

МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОЕКТОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

О. И. ЛАРИЧЕВ

(Москва)

Рассматривается проблема определения общей ценности проектов исследований и разработок при учете их оценок по многим критериям. Предложен метод решения проблемы, относящийся к человеко-машинным процедурам принятия решений.

Проблема выбора проектов

Одна из основных проблем планирования прикладных исследований и разработок (ИР) заключается в следующем. Имеется множество проектов проведения тех или иных ИР, причем ограниченные ресурсы (средства, кадры) позволяют выполнить лишь часть из них. Необходимо выделить лучшие из указанного множества проектов ИР.

Сформулированная проблема может быть решена непосредственно руководителем организации, осуществляющей планирование ИР, путем рассмотрения всех проектов и сравнения их между собой на основе опыта и интуиции. Однако легко представить себе ситуацию, когда число проектов ИР велико и сами эти проекты достаточно разнообразны по содержанию, что весьма затрудняет их интуитивную оценку одним человеком.

Конечно, имеется возможность выделить группу экспертов (специалистов по различным направлениям) и поставить перед ними задачу сравнения проектов ИР. Но у каждого эксперта своя мера качества проектов ИР, свое представление об их перспективности, причем эти представления отличаются в общем случае от мнения лица, принимающего решения.

Выход состоит в построении формализованных процедур оценки проектов ИР, где сами принципы оценивания сформулированы с учетом предпочтений лица, принимающего решения, а от экспертов требуются не общие оценки проектов ИР, а их различные характеристики.

В последние годы появилось большое число работ, посвященных формализованным методом планирования ИР (см., например, [1—6]). Разработка и применение формализованных методов направлены на упорядочение процесса планирования. Формализация позволяет поднять качество планирования за счет привлечения внимания к его важным этапам, четкого определения многих интуитивных допущений и предположений, использования лучших методик системного анализа и принятия решений.

Каждый проект ИР характеризуется, как правило, различными качествами. Понятие «лучший проект» не совпадает с понятием «самый дешевый проект» (исходя из затрат на него) либо с понятием «самый перспективный по применимости результатов». Необходимо учесть все существенные критерии, характеризующие проекты ИР. В общем случае эти критерии могут быть разбиты на ряд групп, как, например, критерии, характеризующие затраты на проект ИР; критерии, характеризующие

ожидаемые результаты при выполнении этих проектов; критерии, определяющие вероятность выполнения работы в срок, и т. д.

После того как совокупность критериев определена, можно привлечь экспертов для нахождения оценок каждого проекта по каждому из критериев. Отметим, что для обеспечения возможности сравнения проектов ИР они должны быть примерно одного уровня агрегации. (Вопрос о переходе от более крупных проектов к проектам одного уровня агрегации, рассчитанным на один срок, рассматривался в [6].)

Итак, выделение критериев и использование экспертных оценок позволяет получить перечень проектов ИР, каждый из которых имеет оценки по многим критериям. Проблема состоит в переходе к полному упорядочению проектов по их общей ценности (полезности), к построению единой классификации, что позволяет далее решать задачу распределения ресурсов.

Особенности рассматриваемой проблемы

Сформулированная выше проблема является одной из проблем теории принятия решений. Однако проблема классификации проектов ИР имеет ряд существенных особенностей.

Прежде всего, многие критерии субъективны и постановка оценок по ним целиком основана на интуиции. Непрерывная шкала оценок по таким критериям не имеет смысла, реальны лишь дискретные оценки. Их число должно быть невелико, что обеспечивает различимость между ними для лица, предоставляющего оценки. Каждая оценка должна быть четко сформулирована, чтобы исключить возможность ее неоднозначного толкования [6, 7].

Наличие шкал с дискретными оценками позволяет дать следующее геометрическое представление проблемы. Рассмотрим n -мерное пространство критериев (n — число критериев). На каждой оси расположено несколько точек (возможные оценки). Проведя через каждую из этих точек плоскости, перпендикулярные оси, получим прямоугольную решетку, каждый узел которой соответствует определенному сочетанию оценок по критериям. Проблема состоит в том, чтобы поставить в соответствие каждому узлу решетки определенное значение функции ценности (или полезности) проекта ИР, после чего задача упорядочения проектов решается очевидным образом. Цель данной статьи состоит в рассмотрении одного из возможных путей решения данной проблемы.

Различные подходы к решению проблемы

Элементами большинства задач принятия решений являются две стороны, участвующие в решении: лицо, принимающее решение (ЛПР), и исследователь. Лицо, принимающее решение, формулирует задачу, дает основную информацию, а также использует результаты решения задачи. Исследователь выбирает или разрабатывает способ решения, соответствующий задаче и имеющейся информации, и осуществляет решение.

В большинстве случаев решение задачи осуществляется следующим образом. Получив задание от ЛПР, исследователь изучает планирующую организацию и внешнюю среду с целью получения математической модели [2, 7—9], позволяющей определить единую количественную оценку полезности проекта ИР на основе оценок по многим критериям (иначе говоря, произвести агрегацию оценок).

При субъективных критериях и дискретных оценках содержательная модель может быть построена только на основе интуитивных предположений и предпочтений. Действительно, существует лишь интуитивное представление о степени учета оценок по отдельным критериям в общей

оценке; эту степень нельзя определить с помощью беспристрастных объективных расчетов.

В связи с этим можно предложить иную процедуру решения проблемы, в основе которой лежит специальным образом построенный опрос ЛПР, позволяющий выявить его предпочтения. Эти предпочтения отражают как политику ЛПР (преимущественный учет тех или иных факторов), так и его личные характеристики (например, склонность к риску либо осторожность). Процесс агрегации оценок состоит в выявлении и учете предпочтений ЛПР, что позволяет определить значения функции полезности для каждого сочетания оценок по критериям (т. е. для каждого узла описанной выше пространственной решетки).

Основное преимущество новой процедуры заключается в привлечении к процессу агрегации лица, принимающего решения (конечно, процедура применима в тех случаях, когда такое привлечение возможно). Отметим, что полученный при этом метод принятия решений относится к человеко-машинным процедурам.

Приведенное выше геометрическое представление проблемы использовалось в работах [4, 6]. В [6] для оценки проектов ИР используется таблица нелинейной полезности, определяющая значение полезности для каждого узла пространственной решетки. Однако в [6] не даются процедуры построения этой таблицы, а лишь приводится часть правил, которым она удовлетворяет. Это объясняется особенностью задачи, рассматриваемой в [6], где исследователь обладал информацией лица, принимающего решения. В этой ситуации таблица полезности может быть дана на основе интуитивных представлений.

В общем случае задача разработки методики определения численных полезностей на основе информации ЛПР является задачей разработки процедуры, определяющей последовательность и содержание вопросов к ЛПР.

Метод решения

При учете субъективности шкал и небольшом числе оценок на каждой из них можно предположить, что результирующая числовая оценка полезности должна быть также приближенной. Введем понятие класса качества (или класса полезности) объекта, где номер класса обозначается целым числом от 1 и выше. Будем считать, что объект имеет 1-й класс по качеству, если он имеет наивысшие оценки по всем критериям (т. е. его оценки соответствуют началу координат в пространстве критериев).

Примем для дальнейшего, что при переходе от лучших к худшим оценкам по любому из критериев качество объекта понижается (номер класса качества возрастает). Пусть по всем критериям, кроме одного, объект имеет наилучшие оценки, а по одному критерию оценки понижаются, проходя последовательно все возможные дискретные значения вдоль соответствующей шкалы. Предположим, что как-то удалось определить классы качества, соответствующие дискретным оценкам вдоль этой шкалы. Назовем совокупность номеров классов, проставленных вдоль одной из осей пространства критериев, базовой строкой. Разность в классах между последней и первой оценками вдоль оси назовем длиной базовой строки, а расстояние в классах между двумя соседними оценками — длиной интервала. Очевидно, что при n критериях оценки имеется n базовых строк.

Рассмотрим случай, когда по двум критериям возможны любые сочетания оценок, а по остальным критериям оценки имеют наивысшее значение. Номера классов объектов с указанными сочетаниями оценок могут быть даны в таблице (см., например, таблицу), где первая строка и первый столбец представляют собой базовые строки для соответствующих критериев. Аналогичные таблицы могут быть построены при произволь-

ных сочетаниях оценок

1	3	5	7
2	4	6	8
4	6	8	10
6	8	10	12

прочих $n - 2$ критериев. Число таких таблиц равно k , где

$$k = \prod_{j=3}^n x_j, \quad (1)$$

x_j — число оценок по j -му критерию.

Задача получения номеров классов в таблицах представляет собой задачу о последовательности получения информации от лица, принимающего решения, о вопросах, которые следует ставить этому лицу. Решение этой задачи зависит от априорного представления о том, какие вопросы трудны или легки для ЛПР.

Сформулируем следующее предположение о возможностях ЛПР.

В общем виде для лица, принимающего решения, задача сравнения двух объектов с различными оценками по λ критериям является более простой, чем задача сравнения объектов с различными оценками по $\lambda + 1$ критерию.

Сформулированное предположение основано на представлении о том, что способность человека одновременно учитывать несколько факторов падает с увеличением числа факторов.

Основываясь на этом предположении, можно предложить следующий способ решения задачи:

- 1) определение классов качества для базовых строк,
- 2) построение таблиц классификации (типа приведенной таблицы) при использовании уже построенных базовых строк.

Построение базовых строк осуществляется следующим образом. Исследователь ставит лицу, принимающему решения, вопросы о соотношениях различных интервалов. Вопросы ставятся в порядке нарастания трудности, т. е. согласно предположению о возможностях ЛПР: первоначально сравниваются интервалы вдоль отдельно взятых базовых строк. Затем базовые строки рассматриваются попарно (1—2, 2—3 и т. д.), причем легкость сравнения интервалов или длин различных базовых строк зависит от конкретного случая. Для каждой пары интервалов первоначально ставится вопрос о соотношении их величин (типа неравенства), а затем о численном соотношении этих величин. Желаемая цель состоит в получении численных отношений для любых двух интервалов любых базовых строк. Отметим, что при этом сами интервалы определены с точностью до постоянного параметра.

Для построения таблиц классификации необходимо рассмотреть вопрос о связи критериев.

Введем следующее определение независимости критериев: два критерия независимы тогда и только тогда, когда падение качества объекта (увеличение номера класса) при понижении оценок по одному критерию не зависит от оценки по другому критерию.

При независимости критериев вопрос о построении таблицы классификации решается просто. Результирующий класс объекта с оценками $(a_1, a_2, \dots, a_n)$, где a_j — оценка по j -му критерию, равен:

$$\Phi = 1 + \sum_{i=1}^n \Delta f_i, \quad (2)$$

где Δf_i — падение качества в классах вдоль i -й базовой строки между наилучшей и фактической оценкой данного объекта по i -му критерию.

В случае зависимости критериев построение таблицы классификации значительно усложняется. Определим два основных вида зависимости критериев:

а) «согласованные» критерии — при совместном понижении оценок по критериям появляется дополнительное падение качества по сравнению со случаем независимости;

б) «противоречивые» критерии — при одинаковых оценках по критериям (хорошие, средние или плохие оценки одновременно) падение качества уменьшается (по сравнению со случаем независимости).

Примерами согласованных критериев могут быть критерии «область применимости ожидаемых результатов проекта ИР» и «научное значение результатов проекта ИР». Примерами противоречивых критериев могут быть критерии «значение проекта ИР для лаборатории» и «значение проекта ИР для организации в целом».

Степень зависимости критериев определяется при ответах ЛПР о степени увеличения (или уменьшения) тех или иных интервалов в таблице классификации по сравнению со случаем независимости.

Можно предложить следующую последовательность этапов построения классификации для случая зависимых критериев:

построить классификации для всех возможных пар критериев, предполагая каждый раз по всем критериям, кроме данных двух, наивысшие оценки;

построить классификации для всех возможных троек критериев, предполагая каждый раз по всем критериям, кроме данных трех, наивысшие оценки;

процесс продолжать до построения n -мерной классификации.

Преимущество данного процесса заключается в том, что на каждом этапе используются полученные ранее результаты предыдущего этапа.

Из описанного выше способа построения базовых строк и таблиц классификации следуют две проблемы:

1) Как продолжать построение классификации, если ЛПР не может дать ответа на какой-либо вопрос?

2) Базовые строки и, следовательно, таблица классификации определены с точностью до постоянного параметра. Каким следует взять значение этого параметра?

Принцип нейтральности

Возможны случаи, когда ЛПР не может дать ответ на какой-либо из вопросов исследователя. Тем не менее, построение классификации должно быть продолжено и доведено до конца по ряду соображений. Во-первых, есть необходимость получить решение задачи, хотя бы и приближенное. Во-вторых, возможно, что на дальнейших этапах решения ответ на данный вопрос может быть определен по ответам на другие вопросы. Отметим, что во многих случаях в ходе диалогов с исследователем ЛПР может более четко сформулировать свои интуитивные соображения, что ведет к «заострению» интуиции. В связи с этим есть возможность после ряда диалогов, после рассмотрения первых вариантов классификации получить ответы на вопросы, которые были трудны для ЛПР в начале работы.

С учетом изложенного рассмотрим случай, когда для построения классификации исследователь должен выбрать ответ на вопрос, трудный для ЛПР. Существует ряд вариантов ответа. Как осуществить выбор одного из них?

Описанная ситуация соответствует ситуации принятия решений при неопределенности. Обозначим через $A_1, A_2, \dots, A_k$ варианты ответа на рассматриваемый вопрос (например, для вопроса о величине интервала l_1 при $l_1 < l_2$ вариантами ответа могут быть $l_1 = 1, 2, 3, \dots, l_2 - 1$). Далее можно определить расстояние между вариантами так, что чем ближе

в последовательности варианты $A_1, A_2, \dots, A_k$, тем меньше расстояние между ними. В рассматриваемой ситуации $p_{A_1} = p_{A_2} = \dots = p_{A_k}$, т. е. истинный, соответствующий реальной ситуации вариант ответа может с равной вероятностью совпадать с $A_1, A_2, \dots, A_k$. Логично принять, что при выборе варианта ответа потери пропорциональны расстоянию от выбранного варианта до неизвестного истинного.

Подход исследователя к выбору варианта ответа за лицо, принимающее решения, должен быть максимально осторожным. Желание свести к минимуму возможные наибольшие потери приводит в данном случае к выбору минимаксного критерия.

При переходе от первоначальной информации к информации, необходимой для построения классификации, возможны два типа вопросов к лицу, принимающему решения. Первый тип вопросов — это сравнение величин каких-либо двух интервалов (например, l_1 и l_2), второй — определение численного отношения интервалов при известном превосходстве одного из них над другим. При отсутствии ответа лица, принимающего решения на какой-либо из данных типов вопросов, минимаксный подход позволяет получить следующие рекомендации:

1) при неизвестном соотношении между l_1 и l_2 следует выбрать вариант $l_1 = l_2$,

2) при неизвестном численном отношении l_1 и l_2 (пусть $l_1 > l_2$) следует выбрать вариант $l_1 = 2l_2$ (действительно, все возможные значения l_2 располагаются между минимальным, равным 1, и максимальным, равным $l_1 - 1$).

Отметим, что с психологической точки зрения предложенный подход можно определить как стремление исследователя избежать внесения собственных предпочтений и предположений в классификацию. В связи с этим правило выбора варианта ответа ЛПР может быть названо принципом нейтральности [10].

Проблема неизвестного параметра

Использование описанной выше процедуры построения классификации и принципа нейтральности позволяет во всех случаях получить численные соотношения между различными интервалами (в классах) между оценками в таблицах классификации. Однако все интервалы определены при этом с точностью до постоянного множителя (постоянного параметра).

При принятии решений на основе построенной классификации требуется, как правило, выделить группу лучших проектов ИР, группу «вторых» по ценности проектов и так далее. При решении этой задачи основную роль играют относительные расстояния (в классах) между объектами с определенными сочетаниями оценок по критериям, а не абсолютные.

Если каждому сочетанию оценок критериев соответствует номер класса в таблице, представляемый как постоянное число, умноженное на неизвестный параметр, то при любом значении параметра имеется одинаковая ситуация при принятии решений.

Случаи, когда номера классов в таблице более сложным образом зависят от неизвестного параметра, требуют особого рассмотрения. В [6] введено дополнительное условие, которое можно использовать при определении неизвестного параметра: номера классов объектов с «хорошими» сочетаниями оценок не должны превышать заданного числа.

Заключение

Предлагаемый метод был опробован на практических задачах планирования проектов ИР. На практике процесс применения метода имеет итеративный характер: после построения первого варианта классификации

следует обсуждение, в ходе которого возможно выявление дополнительных оценок на шкалах, дополнительных критериев, после чего следует построение следующего варианта и т. д. Метод позволил получить классификации проектов, согласующиеся с интуицией лиц, принимающих решения.

Автор благодарит П. Бертье и Б. Руа (фирма SEMA, Франция) за ценные замечания при обсуждении работы.

Поступила в редакцию
13 июля 1971 г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Янч Э. Прогнозирование научно-технического прогресса. «Прогресс», 1970.
2. Cetron M. J., Martino J., Roepcke L. The selection of R and D program content-survey of quantitative methods, IEEE Trans. Engng Manag., v. EM-14, No. 1, March, 1967.
3. Sigford J. V., Parvin R. H. Project PATTERN: a methodology for determining relevance in complex decision-making. IEEE Trans. Engng Manag., v. EM-12, No. 1, March, 1965.
4. De L'Estoile H. La programmation de la recherche appliquee. Le progres scientifique, No. 118, 1968.
5. Cetron M. J. Quest Status Report. IEEE Trans. Engng Manag., v. EM-14, No. 1, March, 1967.
6. Le Boulanger H., Roy B. L'entreprise face a la selection et a l'orientation des projets de recherche: la methodologie en usage dans le groupe. SEMA METRA, v. VII, No. 4, 1968.
7. Dean B. V., Roepcke L. A. Cost Effectiveness in R. D. Organizational Resource Allocation. IEEE Trans. Engng Manag., v. EM-16, No. 4, 1969.
8. Terry H. Comparative evaluation of performance using multiple criteria. Manag. Sci., v. 39, No. 3, 1963.
9. Moore J., Baker N. R. Computational analysis of scoring models for R and D project selection. Manag. Sci., v. 16, No. 4, Dec., 1969.
10. Larichev O. Quelques aspects des problemes lies a la methode des desclassissements compares. SEMA, Note de travail, No. 118, Mai, 1970.

A METHOD TO ESTIMATE R&D PROJECTS

O. I. LARICHEV

The paper is concerned with estimating the overall value of R&D projects by many criteria. The solution method proposed belongs to man — machine decision making procedures.
