo}^{jo} , а в основную часть матрицы – значение f_{jl}^{ik} , рассчитанные по формуле (3, 4):

$$f_{jl}^{ik} = t_{jo}^{jo} + t_{ok}^{ok} - t_{jl}^{jk} + t_{yTj} (4)$$

В МЭВ заносят только значения f_{jl}^{ik} больше 0, в противном случае в МЭВ заносятся нули.

Общая схема алгоритма

Построение каждого очередного маршрута начинается от КЯ, находящейся в ряду стеллажей, наиболее удаленном от точки w, т.е. имеющему максимальный номер j, и в ряду КЯ, имеющему максимальный номер i для этого ряда стеллажей a_{maxj}^{maxi} . Направление движения по маршруту задается движением рабочего органа сборного транспортёра – в сторону точки w. Все артикулы из КЯ a_{maxj}^{maxi} перегружаются в тару. Маршрут 00 – a_{maxj}^{maxi} – 00 – w проверяется на соблюдение ограничения на грузоподъемность G / вместимость E тары. Рассчитывается оставшийся резерв грузоподъемности G / вместимости E тары:

$$R = G - gm_{maxj}^{maxi} / E - m_{maxj}^{maxi}$$

Если $R = 0$, то построение маршрута завершается. По формулам (1), (3), (4) рассчитывается время обслуживания маршрута и доставки тары с артикулами к точке w . Переход к построению следующего маршрута.

Если R больше 0, то построение маршрута продолжается. Количество артикулов в КЯ $a_{\max j}^{\max i}$ становится равным нулю ($m_{\max j}^{\max i} = 0$). Количество перегружаемых артикулов из КЯ a_i^k в тару определяется оставшимся резервом грузоподъемности G / вместимости E тары R .

Если R больше gm_i^k / m_i^k , то в тару перегружаются все m_i^k артикулы, количество артикулов в КЯ a_i^k становится равным нулю ($m_i^k = 0$). Дуга $a_{\max j}^{\max i} - a_i^k$ включается в маршрут. Построение маршрута продолжается.

Если $R = gm_i^k / m_i^k$, то в тару перегружаются все m_i^k артикулы, количество артикулов в КЯ a_i^k становится равным нулю ($m_i^k = 0$). Построение маршрута завершено. Определяется время обслуживания полученного маршрута и доставки товаров к точке w :

$$T_m = t_{0\max j}^{0\max i} + t_{\max j}^{\max i} + t_{l_0}^{k_0} + t_{yT_1}.$$

Переход к построению следующего маршрута.

Если R меньше gm_i^k / m_i^k , то в тару перегружаются R артикулов, а $m_i^{k'} = m_i^k - R$ остается в КЯ a_i^k . Построение маршрута завершено. Для значения выгруженных из КЯ a_i^k в тару R артикулов рассчитывается время обслуживания маршрута и доставки тары с артикулами к точке w . В связи с тем, что после построения маршрута на стеллажах КЯ a_i^k осталось $m_i^{k'}$ артикулов, производится корректировка исходных данных: значение m_i^k изменяется на $m_i^{k'} = m_i^k - R$, в МЗВ и МЭВ по формулам (1), (2), (4) пересчитываются значения элементов строк и столбцов, связанных с КЯ a_i^k . Переход к построению следующего маршрута.

Расчеты продолжаются до тех пор, пока все КЯ с артикулами не будут включены в маршрут, а элементы МЗВ и основной части МЭВ вычеркнуты.

Рекомендации по расчетной вместимости тары

Результаты исследования алгоритмов заполнения контейнера посылками показывают, что коэффициент объемно-го заполнения контейнера составляет [6]:

при загрузке «навалом», беспорядочно – 0,5;

при заполнении работником вручную контейнера с открытыми боковыми дверями и откинутой верхней крышкой – 0,8.

С учётом того, что, как правило, тара заполняется сверху, и манипуляции с товаром при загрузке в неё ограничены, в качестве расчётной вместимости тары можно рекомендовать значение:

$$E = 0,7 * V_n, \text{ где } V_n - \text{полезный объем тары.}$$

Рекомендации по очередности выгрузки артикулов из ячеек КЯ на маршруты при одновременном подходе работников к КЯ

1. В первую очередь перегрузка артикулов должна проводиться на маршрут, куда разгружается меньшее количество ячеек, чтобы минимизировать время простоя работника

от ожидания перегрузки артикулов на другой маршрут.

2. При одинаковом числе ячеек, разгружаемых на оба маршрута, предпочтительнее вначале проводить перегрузку артикулов на маршрут с большим расчетным временем обслуживания и доставки тары с артикулами к границе цеха.

3. При одинаковом числе разгружаемых ячеек КЯ и расчетном времени обслуживания маршрута сбора и доставки артикулов к границе цеха для разрешения неопределенности перегрузка артикулов вначале производится, например, на маршрут с меньшим порядковым номером.

Выводы

1. В рассмотренном алгоритме после завершения построения каждого маршрута осуществляется обновление (корректировка) фрагмента таблицы размещения артикулов по КЯ, МЗВ и МЭВ.

2. Наличие в распоряжении диспетчера СВХ программного обеспечения, реализующего быстродействующие алгоритмы построения маршрутов сбора со стеллажей и доставки товара к границе цеха при ограничении на время маршрута [4], на число маршрутов [5] и грузоподъемность и/или вместимость тары позволит ему в диалоговом режиме с ЭВМ оптимизировать управление производственным процессом на складе в зависимости от оперативно складывающейся ситуации.

3. Результаты исследования могут быть полезны разработчикам систем управления складскими комплексами для крупных компаний оптовой торговли («Комус» и др.) и компаний, занимающихся курьерской доставкой («Почта России», Главный центр специальной связи, DPD, SPSR Express и др.).

Литература

1. Дыбская В.В. Логистика складирования: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2015. 559 с.
2. Завьялов К., Санкина Е. Индустриально-логистический парк KENON: расширение рынка сбыта и оптимизация логистики на территории Китай – Забайкальск – Восточная Сибирь // Логистика. 2014. № 7. С. 12-15.
3. Толмачев К. Повышение эффективности автоматизированной сортировки на складе // Логистика. 2014. № 8. С. 30-34.
4. Барсук И. Алгоритм построения маршрутов сбора товаров со стеллажей // Логистика. 2016. № 8. С. 22-29.
5. Барсук И.В. Организация сбора товаров со стеллажей на складе временного хранения при заданном числе маршрутов // Приоритетные направления развития науки и образования: монография / Под общ. ред. Г.Ю. Гуляева. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2017. С. 143-156.
6. Буланов Э.А., Третенко Ю.И. Подъемно-транспортные и погрузочно-разгрузочные устройства почтовой связи: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб., доп. М: Радио и связь, 1990. 232 с.