

ОБ ОДНОЙ БИБЛИОТЕКЕ ПОДПРОГРАММ СТАТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИИ К ОПТИМАЛЬНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПРОЕКТОМ

Р.Б. Голубцов, Е.А. Кожевников

Кафедра экономики и управления в отраслях, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, пр. Октября, 48, Гомель, 246746, БЕЛАРУСЬ, тел.: (0232) 49-62-50, факс: (0232) 47-91-65, root@ggtu.belpak.gomel.by

При разработке любого инвестиционного проекта часто возникает вопрос, связанный с оценкой оптимальности параметров проекта. Если такая оценка не проводится, то принимаемые решения по инвестированию в результате прединвестиционных исследований, как правило, не гарантируют, что все производственно-финансовые факторы проекта примут оптимальные значения. Оптимальность здесь понимается в смысле наибольшего выпуска продукции (работ, услуг), наименьших затрат на изготовление единицы продукции, а также получения наибольшей прибыли от финансово-хозяйственной деятельности.

Как показывает практика, на большинстве предприятий Гомельского региона при разработке инвестиционных проектов такая оценка или не проводится вовсе, или проводится на основе простых линейных моделей. Линейные модели очень сильно искажают экономическую сущность инвестирования и не дают точного результата. Как правило, инвестиционные решения принимаются по результатам оценки эффективности проекта, а линейная оптимизация имеет лишь теоретическое значение.

Инвестиционный проект представляет собой некоторый динамический процесс движения инвестированного капитала, который изменяется во времени дискретно – по периодам его реализации. В практике инвестиционной деятельности за единицу времени реализации проекта обычно принимают один год. Изменение финансовых средств в процессе производства и реализации продукции, выполнения работ и оказания услуг, а также в результате ведения финансовой деятельности, имеет нелинейный вид.

Инвестиционным проектом можно управлять, точнее можно управлять капиталом, который совершает кругооборот в процессе реализации проекта. Однако это управление должно осуществляться на прединвестиционной стадии с тем, чтобы выработать оптимальные пропорции распределения финансовых средств, а также оптимальную политику управления. Эта по-

литика управления должна осуществляться непосредственно на инвестиционной стадии реализации проекта. Она заключается в придании определенных (оптимальных) значений компонентам проекта – его фазовым координатам и управляющим параметрам. Они могут иметь различную экономическую трактовку, которая зависит от выбранной модели проекта. Фазовые координаты однозначно определяют состояние инвестированного капитала в фиксированный период времени, а управляющие параметры задают направление и интенсивность движения этого капитала.

Математические методы оптимального управления требуют, чтобы модель инвестиционного проекта содержала уравнения движения капитала, критерий качества и его начальное состояние.

Уравнения движения (обыкновенные дифференциальные в непрерывном или конечно-разностные в дискретном представлении) описывают процесс движения финансовых средств. Они представляют собой систему от фазовых координат и управляющих параметров; в качестве независимой переменной может также входить время. Критерий качества проекта есть функционал, который должен достигать экстремума. За такой критерий можно принять какой-либо обобщающий показатель эффективности инвестиционного проекта, например чистый дисконтированный доход (наиболее подходящий вариант). Начальное состояние капитала – это фиксированные значения его фазовых координат в начальный период реализации проекта. Модель проекта может также содержать определенные условия (ограничения), накладываемые на фазовые координаты и/или управляющие параметры.

Задача оптимального управления заключается в определении таких значений фазовых координат и управляющих параметров, которые доставляли бы показателю качества экстремальное значение, удовлетворяя при этом всем необходимым ограничениям.

Для решения задачи оптимизации инвестиционного проекта могут применяться два подхода: динамическое программирование и принцип максимума Понтрягина. Метод динамического программирования принадлежит Р. Беллману (Richard Bellman) и группе возглавляемых им математиков. Он достаточно трудоемок и требует решения уравнения Беллмана – дифференциального уравнения в частных производных. Принцип же максимума, сформулированный Л. С. Понтрягиным в виде гипотезы и в дальнейшем полностью доказанный его сотрудниками, значительно лучше приспособлен для решения различных задач оптимального управления, чем метод динамического программирования. В этом случае необходимо решить систему обыкновенных дифференциальных уравнений, что гораздо проще решения уравнения Беллмана.

Выше говорилось о методах получения аналитического решения непрерывной задачи (все это с небольшими уточнениями справедливо и для дискретной задачи). В некоторых случаях удастся получить аналитическое решение, например, если динамическая система описывается линейными уравнениями, некоторые или все ограничения линейны, а также, если задача имеет малую размерность (3-5 переменных). Но, как правило, реальные производственные задачи состоят из большого числа переменных, а движение объекта в них описывается сложными нелинейными уравнениями при нелинейных же ограничениях. И получение их аналитического решения весьма затруднительно. Здесь уже необходимо применять численные методы решения, которых в настоящее время имеется достаточное количество для того, чтобы справиться с большинством типовых задач.

Численные методы решения задач оптимизации представляют собой алгоритмы, которые, как правило, подвергаются непосредственному программированию на языках высокого уровня для того, чтобы их можно было использовать на ЭВМ. Сейчас существует большое количество пакетов прикладных программ и библиотек подпрограмм, реализующих численные алгоритмы оптимизации. Они позволяют решать сложные оптимизационные задачи различного характера и охватывают широкий круг математических методов от линейного программирования до нелинейных стохастических стратегий. В этой связи хотелось бы остановиться на одной интересной библиотеке математических подпрограмм, состоящей из процедур и функ-

ций по нескольким разделам вычислительной математики, включая и оптимизацию.

Библиотека, о которой пойдет речь, носит название The Microsoft IMSL Math Library. Она была создана фирмой Visual Numerics, Inc. совместно с корпорацией Microsoft. Это коммерческий продукт, который поставляется в составе системы программирования Microsoft Fortran PowerStation, и только с ее профессиональной версией. Данная система программирования предназначена для инженеров и научных работников, занимающихся численным решением различных задач. Ее цель – помочь исследователю разрешить такую проблему, с которой не справляются математические пакеты типа Wolfram Mathematica или MathSoft Mathcad. Основным рабочим языком программирования в системе Fortran PowerStation является Фортран-90, но также можно использовать и Фортран-77. Хотя сама библиотека IMSL написана на Фортране-77, существует возможность разрабатывать программы и на языках Си/Си++ с применением ее подпрограмм. Все подпрограммы библиотеки доступны в двух реализациях по точности вычислений: одинарной и двойной.

В библиотеке содержатся подпрограммы по следующим разделам вычислительной математики:

- системы линейных уравнений;
- задачи на собственные значения;
- интерполяция и аппроксимация;
- интегрирование и дифференцирование;
- дифференциальные уравнения;
- интегральные преобразования;
- нелинейные уравнения;
- оптимизация;
- основные векторно-матричные операции;
- специальные функции.

Как видно из вышеприведенного списка, в библиотеке IMSL имеется достаточно средств для решения задач практически любого характера. Но для решения экономических задач, связанных с оптимальным распределением различных ресурсов, нет надобности обращаться к столь мощному арсеналу, кроме, пожалуй, оптимизационных алгоритмов. Рассмотрение подпрограмм этого раздела, а также анализ их применения к решению задачи оптимального управления инвестиционным проектом и составляет дальнейшее содержание настоящей статьи.

Раздел «Оптимизация» библиотеки IMSL содержит несколько подразделов:

- безусловная минимизация;
- одномерная целевая функция;
- многомерная целевая функция;
- задача о нелинейных наименьших квадратах;
- минимизация при простых ограничениях;
- условная минимизация;
- минимизация при линейных ограничениях;
- минимизация при нелинейных ограничениях;
- служебные подпрограммы.

В подраздел «Безусловная минимизация» входят подпрограммы, реализующие алгоритмы минимизации без ограничений, а в подраздел «Условная минимизация» – при наличии ограничений. Подраздел «Служебные подпрограммы» содержит процедуры приближения конечноразностных градиентов, гессианов, якобианов, а также проверки этих специальных векторов и матриц, заданных аналитически. Сюда же входит и процедура генерации начальных точек в n -мерном евклидовом пространстве для поиска различных экстремумов.

Секция «Одномерная целевая функция» содержит следующие подпрограммы:

- `um1if` – поиск точки минимума сглаженной функции одной переменной, используя только вычисления функции;
- `um1id` – поиск точки минимума сглаженной функции одной переменной, используя вычисления функции и ее первой производной;
- `um1gs` – поиск точки минимума несглаженной функции одной переменной.

Секция «Многомерная целевая функция» содержит такие подпрограммы:

- `uminf` – минимизация функции n переменных, используя квазиньютоновский метод и конечноразностный градиент;
- `umidh` – минимизация функции n переменных, используя модифицированный метод Ньютона и конечноразностный гессиан;
- `umscgf` – минимизация функции n переменных, используя алгоритм сопряженного градиента и конечноразностный градиент;
- `umprol` – минимизация функции n переменных, используя алгоритм прямого поиска по многограннику.

Секция «Задача о нелинейных наименьших квадратах» содержит лишь одну процедуру – `unlsf` – решение задачи о нелинейных наименьших квадратах, используя модифицированный алгоритм Левенберга-Маркуардта и конечноразностный якобиан.

В секцию «Минимизация при простых ограничениях» входят 4 процедуры:

- `bconf` – минимизация функции n переменных при ограничениях на переменные, используя квазиньютоновский метод и конечноразностный градиент;
- `bcodh` – минимизация функции n переменных при ограничениях на переменные, используя модифицированный метод Ньютона и конечноразностный гессиан;
- `bcpol` – минимизация функции n переменных при ограничениях на переменные, используя комплексный алгоритм прямого поиска;
- `bclsf` – решение задачи о нелинейных наименьших квадратах при ограничениях на переменные, используя модифицированный алгоритм Левенберга-Маркуардта и конечноразностный якобиан.

Следует обратить внимание на секцию «Минимизация при линейных ограничениях». В ней содержатся подпрограммы, достаточно широко применяемые в экономике, в частности при решении задач линейного и квадратичного программирования:

- `dlprs` – решение задачи линейного программирования модифицированным симплекс-методом;
- `qrqog` – решение задачи квадратичного программирования при линейных ограничениях-равенствах и/или неравенствах;
- `lconf` – минимизация общей целевой функции при линейных ограничениях-равенствах и/или неравенствах.

Последняя секция «Минимизация при нелинейных ограничениях» содержит одну процедуру – `pnconf`. Она предназначена для решения общей задачи нелинейного программирования и использует алгоритм квадратичного программирования последовательного улучшения плана и конечноразностный градиент.

Процедуры, в которых для поиска экстремума используются конечноразностные варианты градиентов, гессианов и якобианов, продублированы в несколько измененном виде. В их алгоритмах используются градиенты, гессианы и якобианы, заданные аналитически.

Т. о., раздел «Оптимизация» математической библиотеки IMSL содержит 34 подпрограммы, из которых 25 являются основными алгоритмами оптимизации, а 9 – служебными процедурами.

Прежде чем перейти к рассмотрению способов практического применения подпрограмм оптимизации, необходимо сформулировать постановку задачи, о которой говорилось в начале статьи. Задача заключается в оптимальном

нелинейного программирования, которая заключается в максимизации некоторого функционала (чистого дисконтированного дохода), зависящего только от управлений. Статическая оптимизация здесь осуществляется последовательно на каждом временном интервале.

В этой связи необходимо отметить, что оптимизационные подпрограммы математической библиотеки IMSL реализуют алгоритмы именно статической оптимизации, что позволяет применить их к решению только что сформулированной задачи.

Для поиска максимума целевой функции в период времени t можно воспользоваться процедурой `bconf`. Она содержит 12 параметров (аргументов) и имеет следующий формат вызова из программы, написанной на языке Фортран-77 (Фортран-90):

```
call bconf(fcn, n, xguess, &
          ibtype, xlb, xub, &
          xscale, fscale, &
          iparam, rparam, x, &
          fvalue)
```

Первый параметр подпрограммы `bconf` представляет собой внешнюю (external) процедуру `fcn`, которая содержит аналитическое выражение целевой функции. Параметры `n`, `ibtype`, `iparam` имеют целый тип, остальные параметры имеют вещественный тип. Среди всех аргументов, естественно кроме первого, четыре – это скаляры: `n`, `ibtype`, `fscale`, `fvalue`, остальные – векторы.

Данная процедура, также как и все остальные, ведет поиск минимума целевой функции, поэтому для поиска максимума, при написании программы, необходимо умножить выражение функции цели на -1 . То же самое нужно проделать и с ограничениями на независимые переменные. Процедура, по желанию программиста, может после завершения своей работы выдавать следующую информацию (вектор `iparam`):

- количество итераций;
- количество вычислений целевой функции;
- количество вычислений градиента целевой функции.

Если процесс поиска оптимального решения заканчивается неудачей, то подпрограмма `bconf` выдает сообщение об ошибке и указывает возможную причину ее возникновения. В случае же успешного поиска подпрограмма заносит значения переменных, по которым производился поиск экстремума, в вектор `x`, а значение функции цели, вычисленное в точке экстремума – в скаляр `fvalue`.

Подводя итог можно отметить, что активное использование подпрограмм оптимизации библиотеки IMSL позволяет эффективно решать сложные задачи, связанные с оптимальным управлением инвестиционным проектом. Получаемая при этом точность вычислений более чем достаточна для уверенного принятия прогрессивных инвестиционных решений.

РАЗРАБОТКА СРЕДЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ МЕРОПРИЯТИЙ

А.С. Валюк, Д.А. Навицкий, В.К. Томкевич

Белорусский государственный экономический университет, Партизанский пр., 26, Минск, 220672, БЕЛАРУСЬ, avaluk@yahoo.com, navitskyd@yandex.ru, tomkevich@yahoo.com

АННОТАЦИЯ

Предложен новый подход к осуществлению и реализации проектов. Под проектом будем понимать процесс организации и проведения мероприятия. Суть подхода заключается в организации активной электронной поддержки проекта с целью повышения эффективности его проведения. Разработан и внедрен комплекс программных модулей, обеспечивающих такую поддержку <http://icinaste.unibel.by/>.

1. ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных информационных технологий обуславливает новые подходы в области обмена, хранения и преобразования информации. Они помогают создавать и распространять знания и информацию в организацию через новые системы работы знания, приложения, обеспечивающие компаниям доступ к данным, и системам коммуникаций, связывающим разветвленное предприятие по всему миру. Практическое