

либерализацией цен, введением двойных цен, распространением приватизации, развитием управления. На этом этапе открытость экономики была ограничена в целях защиты национальных предприятий. Вследствие усиления инфляционных процессов были приняты меры монетарной стабилизации. Поэтому на третьем этапе (1989-1990 гг.) осуществлено временное возвращение к прямым методам экономического регулирования.

Впоследствии, были введены инструменты стимулирования экспорта и ограничения внутреннего спроса, началось сближение регулируемых и рыночных цен. Третий этап в целом характеризовался усилением рыночной направленности экономики и последовательной экономической либерализацией. Произошло сближение китайского и международного законодательства в сфере внешнеэкономической деятельности. В результате китайские предприятия стали главными субъектами в системе управления внешнеэкономическими связями и рыночной конкуренции.

Стремительно нарастающее производство внутри страны обусловило значительный рост экспорта китайских товаров. Отныне страна вышла на передовые позиции в мире по этому показателю. С этого периода КНР из-за низкой себестоимости товаров и цены рабочей силы, благоприятных климатических факторов становится космической и ядерной державой. Опыт китайских реформ заслуживает исследования стратегии государства по стабилизации экономической системы [4].

Технологические трансформации современных глобальных процессов обуславливают значительные изменения в структурах международной специализации каждой национальной экономики. Особое значение приобретают развитие науки, инновационные и информационные глобальные процессы и их влияние на национальные экономики. Анализ экономики знаний в Китае доказывает возможность частичного использования опыта и для других стран.

Список использованных источников

1. Єрохін С. А. Технологічні уклади, динаміка цивілізаційних структур та економічна перспектива України / С. А. Єрохін // Економічний часопис-XXI. – 2006. – № 1–2. – С. 37–43.
2. Бергер Я. Большая стратегия Китая в оценках американских и китайских исследователей / Я. Бергер // Проблемы Дальнего Востока. – 2006. – № 1. – С. 185–190.
3. Островский А. В. Китайская модель перехода к рыночной экономике / А. В. Островский. – М. : Институт Дальнего Востока, 2007. – С. 126.
4. Старовойт О.В. Економіка знань у стратегії інноваційного розвитку освіти: автореф. дис. канд. філ. наук: 09.00.10 // Старовойт О.В. – К.: Нац. педагог. ун-т ім. М.П.Драгоманова, 2010. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://osvitata.com/osvita-ta-ekonomika/ekonomika-znan-u-strategi-innovatsiyogo-rozvitku-osviti/vsi-storinki.html>
5. Федулова Л.І. Економіка знань: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / НАН України; Ін-т екон. та прогноз. НАН Україн. - К., 2009. – 600 с.
6. Економіка знань [Електронний ресурс] - Режим доступу до журн.: http://www.rusnauka.com/15_DNI_2008/Economics/33052.doc.htm .
7. Поплавська Ж., Поплавський В. Інтелектуальний капітал економіки знань // Вісник НАН України, 2007.- № 2. - С.52-62.
8. <http://gtmarket.ru/news>
9. Офіційний сайт КНР в Україні. – <http://ua.chineseembassy.org/rus>

УДК 658.152 : 004.9

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ

*Студ. Алексеева Я.А., к.т.н., доц. Шарстнев В.Л.,
ст. преп. Вардомацкая Е.Ю.*

Витебский государственный технологический университет

В современных условиях логистика и управление цепями поставок играют важную роль в экономике как Республики Беларусь в целом, так и её отдельных отраслей. В частности в легкой промышленности – одном из важнейших секторов экономики, который производит большое количество товаров народного потребления. Так, постепенно на первый план выдвигается поиск возможностей завоевания конкурентных преимуществ, сокращения производственных затрат и

издержек обращения, в том числе транспортных расходов. Все это обуславливает актуальность поиска оптимального плана перевозок грузов – важного составляющего элемента транспортной логистики, заключающаяся в отыскании оптимальных схем грузовых потоков, позволяющих снизить транспортные расходы. Одним из ключевых этапов поиска оптимального плана перевозок является решение задачи о кратчайшем пути – задачи поиска самого короткого пути (цепи) между пунктами отправления и пунктами потребления грузов.

Цель исследования – разработка средств компьютерного моделирования процесса управления цепями поставок для минимизации транспортных расходов.

Объект исследования – логистические системы предприятий легкой промышленности.

Актуальность работы заключается в том, что решение рассматриваемой задачи носит прикладной характер.

Методы исследования – абстрагирование, математическое моделирование, анализ.

Инструментарий исследования – системы компьютерной математики (далее – СКМ) Maple и Mathematica.

Задача о кратчайшем пути является одной из важнейших классических задач теории графов. Значимость данной задачи определяется ее различными практическими применениями. Так, задача поиска кратчайшего пути на графе широко используется для нахождения путей между физическими объектами на картографических сервисах, в GPS-навигаторах, при определении наименьшего расстояния в сети дорог.

Для возможности применения системы компьютерной алгебры для решения данной проблемы, её можно представить в виде математической модели на графе. Вершины графа будут соответствовать городам, а ребра между вершинами – путям сообщения между этими городами. Каждому ребру сопоставляют критерий выгоды, определяемый не только затратами времени, а той целью, которую необходимо достигнуть при решении задачи оптимального варианта перевозок. Наиболее часто в качестве критерия принимается минимум суммарного пробега, так как при одинаковых условиях движения на всех участках маршрута план, оптимальный по пробегу, будет оптимальным по затратам времени и стоимости.

Выделяют несколько вариантов решения задачи о кратчайшем пути с помощью различных СКМ. Бесспорными лидерами в данной области являются СКМ Maple и СКМ Mathematica.

Так, с помощью СКМ Maple, имеющего специализированную библиотеку networks для работы с графами, решение данной задачи может реализовываться методом Дейкстры, муравьиным алгоритмом и методом имитации отжига. Наиболее точным и при этом простым методом решения исходной задачи в Maple является метод Дейкстры – пошаговый алгоритм определения кратчайшего расстояния от вершины А до В. Проиллюстрируем реализацию метода Дейкстры в СКМ Maple на примере решения следующей практической задачи. Предприятие легкой промышленности города Витебска наладило поставки своей продукции в магазины регионов Республики Беларусь. Необходимо найти кратчайший путь перевозок грузов от места производства к местам потребления, оптимизирующий транспортные издержки предприятия.

В программе, представленной на рисунке 2, реализован данный метод на примере орграфа с неотрицательными весами, смоделированного на основе путей сообщения между пятью городами Республики Беларусь (рисунк 1).

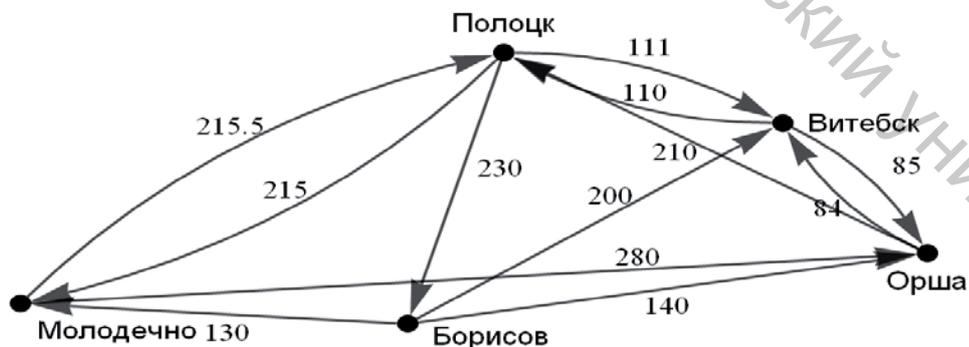


Рисунок 1 – Ориентированный взвешенный граф

Ответ заносится в переменную MinPath. Алгоритм заканчивает свою работу, когда flag принимает значение true, то есть конечная вершина (target) приобретает постоянную метку. После завершения работы программы список постоянных меток можно посмотреть, раскрыв переменную V: evalm(V) [3, с. 111].

```

> restart : with(networks) :
> new(G) : n := 5 :
> addvertex(i$1..n, G) :
> addedge([[1, 2], [2, 1], [1, 3], [3, 1], [3, 2], [5, 3], [4, 3], [5, 4], [4, 2], [2, 4], [2, 5], [5, 1]],
weights = [110, 111, 85, 84, 210, 140, 280, 130, 215.5, 215, 230, 200], G) :
> V := Vector(1..n) :
> for i to n do V[i] := infinity, od;
> s := 1 : target := 5 : k := s : V[k] := 0 : U := [0$3..n] :
> flag := false :
> for i while not flag do
  U[i] := k :
  d := outdegree(k, G) : z := departures(k, G) :
  for j to d do CW1 := eweight(op(edges([k, z[j]], G)), G) :
    if ((V[z[j]] = 0) or (V[z[j]] > CW1 + V[k]))
    then V[z[j]] := eweight(op(edges([k, z[j]], G)), G) + V[k] : fi, od;
  Next := n;
  for j from 2 to n do
    if not member(j, U) and V[j] < V[Next] then Next := j, fi, od;
  k := Next;
  flag := is(k = target);
od;
> evalm(V);
[ 169 110 85 325 340 ]
> MinPath := V[4];
MinPath := 325

```

Рисунок 2 – Программная реализация метода Дейкстры

Также кратчайший путь в орграфе можно найти, используя стандартные процедуры СКМ Maple. В программе на рисунке 3 на примере исходного графа независимо используются два оператора, `shortpathstree` и `allpairs`.

```

> restart : with(networks) :
> new(G) : n := 5 :
> V := [1, 2, 3, 4, 5] : n := nops(V) :
> addvertex(V, G) : addedge([[1, 2], [2, 1], [1, 3], [3, 1], [3, 2], [5, 3], [4, 3], [5, 4],
[4, 2], [2, 4], [2, 5], [5, 1]], weights = [110, 111, 85, 84, 210, 140, 280, 130, 215.5, 215, 230, 200], G) :
> T := shortpathstree(G, 1) :
> W := vweight(T);
W := table(sparse, [1 = 0, 2 = 110, 3 = 85, 5 = 340, 4 = 325])
> MinPath := W[4];
MinPath := 325
> allpairs(G)[1, 4];
325

```

Рисунок 3 – Программа нахождения кратчайшего пути с использованием операторов `shortpathstree` и `allpairs`

Метод имитации отжига и муравьиный алгоритм тоже в результате дают оптимальный вариант маршрута, однако, эти методы достаточно объемны и сложны для восприятия.

СКМ Mathematica также обладает расширенной поддержкой графов, необходимой для решения задачи о кратчайшем пути. Так, средства языка пакета довольно **емки** в функциональном отношении в данной области и содержат функции расчёта транспортных сетей, обеспечивают обширную поддержку задач о потоках в сетях, высоко оптимизировано нахождение Эйлеровых и Гамильтоновых цепей.

Так, функция `FindShortestPath[g, "Витебск", "Молодечно"]` позволяет найти кратчайший путь из города Витебск в Молодечно на исходном графе, функция `HighlightGraph[g, PathGraph[{"Витебск", "Полоцк", "Молодечно"}]]` наглядно представляет этот кратчайший путь, а `GraphDistance[g, "Витебск", "Молодечно"]` находит вес данного пути.

На рисунке 4 представлено решение искомой задачи на графе, изображенном на рисунке 1, с использованием перечисленных выше функций.

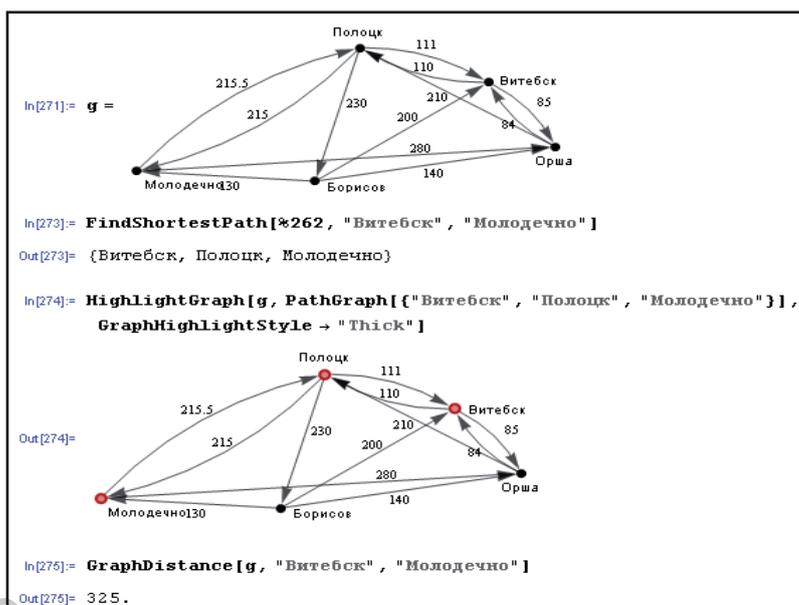


Рисунок 4

Частной постановкой задачи о кратчайшем пути является задача о кратчайшем пути в заданный пункт назначения. Функция FindShortestPath[g, All, "Молодечно"] генерирует кратчайшие пути к Молодечно из всех городов искомой транспортной сети (рисунок 5).

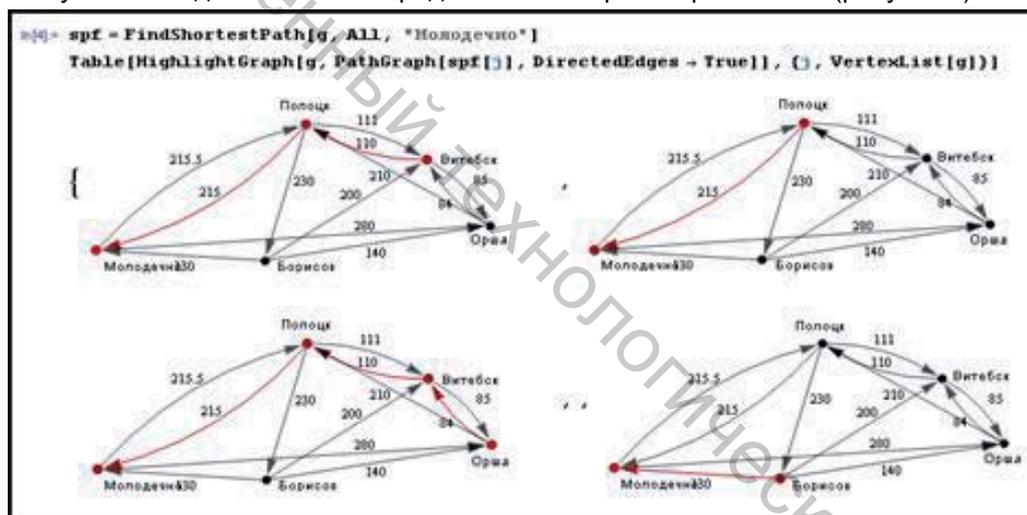


Рисунок 5

Компьютерное моделирование оптимизации маршрута позволяет более рационально планировать перевозки груза и, как следствие, повысить конкурентоспособность организации и способствовать более рациональному использованию её ресурсов за счет сокращения транспортных расходов. Визуализация маршрутов перевозок позволяет наглядно отслеживать пути перемещения грузов. Полученные результаты и разработанные методы должны быть ориентированы на широкое применение на предприятиях легкой промышленности и бытового обслуживания населения всех форм собственности Республики Беларусь.

Список использованных источников

1. Аладьев, В.З., Ваганов В.А., Гринь Д.С. Избранные системные задачи в программной среде МАТЕМАТИКА: научное издание / В.З. Аладьев, В.А. Ваганов, Д.С. Гринь. – Херсон : Олди-плюс, 2013. – 556 с.
2. Иванов, Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы. Расширенный курс / Б.Н. Иванов. – Москва : Известия, 2011. – 512 с.
3. Кирсанов, М.Н. Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы / М.Н. Кирсанов. – Москва : Издательство ФИЗ МАТЛИТ, 2007. – 168 с.