ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА В КОНКУРСНОМ ОТБОРЕ ПРОЕКТОВ

Кочкаров Р.А., Никищенко С.П.

(Финансовая академия при Правительстве РФ, г. Москва, Северо-Кавказский Государственный технический университет, г. Ставрополь)

azret_kochkarov@mail.ru

Рассмотрена проблема качественной реализации программных мероприятий, подключения проектов и проектных работ в процессе выполнения государственных целевых программ. Приведены постановки задачи оптимального выбора конкурсных проектов и многокритериальной задачи о назначениях на предфрактальном графе.

Ключевые слова: дискретная многокритериальная оптимизация, взвешенный двудольных граф, предфрактальный граф

1. Механизм поддержки конкурсного отбора проектов

Рассмотрим одну проблему, которая возникает в процессе выполнения государственных целевых программ, а именно проблему качественной реализации, исполнения программных мероприятий, подключения проектов и проектных работ. Вначале напомним, как работает механизм конкурсного отбора проектов, и введем некоторые обозначения.

На нижнем уровне находятся проекты (проектные работы), на выполнение которых подаются заявки. Для некоторых мероприятий проекты и потенциальные исполнители известны еще на этапе разработки программы (см. рис. 1). Так для мероприятий M_1 и M_2 уже сформулированы задания на проектирование и, более того, уже поступили заявки на выполнение конкретных проектных работ. В тоже время по проектным заданиям мероприятий M_3, M_4 и M_5 исполнителей (ни реальных, ни потенциальных) еще нет. Проекты, запланированные в программе, являются предложением для исполнителей. Реальные же проектные работы отбираются на конкурсной основе среди исполнителей. На исполнение проекта $П_1$ подаются заявки от возможных исполнителей на три проектные работы (реальные работы) P_1, P_2 и P_3. На конкурсной основе отбирается одна заявка на проектную работу P_1 [2,3].

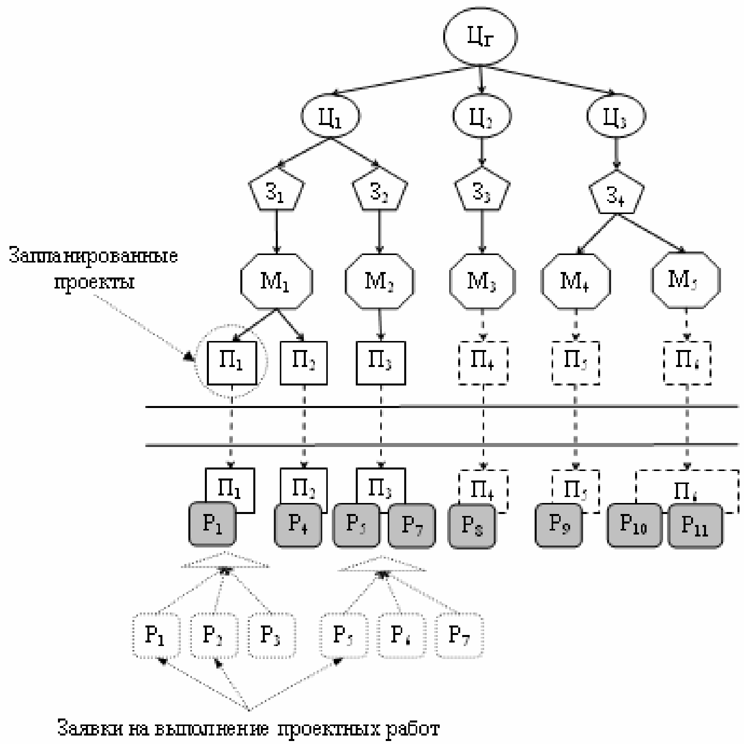

Рис. 1 Покрытие мероприятий программы проектами

По каждому потенциальному проекту формируется "лот", в котором указаны условия для проводимых работ. Поступающие заявки от потенциальных исполнителей сравниваются с условиями лота, и определяется степень "покрытия" содержащимися в заявке предложениями условий лота. Эта информация представляется членам конкурсной комиссии и непосредственно влияет на результат конкурсного отбора.

На рис. 1 для проекта Π_1 принята заявка от исполнителя работ P_1. Если условия лота не полностью покрываются заявкой, тогда вводится новый лот на исполнение работ, оставшихся непокрытыми. Так как в реальной жизни сложно подбирать заявки, полностью покрывающие лоты, тогда отбор заявок будет проводиться по следующим двум критериям:

– близость заявки условиям лота;

– степень покрытия лота заявкой.

Таким образом, для исполнения одного проекта может потребоваться несколько проектных работ, от разных заявителей.

2. Задача оптимального выбора конкурсных проектов

Одной из основных проблем в процессе реализации программы является проблема подключения проектов. Проекты непрерывным потоком предоставляются на рассмотрение, и на конкурсной основе подключаются к программе. Дерево целевой программы является своего рода картой исполнения программы. Вся программа, а равно и цели программы покрыты мероприятиями. Таким образом, для исполнения программы и достижения всех поставленных целей необходимо обеспечить все множество мероприятий проектами [2].

Сформулируем математическую постановку задачи отбора проектов. Разобьем все множество мероприятий M на группы, каждая из которых определяется параметрами, то есть в каждую отдельную группу будут входить мероприятия с однородными параметрами. Однородность параметров в данном случае означает следующее – равенство количества параметров каждого мероприятия группы и соответствие качеств (типов) параметров, определенных в группе. Например, в группу $M^{(3)}(q,s,t)$ будут

входить мероприятия $M_i^{(3)}(q_i,s_i,t_i)$, $i \in I$, где параметры группы определяются следующим образом, q – стоимость проекта, s – трудовые ресурсы, t – время исполнения мероприятия. Таким образом, получим разбиение множества M на подмножества $M^{(l)}$, $l = 1,2,..,L$. Параметры мероприятий будут представлены числовыми значениями, определяющими ограничения сверху ресурсов по каждому параметру группы.

На рассмотрение предоставляются проекты, причем они идут непрерывным потоком. Одни проекты принимают, другие наоборот исключаются. При этом часть проектов может оставаться востребованной до определенного времени, пока эти проекты не будет исключены или приняты. Таким образом, задача назначения проектов связана со временем.

Предположим, что лицо, принимающее решение (ЛПР) с определенной периодичностью рассматривает поступающие проекты и, соответственно, принимает решения в эти моменты времени. Это может быть заседание организационного совета каждый квартал или полугодие. То есть в моменты $T_s = 1,2,...$ происходит заседание, обсуждаются вопросы о проектах. На каждый момент времени $T_s = 1,2,...$ будет приходиться множество проектов P, и, соответственно, в каждый момент времени необходимо решать задачу о назначении проектов. Для этого сначала решим задачу на один определенный момент времени T_s^*.

Предположим, что на момент времени T_s^* имеется множество мероприятий M и множество проектов P. Разобьем все множество представленных мероприятий M на группы. Каждая группа будет определяться параметрами, т.е. в каждую отдельную группу будут входить мероприятия с однородными параметрами. Тогда получим разбиение множества M на подмножества $M^{(l)}$, $l = 1,2,..,L$. При этом параметры мероприятий будут представлены числовыми значениями, означающими ограничения ресурсов. Теперь разобьем множество проектов P на подмножества $P^{(l)}$, так чтобы каждое подмножество проектов можно было бы поставить в соответствие одному из подмножеств мероприятий.

Тогда на момент времени T_s^* все проекты оказались поставленными в соответствие с группами мероприятий. Возьмем один объект, то есть одну группу мероприятий M^* и соответствующую ей группу проектов P^*.

Соединим каждый проект из P^* с теми мероприятиями из M^*, к которым он потенциально подходит. Например, проект постройки дорог может быть присоединен к мероприятиям по строительству автомагистралей, мостов, ремонту городских дорог и т.д.

Назначим каждому ребру графа G^* соответствующий вес (стоимость проекта) c_i, $i=\overline{1,n}$. Отметим, что стоимость проекта c_i не означает денежную, либо какую-нибудь другую стоимость, а является совокупной стоимостью, состоящей из стоимостей различного вида. При этом веса ребер исходящих из одного и того же проекта будут одинаковыми (см. рис. 2).

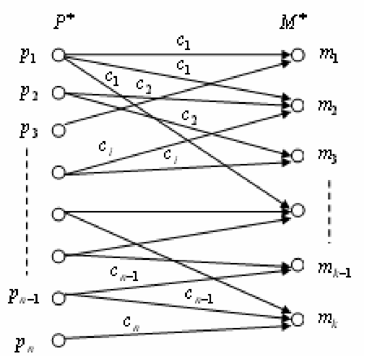

Рис. 2 Взвешенный двудольный граф G^*

Выбирая для каждой вершины p_i наилучшее ребро, получим максимальное паросочетание двудольного ориентированного графа G^*. Задача оптимального назначения проектов сводится к выделению максимального паросочетания двудольного ориентированного графа. В случае, когда $n=k$ и для каждого мероприятия существует хотя бы один альтернативный проект, то есть в каждую вершину m_j входит не менее одного ребра, решением будет совершенное паросочетание.

Таким образом, для каждой пары – $M^{(l)}$ и $P^{(l)}$ задается двудольный граф G_l, $l=1,2,..,L$ на некоторый момент времени T_s^*. Далее на каждый момент $T_s=1,2,..,T$ рассматривается последовательность двудольных графов G_l. В каждый момент T_s производится поиск максимальных паросочетаний для последовательности G_l, $l=1,2,..,L$ [4].

3. Многокритериальная постановка задачи о назначениях на предфрактальном графе

Формально, если в задаче о назначениях (ЗН) каждому из n заказчиков и m исполнителей поставить в соответствие вершины графа, а ребрами обозначить возможности исполнения работ, предложенных заказчиками, то полученный двудольный граф $G=(V',V'',E)$ [2,3] является схемой, отражающей всевозможные связи между заказчиками и исполнителями. На графе G множества вершин V', $|V'|=n$, и V'', $|V''|=m$ соответствуют заказчикам и исполнителям. Множество ребер E соответствует связям между исполнителями и заказчиками. Смысл связей заключается в возможности реализации исполнителями работ, предложенных заказчиками. Каждому ребру из E приписываются веса, которые призваны качественно демонстрировать экономическую целесообразность выполняемых работ, предложенных конкретным заказчиком конкретному исполнителю.

В фиксированный момент времени в работе должен быть задействован каждый исполнитель, причем он может принимать участие в выполнении только одного заказа. Каждый заказчик также может следить за реализацией единственного заказа.

План выполнения работ, предложенных заказчиками исполнителям, в терминах теории графов будет соответствовать паросочетанию, выделенному на двудольном графе G. Напомним, что паросочетание – это несвязный суграф, каждая компонента которого представляет собой ребро.

Необходимость построения экономически обоснованного плана вынуждает обратиться в сферу дискретной многокритериальной оптимизации. Таким образом, ЗН в теоретико-графовой (классической) постановке сводится к поиску на двудольном графе паросочетаний, удовлетворяющих требованиям некоторых критериев.

ЗН в классической постановке, как в однокритериальном, так и в многокритериальном случае тщательно исследована.

С появлением понятия фрактального (предфрактального) графа многие задачи математического программирования, исследуемые аппаратом теории графов, в том числе и ЗН, потребовали серьезной доработки, а нередко и совершенно новых методов для решения этих задач с постановкой на предфрактальных графах [1].

Перейдем к многокритериальной постановке ЗН на предфрактальном графе.

Рассмотрим взвешенный предфрактальный граф $G_L = (V_L, E_L)$ порожденный двудольной затравкой $H = (W', W'', Q)$, у которой $|W'| = |W''| = n/2$, $|Q| = q$.

Покрытием графа G_L будем называть подграф $x = (V_L, E_x) = \{D_k\}$, $E_x \subseteq E_L$, каждая компонента D_k, $k = 1, 2, ..., K$, которого является деревом. Очевидно, что покрытие $x = (V_L, E_x)$ является остовным лесом графа G_L.

Всевозможные покрытия $\{x\}$ предфрактального графа G_L образуют множество допустимых решений $X = X(G_L) = \{x\}$ (МДР).

Качество покрытия x на графе G_L задается векторно-целевой функцией (ВЦФ):

(1) $\mathrm{F}(x) = (F_1(x), F_2(x), F_3(x), F_4(x))$

(2) $F_1(x) = \sum_{e \in E_x} w(e) \to \min$,

где $\sum_{e \in E_x} w(e)$ – общий (суммарный) вес покрытия x;

(3) $F_2(x) = |x| \to \min$,

где $|x|$ – число компонент в покрытии x.

(4) $F_3(x) = \deg D_k \to \min$

для всех $k = \overline{1, K}$, где $\max_{v \in D_k} \deg v = \deg D_k$ – степень компоненты D_k в покрытии x.

(5) $F_4(x) = |D_k| \to \min$

для всех $k = \overline{1, K}$, где $|D_k|$ – число вершин компоненты D_k в покрытии x.

Критерии (2) – (5) ВЦФ (1) имеют конкретную содержательную интерпретацию.

Веса, приписанные ребрам предфрактального графа G_L, призваны отражать “неэффективность” сотрудничества между учреждениями, которым соответствуют вершины – концы ребер. Наладить плодотворное сотрудничество между крупными предприятиями, ввиду их сильной конкуренции, труднее, чем между более мелкими. Поэтому вес ребер с ростом их рангов уменьшается. При такой интерпретации весов, приписанных ребрам предфрактального графа, целесообразно искать покрытие с наименьшим весом. Именно, это и сформулировано в первом критерии (2) ВЦФ (1).

Число компонент $|x|$ в покрытии x соответствует числу частей, на которые разделен основной проект. Чем менее раздроблен основной проект при его реализации, тем эффективнее процесс объединения и обобщения результатов на завершающем этапе выполнения этого проекта. Поэтому второй критерий (3) ВЦФ (1) направлен на уменьшение числа компонент в покрытии.

Некоторые учреждения при распределении работ (частей основного проекта) могут одновременно сотрудничать с несколькими предприятиями. В покрытии x степени вершин компонент D_k будут указывать на число учреждений, сотрудничающих с учреждением, соответствующему данной вершине. Учреждения в таком широком сотрудничестве выступает и качестве заказчиков, и в качестве исполнителей заказов. Как известно, чрезмерная загрузка предприятия, преобладающая над его производственными возможностями, сильно ухудшает качество предлагаемых услуг и производимых изделий. Критерий (4) ВЦФ (1) стремиться уменьшить максимальную среди степеней вершин каждой компоненты D_k покрытия x, что обосновывается целесообразностью уменьшения количества сотрудничающих учреждений.

Вершины, соответствующие учреждениям и предприятиям, имеющим тесные взаимоотношения, образуют компоненты D_k покрытия x. Увеличение количества взаимосвязанных учреждений и предприятий, работающих над одним заказом (частью основного проекта), понижает эффективность выполняемой работы. Число вершин (или ребер, на дереве число вершин отличается от числа ребер ровно на единицу), входящих в компоненты D_k покрытия x уменьшаются до возможного минимума критерием (5) ВЦФ (1), что позволяет предполагать достижения эффективного сотрудничества между учреждениями, соответствующие вершины которых на предфрактальном графе G_L объединены в компоненты D_k покрытия x.

Литература

1. КОЧКАРОВ А.М. *Распознавание фрактальных графов. Алгоритмический подход*. – Нижний Архыз: РАН САО, 1998.
2. КОЧКАРОВ Р.А. *Управление реализацией, формализация и мониторинг целевых программ*. Известия ТРТУ. Тематический выпуск “Перспективные системы и задачи управления”. – Таганрог: ТРТУ, 2006. – № 3. – С. 127–132.
3. КОЧКАРОВ Р.А. *Целевые программы в современных рыночных условиях*. Модели экономических систем и информационные технологии: Сборник научных трудов / Под ред. О.В. Голосова. – М.: Финансовая академия при Пр. РФ, 2005. – Вып. XIV. – С. 82–97.
4. КОЧКАРОВ Р.А., КОЧКАРОВ А.А. *Параллельный алгоритм определения направлений объектов инвестирования. Актуальные проблемы математического моделирования в финансово-экономической области*: Сборник научных статей / Отв. ред. И.Н. Дрогобыцкий. – М.: Финансовая академия при Пр. РФ, 2004. – Вып. 5. – С. 19–27.