

0,1,2,3,... При этом параметр k принимает соответственно значения из ряда чисел 1, 2, 3, 4, ..., так что всегда справедливо неравенство:

$$d < k$$

В связи с этим неравенством невозможно, например, значение $k = 1$, если $d = 1$. В реально существующих ВЗУ известны (d,k) – коды, характеризуемые (d,k) – параметрами (0,1); (0,2); (1,3); (1,7); (2,7) и т.д.

Для анализа канальных кодов, применяемых в современных ВЗУ, созданных на основе технологий магнитной записи и оптической записи, в качестве «точки отсчета» обычно берут обычный двоичный код, который относится к позиционным однородным кодам. Следуя терминологии (d,k) -кодов обычный двоичный код можно охарактеризовать как (d,k) – код, для которого параметр $d = 0$, а параметр $k = \infty$.

Указанное значение параметра и определяет отсутствие самосинхронизации в этом коде, поскольку длина «нулевой» последовательности символов для него не ограничена сверху.

Ограничения d и k приводят к уменьшению количества разрешенных кодом последовательностей символов N_n на n разрядах по сравнению с их количеством для двоичного кода, которое здесь равно 2^n .

Недостатком (d, k) кодов является их потеря в скорости обмена данных. Из-за избыточных разрядов желаемая передача информационных битов меньше, чем в настоящем информационном потоке. Следовательно, если d выше, потери будут более существенны.

Кодирование $RLL(1,7)$, используемое в традиционных каналах чтения с детектированием пиков, достаточно медленное. Обозначение 1 определяет, что в записываемой последовательности между каждой парой двоичных единиц должен быть хотя бы один двоичный ноль, что выливается по крайней мере в два символических периода между каждой парой магнитных переходов на диске. Цифра 7 означает, что между переходами не может быть свыше восьми символических периодов.

Более эффективная схема кодирования $(0,k)$, используемая для каналов чтения $PRML$ (технология *Partial Response – Maximum Likelihood*, что можно перевести как «неполный отклик – максимальное подобие»), была разработана для обмена информацией в дальних космических экспедициях), используемая во многих накопителях на жестких дисках *Seagate*, обеспечивает более компактную пропорцию 16/17 и позволяет передавать данные с высокой скоростью.

Список литературы

1. Шмокин М.Н. Организация внешних запоминающих устройств ЭВМ: учеб. пособие. Пенза: ПензГТУ, 2013. 159 с.
2. Siegel P.H., Recording Codes for Digital Magnetic Storage, IEEE Trans. on Magnetics, v. MAG-21(5), p. 1344-1349, 1985.
3. Wolf J.K., A Survey of Codes for Partial Response Channels, IEEE Trans. on Magnetics, v. 27(6), p. 4585-4589, 1991.

РЕШЕНИЕ NP-ПОЛНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ МУРАВЬИНОЙ КОЛОНИИ

Юрлов А.А., Бурмистров А.В.

Пензенский государственный технологический университет Пенза, Россия, e-mail: romi_s@list.ru

В последние годы алгоритмы, заимствованные у природных систем, широко применяются в различных отраслях науки и техники. Это связано с тем, что природа за многие годы эволюции выработала действенные технологии оптимизации. Использование таких алгоритмов в решении задач дискретной оптимизации, позволяют находить оптимальные значения параметров объектов и структур. Одной из перспективных технологий является методы, основанные на роевых алгоритмах. Данные метод описывают коллективное поведение децентрализованной самоорганизу-

ющейся системы. Роевые алгоритмы впервые были предложены Херардо Бени и Ван Цзином в 1989 году [1]. Эти алгоритмы рассматривают самоорганизующуюся многоагентную систему. Агенты обычно довольно просты, но локально взаимодействуя вместе, создают так называемый роевой интеллект. Примерами таких систем в природе могут служить аппроксимационные алгоритмы, относящиеся к классу метаэвристик, такие как:

- муравьиный алгоритм (Ant colony optimization);
- метод роя частиц (Particle swarm optimization);
- пчелиный алгоритм (Bees algorithm) и др.

Перечисленные выше алгоритмы были реализованы для решения различных NP-полных задач. Одна из наиболее известных задач комбинаторной оптимизации является задача коммивояжера, которая заключается в отыскании самого выгодного маршрута, проходящего через указанные города как минимум один раз с последующим возвратом в исходный город. Таким образом, коммивояжер сталкивается с задачей поиска гамильтонова контура минимальной длины в котором каждая вершина посещается только один раз.

Гамильтонов контур возможен только в связанном графе с четными степенями вершин. Поэтому, выполняется решение общей задачи коммивояжера, которая заключается в поиске минимального маршрута (минимальной протяженности, длительности и стоимости) с возвратом в исходную точку.

Сформулируем задачу в терминах теории графов. В неориентированном взвешенном графе $G=(X,A)$, каждому ребру (x_i, x_j) которого сопоставлен вес $L(x_i, x_j)$, требуется найти гамильтонов контур наименьшей стоимости, причем контур необязательно должен содержать все ребра графа. В условиях задачи указывается: критерии выгодности маршрута, матрицы расстояния, стоимости и т.п. Целью решения является нахождение маршрута, удовлетворяющего всем условиям и при этом имеющего минимальную сумму затрат.

Решить поставленную задачу можно разными способами, которые отличаются точностью и скоростью решения. Наибольшую вычислительную трудоемкость имеют эвристические методы. Более приемлемыми являются метаэвристические методы. Преимущество метаэвристических методов перед классическими эвристическими, основанными на методе локального поиска, в том, что они позволяют исследовать большее пространство поиска для нахождения решения близкого оптимальному, тогда как методы локального поиска останавливаются после нахождения локального решения. В данной работе за основу взят «муравьиный» алгоритм. Привлекательность предложенного алгоритма в том что, хотя в его основе и лежит метод локального поиска, метод запретов позволяет продолжить поиск после нахождения локального оптимума, тем самым, расширяя пространство поиска, в надежде найти решение близкое к оптимальному [3].

Рассмотренные выше алгоритмы разрабатывались в рамках научного направления, которое можно назвать «природные вычисления». Исследования в этой области начались в середине 90-х годов XX века, автором идеи является Марко Дориго. В основе этой идеи лежит моделирование поведения колонии муравьев. Колония муравьев представляет собой систему с очень простыми правилами автономного проведения особей. Однако, несмотря на примитивность поведения каждого отдельного муравья, поведение всей колонии оказывается достаточно разумным. Основой поведения муравьиной колонии служит низкоуровневое взаимодействие, благодаря которому, в целом, колония представляет собой разумную многоагентную

систему. Взаимодействие определяется через специальное химическое вещество – феромон, откладываемый муравьями на пройденном пути. При выборе направлении движения муравей исходит не только из желания пройти кратчайший путь, но и из опыта других муравьев, информацию о котором получает непосредственно через уровень феромонов на каждом пути. Концентрация феромона определяет желание особи выбрать тот или иной путь. Разработаны модификации муравьиного алгоритма, на основе которых получены более качественные решения для задачи поиска минимального гамильтонова цикла в тестах Эйлона для 50, 75 и 98 вершин. Для теста Эйлона с 30 вершинами оптимальное решение находится за 1-2 секунды [5].

Рассмотрим данный алгоритм на основе примера неориентированного нагруженного графа (рис. 1 а). Матрица весов дуг приведена на рис. 1 б. Матрица интенсивности феромона приведена на рис. 1 в. Требуется отыскать минимальный гамильтонов контур в графе. Начальная вершина x_1 .

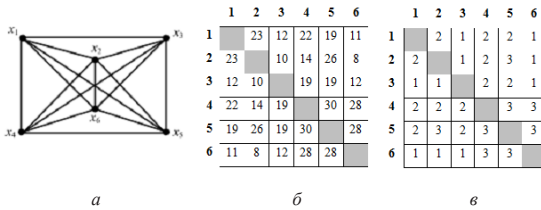


Рис. 1. Пример поиска кратчайшего пути: а – граф; б – матрица весов дуг; в – матрица интенсивности феромона

Муравьиный алгоритм является итерационным. Каждая итерация состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Для начала необходимо создать муравьев. Выбираем стартовую вершину x_i , куда будут помещаться муравьи, зависит от ограничений, накладываемых условиями задачи. Потому что, для каждой задачи способ размещения является определяющим. «Муравьи» могут быть помещены в одну вершину, либо в разные с повторением, либо без повторений. На этом же шаге задается начальный уровень феромона, $\tau_{ij} > 0$ (рис. 1, в).

Шаг 2. Поиск решения. Находим вероятность перехода из вершины x_i в вершину x_j определяется по формуле 1.

$$P_{ijk} = \frac{\tau_{ij}^\alpha \eta_{ij}^\beta}{\sum_m \tau_{im}^\alpha \eta_{im}^\beta} \quad (1)$$

где P_{ijk} – функция вероятности перехода (где i – номер вершины в которой производится выбор, j – вершина, в которую должен направиться муравей, k – номер муравья, движущегося по ребрам графа); τ_{ij} – количество феромона, оставленного муравьями на ребре (x_i, x_j) ; η_{ij} – величина, обратная весу (длине) ре-

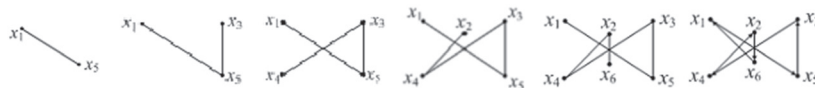


Рис. 3. Текущие деревья кратчайшего пути – а, б, в, г, д и окончательное построенное дерево кратчайших путей – е

Для нахождения оптимального решения, в алгоритме муравья предусмотрено «испарение» феромона. Это достигается введением коэффициента ρ в итеративной формуле (2), применяющейся после каждого цикла обхода графа [6].

Заключение

В данной статье предложен новый механизм решения комбинаторных задач оптимизации, используя

бра (x_i, x_j) ($\eta_{ij} = 1/L_{ij}$, где L_{ij} – расстояние между вершинами x_i и x_j); α, β – эмпирические коэффициенты.

При $\alpha=0$ выбор ближайшего города наиболее вероятен, т. е. алгоритм становится жадным. При $\beta = 0$ выбор происходит только на основании феромона, что приводит к субоптимальным решениям. Поэтому необходим компромисс между этими величинами, который находится экспериментально [6]. Принимаем значения $\alpha = 1, \beta = 2$. Индекс m в сумме пробегает по всем не пройденным вершинам, смежным с i .

Важно отметить, что выбор пути производится не по максимуму функции P_{ijk} , а случайным образом с помощью генератора чисел, но на случай, конечно, влияет значение P_{ijk} . Рассмотрим на примере нашего графа (рис. 1 а).

После расчета вероятностей перехода из вершины x_1 в вершины x_2-x_6 , получаем отрезок (рулетка) с секторами вероятностей (рис. 2).

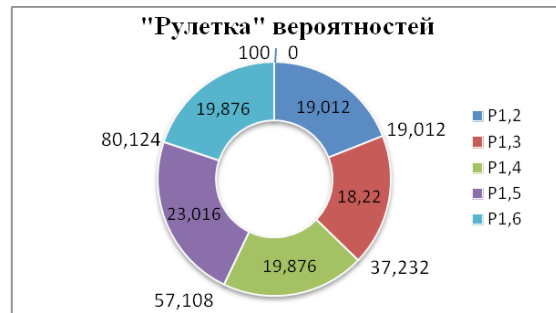


Рис. 2. Отрезок с секторами вероятностей

«Рулетка» вероятностей, размеченная функцией P_{ijk} , имеет неравные сектора. Чем ближе вершина и чем больше значение феромона, тем больше сектор. Таким образом, муравей использует и опыт предшественников τ_{ij} , и здравый смысл η_{ij} и случайный фактор, т.е. все как в жизни [6]. Случайное число $I_j = 75$, полученное генератором случайных чисел попадает на 4 сектор. Этот сектор указывает на вершину 5. Далее муравей будет выбирать маршрут из этой вершины. Вершина 1 заносится в список запрещенных вершин (*tabu list*). Окончательное построенное дерево кратчайших путей состоит из дуг (рис. 3 е):

$$(x_1, x_3), (x_3, x_3), (x_3, x_4), (x_4, x_2), (x_2, x_6), (x_6, x_1)$$

Общая длина маршрута $x_1-x_3-x_3-x_4-x_2-x_6-x_1$ имеет длину $19+19+19+14+8+11=90$.

Шаг 3. Обновление феромона. Уровень феромона обновляется в соответствии с формулой (2).

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{L_k} \frac{Q}{L_k} \quad (2)$$

где ρ – интенсивность испарения, $L_k(t)$ – цена текущего решения для k -го муравья, Q – параметр, имеющий значение порядка цены оптимального решения, т.е. $Q/L_k(t)$ – феромон, откладываемый k -ым муравьем, использующим ребро (ij) .

шие математические методы, основанные на "природных" механизмах принятия решений. Основная идея, лежащая в основе алгоритма "муравьиной" колонии, заключается в использовании механизма положительной обратной связи, который помогает найти наилучшее приближенное решение NP-полной задачи.

Описанный в статье метод работает за несколько итераций и состоит из трех шагов. Ключевым мо-

ментом является то, что муравей выбирая путь из нескольких вершин учитывает опыт муравьев, которые прошли через эти вершины до него. Дойдя до определенной вершины, муравей выбирает из нескольких вершин следующую и прокладывает через нее свой путь. Если получившийся маршрут оказался "хорошим", тогда при следующей итерации такой выбор вершин будет более желательным.

Предложенный в статье подход для решения NP-полных задач является более эффективным по сравнению с существующими, а также позволяет вычислять более точные и подходящие маршруты при решении сложных задач.

Список литературы

1. Beni G., Wang, J. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems, Tuscany, Italy, June 26-30 (1989).

2. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. М.: Мир, 1981.

3. Olli Bräysy, Michel Gendreau. Route Construction and Local Search Algorithms for the Vehicle Routing Problem with Time Windows. Internal Report STF42 A01024, SINTEF Applied Mathematics, 2001.

4. В.М. Курейчик, А.А. Кажаров. Алгоритмы эволюционного ролевого интеллекта в решении задачи разбиения графа. Таганрог: Изд-во ТРГУ, 2012.

5. Курейчик В.М., Кажаров А.А. О некоторых модификациях муравьиного алгоритма // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008.

6. Кирсанов М.Н. Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы.- М.: Издательство ФИЗМАТЛИТ, 2007.

7. Юрлов А.А., Федосеева Л.И. Поиск оптимального маршрута в транспортной сети. / А.А. Юрлов, Л.И. Федосеева // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: пер. науч. изд. Пенза, №10 (14), 2013, С. 166-171.

8. Юрлов А.А., Федосеева Л.И. Аппаратная оптимизация графовых задач / А.А. Юрлов, Л.И. Федосеева // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: пер. науч. изд. Пенза, №10 (14), 2013, С. 166-171.

**Секция «Проблемы морских технологий, транспорта и энергетики»,
научный руководитель – Тарануха Н.А.**

**СПЕЦИФИКА ПЕРЕВАЛКИ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ
ГРУЗОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Гунькова О.В., Лапатин А.Б.

*Комсомольск-на-Амуре государственный
технический университет*

Комсомольск-на-Амуре, Россия, e-mail: gunkov2102@mail.ru

В настоящее время мировой флот по перевозке рефрижераторных грузов (рефгрузов) имеет тенденцию к изменению: специализированные суда уступают место судам-контейнеровозам.

Число судов мирового рефрижераторного флота стремительно сокращается: в 2000 году в мире насчитывалось 1152 рефсудна, в 2011 – менее 700, в 2015 – не превысит 480 единиц.

В 2000 году рефрижераторные суда осуществляли половину всех морских перевозок рефгрузов, к 2015 году их доля опустилась ниже 30 %.

Основная тенденция в развитии портовой инфраструктуры, связанной с перевалкой рефгрузов, стало увеличение площадей, предназначенных для хранения рефконтейнеров. Мощности портовых холодильников при этом снижаются или остаются прежними в зависимости от динамики оборота рефгрузов. Ряд стивидорных компаний активно реализует программы модернизации и реконструкции холодильного оборудования. И перестраиваться им приходится очень быстро, буквально в течение 2–3 лет.

Хранение рефконтейнеров после морской перевозки обходится грузовладельцу дорого, ведь он платит не только за фрахт контейнеров, но и за их хранение и обслуживание в порту, поэтому грузовладельцы стараются после прихода рефконтейнеров и прохождения таможенных процедур по грузу побыстрее их растарить в склады рыбного порта.

Объем перевалки рефгрузов через российские порты снизился на четверть – с 5,1 млн до 3,9 млн тонн. Значительно всего сократился импорт – на 40 %. Экспорт при традиционных небольших абсолютных величинах снизился примерно на 20%. При этом значительно выросли объемы каботажных рефгрузов, что связано в основном с развитием перевозок продовольственных товаров из портов европейской части России в Петропавловск-Камчатский, Магадан, Дудинку, в порты острова Сахалин и рыбы и морепродуктов – в обратном направлении.

Следовательно, в структуре перевалки рефгрузов через российские порты уменьшилась доля импорта и выросла доля каботажных перевозок.

Лидером по перевалке рефгрузов является Балтийский бассейн, однако объемы прошедших через его порты рефгрузов снизился почти вдвое.

В портах Дальневосточного бассейна объемы перевалки рефгрузов, напротив, существенно выросли.

В Азово-Черноморском бассейне перевалка рефгрузов снизилась примерно на четверть, однако бассейн сохранил прежнюю долю в российском обороте.

Перевалка рефгрузов в портах Арктического бассейна относительно постоянна, 77% объема приходится на каботаж, экспорт же составляет менее 3%.

Как полагают эксперты, в будущем Северный морской путь мог бы стать дополнительным маршрутом для перевозки рыбы с Дальнего Востока в центральные части России. Пока же этому мешают слишком высокие тарифы на ледокольную проводку.

Основной грузопоток импортных рефгрузов в Россию традиционно идет из США, Канады, Африки, стран ЕС. К этим грузам относятся замороженные рыба, мясо и свежие фрукты.

Наибольшие объемы импорта в Россию традиционно приходятся на долю фруктов, которая составляет больше половины всего объема продовольственных грузов (общая доля мясных грузов – 24%, в том числе мяса птицы – 11%).

В структуре импортных поставок фруктов в Россию лидируют Эквадор, Марокко, Аргентина, Китай, Турция, Польша, Нидерланды, Испания. При этом поставки фруктов из Европы и стран южного полушария сокращаются, а импорт из стран СНГ, Китая и Польши растет.

Заметный рост позиций Китая связан с тем, что привезти фрукты и овощи оттуда на Дальний Восток проще и дешевле, чем даже из центральных российских регионов.

Основной поток импортных фруктов идет в Россию через порт Санкт-Петербург. Через этот порт завозятся фрукты для потребления в западной и центральной частях страны. Второе место по объемам перевалки импорта фруктов занимает порт Новороссийск, через который идут фрукты из Турции и Египта и который играет значительную роль в обеспечении фруктами южной части России.

В настоящее время мясо в Россию завозится из Бразилии (18%), США (17%), Германии (11%), Канады (9%), Испании и Парагвая (по 5%), а также из Франции, Нидерландов, Украины и других стран.

Около половины импорта мяса в Россию поступает через порт Санкт-Петербург, значительная часть ввозится через порты Прибалтики, в основном через Ригу и Клайпеду.