

УДК 664.012

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПО ДОСТАВКЕ МОЛОКА

**И.В. Акиншева, А.А. Филиппова**

*Могилевский государственный университет продовольствия*

## IMPLEMENTATION OF AN ALGORITHM FOR CALCULATION OF LOGISTICS COSTS FOR MILK DELIVERY

**I.V. Akinsheva, A.A. Philippova**

*Mogilev State University of Food Technology*

Реализован алгоритм вычисления стоимости всего комплекса услуг, оказываемых логистической организацией по доставке молочной продукции, с наибольшей прибылью. В основе алгоритма лежит методика расчета, в которой использован принцип определения величины транспортных затрат с учетом конкретных экзогенных переменных, и модифицированный алгоритм Дейкстры для выбора «наилучшего» пути доставки продукта. Разработано web-приложение, которое позволяет проводить апробацию расчета себестоимости логистической услуги и вычисления прибыли от потенциально возможного перечня осуществления логистических услуг по закупке и доставке молока логистической организацией.

**Ключевые слова:** web-приложение, логистические услуги, молоко, модифицированный алгоритм Дейкстры, транспортные расходы, прибыль.

The algorithm for calculating the cost of the entire range of services provided by a logistics organization for the delivery of dairy products has been implemented with the greatest profit. The algorithm is based on the calculation method, which uses the principle of determining the value of transport costs, taking into account specific exogenous variables, and the modified Dijkstra's algorithm for choosing the "best" way of product delivery. The web-application allows you to test the calculation of the cost of a logistics service and calculate the profit from a potential list of logistics services for the purchase and delivery of milk by a logistics organization.

**Keywords:** web-application, logistics services, milk, modified Dijkstra's algorithm, transportation costs, profit.

### Введение

Современный этап экономического развития Республики Беларусь определяется поиском новых путей и способов дальнейшего роста экономики страны в условиях введения торгово-экономических ограничений и частичным запретом на государственном уровне ввоза / вывоза продовольствия. Поэтому вопросы продовольственного обеспечения потребителей страны продукцией отечественных предприятий-производителей является актуальным. Важное значение имеет сфера производства продовольствия и доставки скоропортящегося продукта, например, молока. Поскольку организации-производители молока расположены по всей стране, а организации-потребители (переработчики сырья) находятся только в крупных городах, то решением проблемы доставки молока и молочной продукции занимаются логистические организации.

Для оценки систем в логистике существует два направления [1], [2]:

- логистика снабжения, основывающаяся на разработке алгоритмов для определения потоков материальных ресурсов от поставщиков;
- транспортная логистика, предусматривающая определение логистической схемы перемещения товаров.

В разрабатываемую систему включены организации-производители молока, логистические организации, а также организации-потребители, производящие молочную продукцию из полуфабриката сырья и устанавливающие цены на закупку молока. Для выполнения логистических операций логистической организацией при доставке продукта от организаций-производителей до организаций-потребителей используются различные транспортные средства. Транспортные расходы составляют до 50% общих расходов на выполнение логистических операций [3], [4].

Целью работы является реализация алгоритма для вычисления затрат на логистические процедуры, выполняемые логистической организацией, с наибольшей прибылью для нее.

Практическое значение работы заключается в использовании методики расчета затрат на оказание логистических услуг в разработанном программном продукте для устранения трудозатратного периода расчетов прибыли от услуг организации и упрощения определения наименее затратного варианта оказания логистических услуг при использовании модифицированного алгоритма Дейкстры.

В процессе апробации методики, обеспечивающей оценку различных вариантов оказания

логистических услуг по транспортировке сырья от предприятий-производителей, реализуется возможность принятия рационального экономически выгодного решения на основе ранжирования себестоимостей услуг с учетом регионально обусловленных факторов.

### 1 Алгоритм расчета прибыли от оказания логистических услуг

В основу методики выбора варианта оказания логистических услуг положены расчетные формулы, учитывающие следующие экзогенные переменные [2]:

- расстояние от предприятия, оказывающего логистические услуги, до места закупки молока у организаций-производителей (молочные фермы, молочно-животноводческие комплексы, хозяйства);

- расстояние от места закупки до организации-потребителя молока;

- характеристики транспортных средств (молоковозов), исходя из объема перевозимого молока;

- величина расхода топлива каждого молоковоза на 100 км пути: учитывается средний расход на 100 км или отдельный для порожнего транспорта (без молока) и с грузом (с молоком);

- стоимость одного литра топлива;

- состав молока по жирности, белку;

- стоимость жира и белка в молоке в зависимости от его сорта, определяемого в лаборатории организации-потребителя.

Так как организации-производители и организации-потребители распределены территориально, то для решения задачи о выборе «наилучшего» пути используется основанный на теории графов модифицированный алгоритм Дейкстры [4].

Пусть  $S$  – исходная вершина графа, с которой начинается построение маршрута;  $T$  – вершина, в которую требуется проложить «наилучший» маршрут;  $y$  – текущая (последняя) найденная в рамках алгоритма вершина, для которой уже построен кратчайший путь из  $S$ ;  $x$  – одна из используемых на итерационном шаге вершин графа;  $d(x)$  – текущая используемая оценка в рамках алгоритма для «наилучшего» пути от  $S$  к  $x$  (в рассматриваемом);  $l(y, x)$  – длина дуги  $(y, x)$ , причем для вершины  $x$ , для которой еще будет уточняться наилучший путь из  $S$ .

Если в используемом алгоритме  $d(x_i) = P_i$ , то

$$d(x) = \max \{P; d(y) + l(x, y)\}, \quad (1.1)$$

где  $P$  – прибыль организации, оказывающей логистические услуги [2].

В рамках алгоритма на каждой из итераций идет переписывание  $y = x$ . Процедура переписывания заканчивается, когда  $y = T$ , то есть «добрался» до конечной вершины  $T$  [2].

Стоимость закупаемого молока вычисляется в зависимости от [2]:

- количества жира и белка в одном его килограмме;

- цены жира и белка, задаваемых в соответствии с договорной ценой с организацией-потребителем за один килограмм;

- объема закупаемого молока, равного объему цистерны молоковоза.

$$C = (Q_{fat} \cdot P_{fat} + Q_p \cdot P_p) \cdot V \cdot 1,1, \quad (1.2)$$

где  $C$  – стоимость закупаемого молока;

$Q_{fat}$  – количество жира в одном кг закупаемого молока;

$P_{fat}$  – цена жира, формирующаяся на основе закупочной цены за один кг молока при составлении договора с организацией-переработчиком;

$Q_p$  – количество белка в одном кг закупаемого молока;

$P_p$  – цена белка, формирующаяся на основе закупочной цены за один кг молока при составлении договора с организацией-потребителем (переработчиком);

$V$  – объем доставляемого молока.

Логистической организации при выборе типа транспортного средства (авторефрижераторы, изотермические фургоны, специальные цистерны) необходимо руководствоваться временными параметрами доставки молока, учитывая принятые сроки транспортировки [2].

Величина транспортных расходов определяется из выражения [2]

$$E_t = \frac{L_1 + L_2}{100} \cdot C_f \cdot P_f, \quad (1.3)$$

где  $E_t$  – величина транспортных расходов;

$L_1$  – путь, затрачиваемый на поездку от пункта закупки молока до пункта продажи организациям-потребителям;

$L_2$  – путь, затрачиваемый на поездку от последнего пункта продажи организациям-потребителям до пункта закупки (обратка);

$C_f$  – расход топлива конкретного молоковоза на 100 км пути;

$P_f$  – цена топлива за литр.

Себестоимость  $C_{prime}$  логистической услуги формируется из суммы транспортных расходов при доставке молока и величины затрат при закупке молока у организаций-производителей, с учетом НДС (выражения (1.2), (1.3)) [2].

$$C_{prime} = E_t + C = \left( \frac{L_1 + L_2}{100} \cdot C_f \cdot P_f \right) + (Q_{fat} \cdot P_{fat} + Q_p \cdot P_p) \cdot V \cdot 1,1. \quad (1.4)$$

Величина сдаваемого молока потребителю считается и измеряется в килограммах, а вместимость цистерн молоковозов (их объемы) измеряется в литрах. Следовательно, при сдаче молока потребителю производится перевод объема  $V$  сдаваемого молока в его массу  $M$  умножением объема на коэффициент 1,27:

$$M = 1,27 \cdot V. \quad (1.5)$$

На основе сложившихся цен на молочном рынке организация-потребитель устанавливает перед организациями, оказывающими ей логистические услуги, закупочную цену за 1 кг молока  $P_{pur}$ , которая закладывается в договор поставки между потребителем и поставщиком до начала процесса поставки. На ее основе определяются рациональные цены закупки жира  $P_g$  и белка  $P_p$ , рассчитываемые таким образом, чтобы организация, доставляющая молоко, получила свою прибыль за оказание логистической услуги, а не оказалась в убытке. А также на ее основе устанавливается стоимость  $C_{ser}$  оказываемой услуги, которая является производением закупочной цены  $P_{pur}$  за 1 кг молока на массу всего доставленного продукта [2]:

$$C_{ser} = P_{pur} \cdot M \cdot 1,1. \quad (1.6)$$

Соответственно, прибыль  $P$  определяется разностью между ценой услуги, оказываемой нанимаемой логистической организацией, и себестоимостью логистической услуги этой организации, то есть с учетом выражений (1.2)–(1.6), получим [2]:

$$P = C_{ser} - C_{prime} = P_{pur} \cdot M \cdot 1,1 - \left( \frac{L_1 + L_2}{100} \cdot C_f \cdot P_f \right) + (Q_{fat} \cdot P_{fat} + Q_p \cdot P_p) \cdot V \cdot 1,1. \quad (1.7)$$

Прием сдаваемого организации-потребителю молока осуществляется на основе анализов, проводимых лабораторией по уровню жира и белка в составе продукта, исходя из требуемых значений по технологии переработки. В том числе проводится химический и бактериологический анализы. На их основе определяется сортность принимаемого молока на переработку.

В процессе транспортировки молока из пункта закупки в пункт сдачи уровень жира может повыситься в связи с колебанием молока в цистерне молоковоза. В этом случае производится разбавление молока «обратом» (сепарированным молоком) до соответствующего уровня, заранее определяемого в договоре потребителя с поставщиком согласно технологии переработки. Покупка продукта осуществляется по 3 сортам молока в соответствии с коэффициентом качества: высший сорт имеет коэффициент качества – 1,1; первый сорт – 1,0; второй сорт – 0,9 [2].

## 2 Web-приложение для расчета логистических затрат

Web-приложение разработано на языке программирования Python с использованием web-фреймворка Django, имеющего встраиваемую систему управления базами данных SQLite. Интерфейс приложения представлен на рисунке 2.1.

Путь от организации-производителя до организации-потребителя определяется автоматически. Для процедуры определения расстояния используется функция GoogleMap(), реализуемая с помощью языка программирования Python [5].

## 3 Выбор оптимального варианта оказания логистических услуг

Основным ограничением в разрабатываемом алгоритме является поставка товаров «точно в срок» (JIT-ограничение).

Поэтому оценка эффективности логистической системы от сокращения потерь продукта вследствие уменьшения времени на их транспортировку и хранение имеет вид [4], [6]

Результаты расчетов	
Параметр	Величина
Хозяйство	КСУП «Племзавод Рось»
Производство	ОАО «Березовский сыродельный комбинат»
Расстояние, км	500,0
Транспорт	Hyundai HD-170 (8200 л.)
Сорт молока	Экстра
Содержание белков, %	3,0
Содержание жиров, %	3,0
Договорная цена за 1 кг молока, бел. руб.	19,0
Транспортные расходы(Ет), бел. руб.	319,2
Стоимость закупаемого молока(С), бел. руб.	49790,4
Себестоимость логистической услуги(Сprime), бел. руб.	50109,6
Масса молока(М), кг.	10414,0
Стоимость оказываемой услуги(Сser), бел. руб.	217652,6
Прибыль(Р), бел. руб.	167543,0

[Вернуться на главную](#)

Рисунок 2.1 – Страница результатов расчета прибыли

$$I = \sum_{i=1}^n c_{ni} q_i, \quad (3.1)$$

где  $c_{ni}$  – потери, связанные с увеличением времени транспортировки груза от организации-производителя к организации-потребителю;

$q_i$  – интенсивность потребления организации-потребителя (при расчете прибыли равна массе молока  $q_i = M_i$ ), т.

Величина  $c_{ni}$  в выражении (3.1), как правило, нелинейно зависит от времени транспортировки. Функция для нахождения  $c_{ni}$  может быть описана следующей полиномиальной зависимостью:

$$c_{ni} = a_1 + a_2 t + a_3 t^2, \quad (3.2)$$

где  $a_1, a_2, a_3$  – эмпирические коэффициенты, учитывающие вид продукта;  $t$  – продолжительность перевозки продуктов (ч),

$$t \leq 0,08t_2, \quad (3.3)$$

где  $t_2$  – срок годности продукта, ч.

Рассмотрим варианты доставки молока логистической организацией от организаций-производителей к организациям-потребителям, расположенным на территории Республики Беларусь:

1 – КСУП «Племзавод Рось», п. Рось Волковысского района, Гродненская область – организация-производитель молока;

2 – ОАО «Беллакт», г. Волковыск;

3 – ОАО «Щучинский маслосырзавод», г. Щучин;

4 – ОАО «Молочный мир», г. Гродно;

5 – ОАО «Молодеченский молочный комбинат», г. Молодечно;

6 – ОАО «Березовский сыродельный комбинат», г. Береза;

7 – КПУП «Гормолзавод №3», г. Минск.

При расчете себестоимости логистической услуги  $C_{prime}$  путь пробега молоковозов увеличивается в зависимости от количества промежуточных точек и расстояний между ними.

Предположительно в парк молоковозов входит автомобиль DAF CF 85.340 с объемом цистерны 32000 л, средним расходом топлива 30 л на 100 км пути и средней скоростью движения в нагруженном состоянии 60 км/ч.

Получив значения прибылей каждого из потенциально возможных вариантов и используя программный продукт для выбора «наилучшего» пути, работник логистической организации (пользователь) может сделать выбор в сторону наиболее прибыльного, с учетом ограничения (3.3), варианта оказания логистической услуги.

При апробации расчета себестоимости логистической услуги был проведен анализ вариантов оказания логистических услуг с использованием следующих величин: расстояние до региона доставки молока; молоковоз, используемый при доставке продукта; сорт перевозимого молока. Если в системе заказы распределены

равномерно, то величина прибыли будет максимальной при минимальном расстоянии до точек доставки молока, как показано на рисунке 3.1 [4]. Для расчета использовались три организации-потребителя.

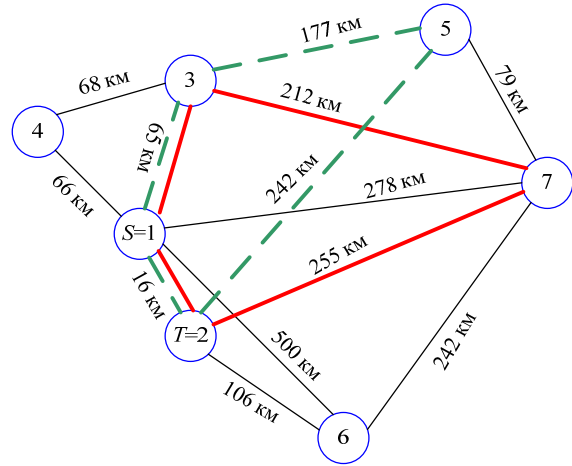


Рисунок 3.1 – Граф нахождения кратчайшего пути

Начальная точка  $S = 1$ , конечная точка  $T = 2$ . Минимальный путь 1 (на рисунке 3.1 выделен пунктирной линией):  $x_1 - x_3 - x_7 - x_2 = y = T$ ; минимальный путь 2 (на рисунке 3.1 выделен жирной линией):  $x_1 - x_3 - x_5 - x_7 - x_2 = y = T$ . Так как средняя скорость движения автомобиля 60 км/ч, то время в пути 1 без учета загрузки / отгрузки продукта 9,6 часа, что не удовлетворяет условию (3.3), время в пути 2 – 7,68 часа, что удовлетворяет условию (3.3).

Рассмотрим вариант, когда текущей используемой оценкой является прибыль логистической организации (рисунок 3.2):  $d(x_5) = P_{1-5}$ ;  $d(x_7) = P_{1-7}$ .

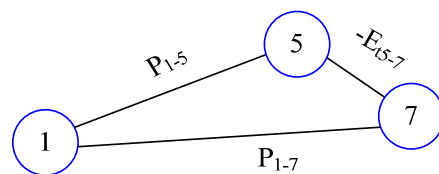


Рисунок 3.2 – Граф с отрицательной оценкой

Величина прибыли уменьшается на величину транспортных издержек на пути от пункта 5 до пункта 7:  $d(x_{5-7}) = -E_{15-7}$ .

Значением транспортных издержек со знаком «-» заполняются оценки, не имеющие связи с начальным пунктом движения. При расчете  $P_{1-5}$  использовался путь  $L_1$ , при расчете  $P_{1-7}$  использовался путь  $L_2$ , а при расчете  $E_{15-7}$  – только длина пути между пунктами 5 и 7.

Если использовать различные оценки прибыли для каждой из организации-потребителя, которые представлены на рисунке 3.1, и ограничить количество пунктов перевозки по времени,

определенном в условии (3.3), то с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры можно определить оптимальный путь движения транспортного средства с максимизацией по прибыли логистической организации, проводя пересчет итераций для всех пунктов, согласно выражению (1.1), и используя выражения (3.1), (3.2) для оценки эффективности логистической системы.

#### Заключение

Предложенная методика расчета, используемый модифицированный алгоритм Дейкстры и разработанное для вычисления стоимости логистических услуг и определения прибыли деятельности логистической организации web-приложение, позволяют сделать рациональный выбор наилучшего с точки зрения получения прибыли варианта оказания логистических услуг по транспортировке молока с учетом территориального распределения организаций-производителей и организаций-потребителей.

Выполненная разработка может найти практическое применение при проработке и анализе дальнейших расчетов всего комплекса оказываемых логистических услуг по закупке и доставке молока, а также при планировании развития деятельности предприятий соответствующей специализации по регионам. Разработка подобных приложений должна способствовать увеличению прибыли организаций Республики Беларусь, сотрудничающих и включенных в молочную отрасль. Также будет оптимизирована работа отечественных логистических организаций:

упрощен трудоемкий и длительный по времени процесс их деятельности ввиду территориального расположения организаций-производителей и организаций-потребителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Аникина, Б.А.* Управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: учебник / Б.А. Аникина; под ред. Т.А. Родкиной. – М.: Проспект, 2013. – 344 с.

2. *Буткевич, А.* Разработка методов и алгоритма расчета затрат на доставку молока от производителей потребителю-переработчику / А. Буткевич // Логистика. – 2017. – № 2. – С. 37–41.

3. *Лубенцова, В.С.* Математические модели и методы в логистике: учеб. пособие / В.С. Лубенцова; под ред. В.П. Радченко. – Самара: Самар. гос. ун-т, 2010. – 157 с.

4. *Бродецкий, Г.Л.* Экономико-математические методы и модели в логистике. Процедуры оптимизации: учеб. пособие / Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 195 с.

5. *Мэтиз, Э.* Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения: пер с англ. / Э. Мэтиз – СПб.: Питер, 2017. – 496 с.

6. *Еловой, И.А.* Интегрированные логистические системы доставки грузов / И.А. Еловой. – Минск: Право и экономика, 2011. – 460 с.

Поступила в редакцию 22.12.2020.