

*Ю. В. Чуев, О. И. Ларичев, Ю. А. Зуев,
Л. С. Гнедснко, И. П. Тихонов*

ЧЕЛОВЕКО-МАШИННАЯ ПРОЦЕДУРА ПЛАНИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Введение

Развитие вычислительной техники сделало возможным решение многих трудоемких и масштабных задач сбора и переработки информации. С другой стороны, опыт использования ЭВМ в управлении показал, что эффективность применения в сильной степени зависит от качества разработки процедур решения проблем, где ЭВМ отведена определенная роль. В настоящей статье излагается опыт применения специального метода и процедуры принятия решений, использующей ЭВМ в качестве средства обработки и хранения больших объемов информации.

1. Системы оценки предложений

Одними из самых распространенных на практике систем перспективного планирования научных исследований и разработок (НИР) являются организационные системы сбора и оценки предложений. Эти системы характеризуются следующими особенностями. Имеется плановый орган, куда поступают предложения о проведении НИР. Эти предложения могут представлять собой заказы, поступающие от организаций, заинтересованных в результатах НИР. Они могут быть также инициативными предложениями предполагаемых исполнителей НИР. Плановый орган обладает полномочиями по включению той или иной темы проведения НИР в план подчиненной ему организации. Задача планового органа состоит в выборе наилучшей совокупности предложений по проведению НИР, для формирования плана НИР в соответствии с принятой научно-технической политикой.

Организационные системы сбора и оценки предложений получили широкое распространение в министерствах и ведомствах, крупных организациях. Эти системы имеют свои положительные черты.

1. Очень часто эти системы привлекательны для планового органа своей простотой. Если системы программно-целевого планирования требуют от планового органа большой затраты усилий по согласованию целей и средств, по разработке и согласованию эффективных программ, то системы оценки предложений нуждаются лишь в определении предварительных требований к поступающим предложениям.

2. Системы сбора и оценки предложений обладают достаточным демократизмом для исполнителей НИР — они могут предложить НИР, в полной степени учитывающие их возможности и пожелания.

Однако наряду с положительными чертами организационные системы сбора и оценки предложений имеют и недостатки:

1) в своем традиционном виде эти системы часто сильно поддаются давлению либо со стороны заказчиков НИР, либо со стороны потенциальных исполнителей. В результате включения в план случайной совокупности тем НИР фактически отсутствует какая-либо согласованная политика планового органа;

2) на уровне министерства или ведомства число предложений по проведению НИР, как правило, велико. Часто эти требования разнообразны по содержанию и сложны для непосредственной оценки со стороны планового органа. В итоге плановому органу трудно проводить последовательную политику в отборе предложений. Передача права принятия решений экспертам, не отвечающим за последствия выбора, ведет, как правило, к распылению ресурсов.

Как единственное средство преодоления этих недостатков часто предлагается переход к программно-целевому планированию. Однако практика показывает, что это средство — далеко не универсальное. Кроме того, программы (особенно межведомственные) плохо соответствуют существующему порядку распределения ресурсов.

Существуют широкие возможности улучшения систем оценки предложений, возможности их эффективного использования для проведения рациональной и обоснованной научно-технической политики. В настоящее время эти возможности используются явно недостаточно, они просто недооцениваются.

В течение ряда лет сотрудники ВНИИ системных исследований и секции прикладных проблем Президиума АН СССР вели работы по совершенствованию системы оценки предложений, поступающих в институты АН СССР от ряда министерств и ведомств. В результате этой работы была сформирована научно-техническая политика планового органа, разработан специальный метод принятия решений, внедрена си-

стема экспертного оценивания поступающих предложений. Решениями вышестоящих органов новая методика планирования определена как обязательная.

Цель данной статьи состоит в изложении накопленного опыта совершенствования системы оценки предложений по проведению НИР.

2. Разработка научно-технической политики

Как и всякий сложный объект, каждое предложение по проведению НИР характеризуется для планового органа его достоинствами и недостатками.

Научно-техническая политика планового органа в данном случае представляет собой правило принятия решений о той совокупности характеристик предложений по проведению НИР, при которой они могут быть включены в план.

Первым выражением научно-технической политики планового органа является совокупность критериев, характеризующая предложения по проведению НИР. Эти критерии определялись путем изучения директивных документов, известных случаев включения или исключения из плана тем НИР, в ходе обсуждений с сотрудниками плановых органов.

Полученный в итоге перечень критериев со шкалами оценок приведен в таблице 1 Приложения. Они представляют собой описание реальной проблемы выбора при помощи шкал качественных критериев со словесными формулировками градаций качества [1].

Такое описание является одной из характерных черт нового подхода к проблемам принятия решений, изложенного в [2].

Отличительные черты подобного способа описания ситуаций принятия решений состоят в следующем.

С его помощью можно ввести в рассмотрение сложные качественные понятия и таким образом получать полное описание всех факторов, имеющих в реальной жизни отношение к рассматриваемой ситуации.

В формулировках может быть учтена неопределенность, связанная с неполным знанием многих последствий принимаемых решений на момент, когда их необходимо принять. Эти формулировки достаточно гибки для того, чтобы подчеркнуть риск, связанный с выбором некоторых оценок, критериев, формулировкам оценок легко придать прогнозный характер.

Описание ситуаций при помощи качественных критериев представляет собой словесную модель принятия решений. В формулировках оценок отражаются именно те градации качества, которые учитывает плановый орган при принятии решений. По сути дела, они представляют собой также язык обращения планового органа и экспертов, при помощи которого плановый орган спрашивает о том, что он хочет узнать. Формулировки оценок привычны для экспертов: в них используются слова и выражения, характерные для среды, в которую входят как руководители планового органа, так и эксперты. В то же время эти формулировки позволяют экспертам ясно видеть существенные различия между двумя соседними градациями качества. Плановый орган доверяет этому описанию, так как оно сделано на основе его предпочтений.

Предлагаемый способ описания ситуаций принятия решений позволяет значительно повысить достоверность получаемой от экспертов информации. Пристрастность экспертов проявляется в наибольшей степени, когда им предлагается оценить альтернативные варианты решения в целом, позволяя самим определять их сильные и слабые стороны. Если же определены набор критериев и формулировки оценок, то эксперт вынужден рассматривать оцениваемые объекты через призму предпочтений планового варианта. Давая оценку по каждому из критериев, эксперт выбирает одну из нескольких предложенных ему формулировок.

Если даже эксперт пристрастен и хотел бы отклониться от действительной оценки НИР, то его оценки по отдельным критериям легко проверить, да и для самого эксперта при этом возникает опасность попасть в положение «профессионально некомпетентного».

Вторым и весьма существенным выражением научно-технической политики планового органа является решающее правило, в соответствии с которым каждому сочетанию оценок по многим критериям ставится в соответствие определенная оценка. Согласно предложенной в [2] методологии, к способу построения решающего правила предъявляются следующие требования:

1) при построении решающего правила должны использоваться качественные понятия, отраженные в формулировках градаций на шкалах критериев, без каких-либо их преобразований в числовые или бальные шкалы;

2) процедуры получения предпочтений от планового органа (рассматриваемого как одно лицо, принимающее решения — ЛПР) должны предусматривать проверку этих предпочтений на устойчивость и непротиворечивость;

3) эти процедуры должны состоять из таких вопросов, для которых в специально построенных психометрических экспериментах была выявлена возможность получения непротиворечивой информации.

На основе этих требований был разработан метод ЗАПРОС (ЗАмкнутые ПРОцедуры у Опорных Ситуаций) [3].

Метод предназначен для построения квазипорядка на множестве альтернатив. Предполагается, что ЛПР имеет две задачи. Первая из них — выбрать лучшие альтернативы для включения в план. Вторая задача — сравнить как принятые, так и отклоненные предложения с целью получения относительных оценок авторов предложений.

Основные идеи метода ЗАПРОС заключаются в следующем.

В многомерном пространстве критериев каждая точка, соответствующая сочетанию оценок по критериям, представляет для ЛПР определенный образ. Наиболее яркие для ЛПР два образа, возникающие у точек с наилучшими и наихудшими оценками по всем критериям, которые могут быть названы опорными ситуациями.

Была выдвинута гипотеза о том, что при 7—8 критериях (с 2—6 оценками на шкалах) ЛПР может последовательно и непротиворечиво сравнивать объекты, отличающиеся оценками по двум критериям, причем прочие оценки этих объектов принадлежат опорной ситуации. Кроме того, проверялась возможность получения устойчивой и непротиворечивой информации от ЛПР при сравнении им (у опорных ситуаций) понижения ценности на шкале одного критерия при переходе от одной оценки к другой.

Информация, требуемая от ЛПР при сравнениях, имела качественный характер: «лучше», «хуже», «примерно равны». Были разработаны способы проверки этой информации на непротиворечивость путем ее дублирования. Выдвинутые гипотезы прошли успешную проверку как на модельных экспериментах, так и при работе с ЛПР.

Информация, полученная от ЛПР у опорных ситуаций, использовалась для проверки предположения о независимости критериев. Два критерия рассматривались как независимые, если сравнения у двух опорных ситуаций были непротиворечивыми.

Информация, полученная от ЛПР, использовалась для формирования бинарного отношения между любыми двумя альтернативами, позволяющими выявить одно из трех соотношений: превосходства по полезности, эквивалентности или несравнимости. В случае независимости критериев, для определения условий превосходства по полезности использовались все возможные комбинации сравнений с ЛПР у опорных

ситуаций. В случае зависимости критериев использовались лишь условия доминирования.

Для перехода от бинарных отношений к квазипорядку на множестве альтернатив был разработан алгоритм выделения во множестве альтернатив совокупности ядер, упорядоченных по полезности. Каждый объект характеризуется номером ядер, к которым он мог бы принадлежать.

Итак, разработанный метод позволяет получить информацию от ЛПР, проверить ее и упорядочить группы НИР по ценности для ЛПР. Отметим, что для ЛПР требуется лишь привычная для него информация качественного характера.

3. Использование ЭВМ в процессе принятия решений

При практическом применении разработанного подхода ЭВМ использовались как при разработке решающего правила, так и при анализе поступающих заявок по проведению НИР. Для получения информации ЛПР по сравнению у опорных ситуаций понижений качества на шкалах двух критериев была создана человеко-машинная процедура, позволяющая сравнивать информацию ЛПР по данной паре критериев с предыдущей и проверять ее на непротиворечивость. При противоречиях ЛПР противоречивая информация предъявляется ему для повторного рассмотрения. Важно отметить, что разработанная замкнутая процедура обеспечивала увеличение дублирования информации с ростом числа критериев. Процедура была реализована на ЭВМ PDP-11/70. Вопросы к ЛПР, а также опорная информация предъявлялись на экране дисплея.

Непротиворечивая информация у опорных ситуаций использовалась для построения бинарного отношения для любой пары альтернатив (сочетаний оценок критериев). Разработанный алгоритм позволял осуществить перебор сравнения ЛПР у опорных ситуаций с целью проверки доминирования одной альтернативы над другой (по совокупности падений качества) или установления факта их несравнимости. Другой алгоритм обеспечивал построение квазипорядка на множестве альтернатив.

Оценки каждой поступающей альтернативы вводились в ЭВМ по мере их поступления. Разработанное решающее правило позволяло ставить в соответствие каждой альтернативе номер ядра, к которому она принадлежала (ранга). У ряда альтернатив могли быть «размытые» ранги (они принадлежали к одному из нескольких ядер).

Использование совокупности программ позволило обеспечить анализ предложений по проведению НИР по мере их поступления, что существенно увеличивало возможности планового органа.

4. Практическое применение метода

Метод ЗАПРОС был применен для формирования пятилетнего плана работ институтов АН СССР по заявкам министерств и ведомств. Сформулированные выше критерии использовались для получения информации от экспертов.

Все поступающие предложения были разбиты на группы, близкие по тематике. Были определены эксперты, дававшие оценки предложениям по многим критериям. Каждое предложение сначала оценивалось одним экспертом, а затем эти оценки подвергались проверке другим, более авторитетным.

Было разработано решающее правило путем поэтапного выявления предпочтений ЛПР. Для каждого из предложений был определен класс качества. Найденные оценки предложений повлияли на принятие окончательных решений.

На рис. 1 приведены распределения оценок НИР по шкалам критериев, на рис. 2 — упорядочение групп тем НИР по их общей ценности для планового органа.

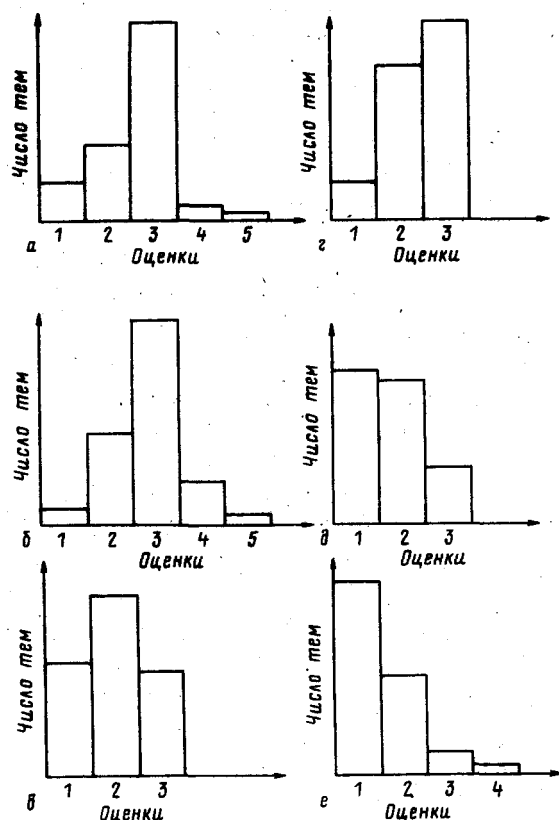


Рис. 1

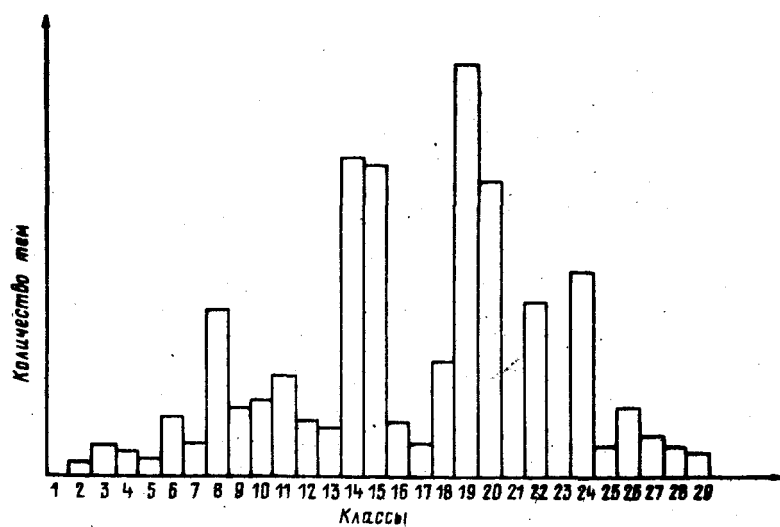


Рис. 2

Информация, представленная в данном виде, дает ЛПР большие возможности для анализа. Прежде всего из плана исключаются темы с низкими оценками по общей полезности. Покритериальный анализ позволяет понять общие свойства представленных предложений по проведению НИР.

5. Проверка надежности нового метода совершенствования системы оценки предложений по проведению НИР

Для проверки (надежности) применения предлагаемого подхода при планировании НИР был использован следующий подход. Было решено попытаться сравнить оценки тем НИР на этапе формирования плана с фактическими результатами выполнения НИР. В методологическом плане такое сравнение корректно, если оценки на этапе формирования плана не влияют на принятие решений, иначе такое влияние может сильно изменить результаты сравнения. При проведении работы был использован массив оценок тем НИР, включенных в пятилетний план (1970—1975 гг.). В то же время рекомендации по оценке предложений были получены с опозданием, что мешало их использовать на этапе формирования плана.

В 1976 г. работали приемочные комиссии по оценке фактических результатов выполнения НИР. Для многоаспектной оценки этих результатов была разработана анкета, приведенная в табл. 2 Приложения. Для получения обобщенной оценки также использовался метод ЗАПРОС.

Сопоставление априорных и фактических оценок было осуществлено для 750 тем. Общие результаты такого сопоставления представлены на рис. 3.

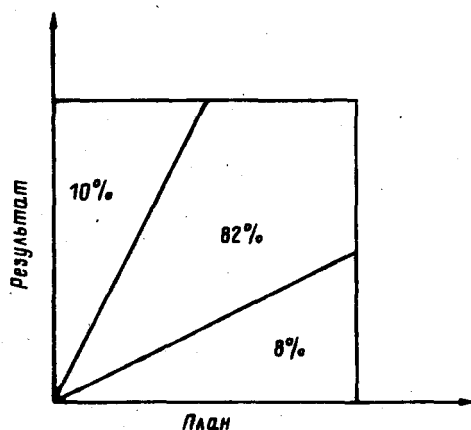


Рис. 3

Из сравнения следует, что примерно для 82% всех тем НИР было хорошее совпадение оценок на стадии планирования с фактическими оценками. Для 10% тем результат был лучше плана, а для 8% тем — хуже плана.

Дополнительный анализ показал, что для многих тем, где план и результат не совпадали, произошли изменения в ходе выполнения плана: тема изменила содержание, направленность, либо изменилось финансирование.

В целом результат проверки надежности метода — совпадение ожидаемой и фактической полезности темы на пятилетнем интервале пла-

нирования, можно считать хорошим. Это позволяет рассматривать многокритериальный метод оценки предложений по проведению НИР как достаточно надежный и обоснованный.

Заключение

Проблемы совершенствования организационных систем планирования НИР в настоящее время являются исключительно важными. От их успешного решения зависит эффективность проведения НИР, рациональность выбора направлений исследований.

Опыт практической работы помогает понять, что решающее значение имеет аналитическая работа в самом плановом органе. Любые методические указания, как бы хорошо они не были составлены, оказываются неэффективными без продуманных процедур сбора и анализа информации.

Кроме того, большое значение имеет сам метод принятия решений.

Сложные проблемы планирования НИР не терпят шаблонного подхода, либо чрезмерной формализации. Практическая полезность метода должна заключаться в его ориентации на помощь сотрудникам плановых органов. Только тогда новые методы станут ценным средством совершенствования существующих систем перспективного планирования научных исследований.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Критерии оценки значимости научно-исследовательской работы

Критерии	Оценки
А. Масштабность НИР	1. Выполнение НИР направлено на создание новой или значительное улучшение существующей техники, предназначенной для решения, по крайней мере, одной из важнейших научно-технических проблем 2. Выполнение НИР направлено на создание новой или значительное улучшение существующей техники, предназначенной для решения, по крайней мере, одной научно-технической задачи 3. Выполнение НИР направлено на создание новой или значительное улучшение существующей техники, предназначенной для решения, по крайней мере, одного из элементов научно-технической задачи 4. Практическая полезность результатов НИР неясна 5. Практическая полезность разработки отсутствует
Б. Вклад НИР в разработку и совершенствование новой техники	1. Выполнение НИР внесет решающий вклад в разработку или в решение проблемы (задачи) 2. Выполнение НИР внесет существенный вклад в разработку или совершенствование новой техники 3. Выполнение НИР внесет вклад в улучшение новой техники 4. Выполнение НИР внесет незначительный вклад в улучшение новой техники или будет способствовать незначительному сокращению сроков и стоимости разработки 5. Выполнение НИР не внесет вклада в улучшение новой техники
В. Ожидаемые результаты НИР	1. Результаты НИР выдаются в виде действующих образцов или макетов 2. Результаты НИР выдаются в виде отчета с выводами и конкретными рекомендациями 3. Результаты НИР выдаются в виде отчета с указанием принципиальной возможности или невозможности реализации

Критерии	Оценки
Г. Комплексность выполнения работы	1. В работе принимают участие НИИ и КБ Академии наук СССР и/или вузы; НИИ, КБ и заводы промышленности 2. В работе принимают участие НИИ Академии наук СССР и/или вузы; НИИ промышленности 3. В работе принимают участие НИИ Академии наук СССР и/или вузы
Д. Сравнительная характеристика НИР с зарубежными данными по аналогичным работам	1. Отсутствует информация о подобных исследованиях за рубежом 2. Известно, что ведутся аналогичные исследования 3. Известны системы и образцы, использующие результаты аналогичных исследований
Е. Подготовленность предполагаемых исполнителей НИР	1. Исполнитель известен (по ранее выполненным исследованиям для заказчика, публикациям) как высокоэффективное научное учреждение, успешно работающее в данной отрасли 2. Исполнитель работает в данной области, но достигнутые им результаты неизвестны заказчику 3. Неизвестно о работах исполнителя в данной области 4. Известен низкий уровень выполнения аналогичных работ исполнителем

Таблица 2

Критерии оценки значимости результатов научно-исследовательской работы

Критерии	Оценки
А. Научно-техническая целенаправленность результатов НИР	1. Результаты НИР используются в нескольких программах развития техники 2. Результаты НИР используются в одной программе развития техники 3. Результаты НИР используются в одном из элементов программ развития техники 4. Научно-техническая полезность результатов НИР неясна 5. Научно-техническая полезность результатов НИР отсутствует
Б. Вклад результатов в разработку и совершенствование техники	1. Результаты НИР привели к решению задачи в целом 2. Результаты НИР внесли существенный вклад в решение задачи 3. Результаты НИР внесли вклад в решение задачи 4. Результаты НИР внесли незначительный вклад в решение задачи 5. Результаты НИР не внесли вклада в решение задачи
В. Форма представления результатов НИР	1. Результаты НИР представлены в виде действующих образцов или материалов 2. Результаты НИР представлены в виде отчета с выводами и рекомендациями по реализации 3. Результаты НИР представлены в виде отчета с указанием принципиальной возможности (невозможности) решения задачи
Г. Комплексность выполнения НИР	1. В работе принимали участие НИИ и КБ АН СССР республик и/или вузы, НИИ, КБ и заводы промышленности 2. В работе принимали участие НИИ и КБ АН СССР, республик и/или вузы, НИИ промышленности 3. В работе принимали участие НИИ АН СССР, республик и/или вузы

ЛИТЕРАТУРА

1. Зуев Ю. А., Ларичев О. И., Филиппов В. А., Чуев Ю. В. Проблемы оценки предложений по проведению научных исследований. — Вестник АН СССР, № 8, 1980.
 2. Ларичев О. И. Наука и искусство принятия решений.—М.: Наука, 1979.
 3. Ларичев О. И., Зуев Ю. А., Гнеденко Л. С. Метод ЗАПРОС (ЗАмкнутые ПРОцедуры у Опорных Ситуаций) анализа вариантов сложных решений. — В сб.: Многокритериальный выбор при решении слабоструктуризованных проблем. М.: ВНИИСИ, 1978.
-

Человеко-машинная процедура планирования научных исследований и разработок / О. И. Ларичев, Л. С. Гнеденко, Ю. А. Зуев и др. // Вопросы информационной технологии. Сборник трудов ВНИИСИ / Под ред. Д. С. Черешкина. — № 6. М.: ВНИИСИ, 1983.— С. 86–95.

```
@Inbook{Larichev_Gnedenko_Zuev_Chuev_Tihonov_1983,
  author = "Ларичев, О. И. and Гнеденко, Л. С. and Зуев, Ю. А. and
            Чуев, Ю. В. and Тихонов, И. П.",
  title = "Человеко-машинная процедура планирования научных
            исследований и разработок",
  booktitle = "Вопросы информационной технологии. Сборник трудов ВНИИСИ",
  publisher = "ВНИИСИ",
  number = "6",
  pages = "86--95",
  year = "1983",
  address = "М.",
  editor = "Черешкина, Д. С.",
  language = "russian",
}
```