DOI: 10.25728/mlsd.2022.1286

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОРТФЕЛЕМ ПРОЕКТОВ КОСМИЧЕСКОЙ КОРПОРАЦИИ НА БАЗЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Разумов Д. А., Малышев В.В.
ФГБУ ВО «Московский Авиационный институт»
(национальный исследовательский университет) МАИ,
Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4
DmitriRazumov@yandex.ru, VeniaminMalyshev@mail.ru

Аннотация: При многокритериальной оценке проектов в рамках управления программой необходимо иметь средства, позволяющие во время получать информацию для принятия оптимальных решений. Существующие подходы, не свободны от недостатков, среди которых: зависимость от субъективизма экспертов и от сложной, длительной и неоднозначной процедуры формализации экспертного мнения. В статье предлагается подход, позволяющий решить эту проблему.

Ключевые слова: Многокритериальный анализ, балансировка портфеля проектов, рекурсивный алгоритм, мониторинг состояния портфеля проектов

Введение

В космической отрасли важнейшей задачей является обеспечение принятия решений при разработке программы проектов, которые, как правило, предполагают создание космических средств и систем с учётом множества критериев оценки. Подобные задачи обычно имеют многоцелевой характер и требуют оценки каждого проекта по совокупности показателей, оказывающих влияние на проектирование системы, её разработку и функционирование. Существующие подходы, несмотря на широкое применение, не свободны от недостатков, среди которых можно перечислить зависимость решений от субъективизма экспертов и в большинстве случаев от сложной, длительной и неоднозначной процедуры формализации экспертного мнения. Часто возникают проблемы со сходимостью мнений экспертов и обеспечением заданного уровня достоверности результатов экспертизы. В статье предлагается подход, использующий для многокритериальной оценки процедуру программного моделирования множества суждений специалистов на базе реализации соответствующего множества оценочных функций, на основе которого вычисляются оценки каждого проекта, и осуществляется их ранжирование. Это даёт возможность снизить субъективизм, повысить скорость принятия решений и при необходимости, вносить точечные суждения специалистов для уточнения предпочтений по различным критериям оценки. В качестве примеров применения рассматривается методика для приоритизации (ранжирования) проектов Федеральной космической программы (ФКП) [1,2].

1 Обзор методов многокритериального выбора

Как известно, сложность многокритериального выбора заключается в том, что задача оптимизации здесь никогда не имеет единственного оптимального решения, строго математически. Большинство существующих подходов рассматривают её решение как компромисс, и особенность заключается в том, как реализуется этот компромисс. *Принцип Парето* состоит в последовательном исключении из рассмотрения вариантов, заведомо являющихся неудовлетворительными. В итоге остаётся множество «не улучшаемых» векторов или множество Парето (P): если $x^* \in P$ & $f_i(\tilde{x}) \le f_i(x^*)$ => $\forall\ i$ $f_i(\tilde{x}) = f_i(x^*)$ Очевидно, что принцип Парето не даёт в результате единственного оптимального выбора, а лишь ограничивает множество допустимых альтернатив, предоставляя экспертам осуществлять окончательный выбор на основе своих т.н. «внутренних» убеждений и опыта. В основе другого метода лежит *выделение одного главного критерия*, и перевод остальных (вспомогательных) критериев в разряд ограничений. Такие решения применяются там, где присутствует один явно доминирующий критерий, например, стоимость проекта. Там где не удаётся идентифицировать один главный критерий, широко применяется *метод линейной свёртки Гермейера*, который предполагает переход скаляризацией от m критериев к одному. В этом случае экспертами определяется ценность каждого критерия за счёт величины коэффициентов линейной свёртки, которые устанавливаются либо напрямую экспертами, либо для их вычисления применяются какие-либо подходы, например, *метод Фишберна*. Однако метод Фишберна не даёт ответа на вопрос как определять важность каждого критерия. Другие методы редукции критериев, *основаны на минимаксной свёртке*, где

формируется система контрольных показателей («экспертная оценка сверху») которые представляют собой оценки сверху для соответствующих целевых критериев. В качестве меры приближения к каждому из показателей используют функцию максимума. Тогда задача скалярной оптимизации сводится к следующему функционалу:

$$x^* = \arg \min_x \max_{i=\overline{1,m}} \left[\frac{f_i(x)}{f_i^*} \right]$$

Метод анализа иерархий базируется на выстраивании иерархий оценки решений в контексте декомпозиции проблемы на все более элементарные компоненты. При этом применяется метод попарных сравнений на основе определённой шкалы баллов для формализации мнений ЛПР. Таким образом, достигается переход от вербальных оценок к их численному эквиваленту [3-9].

Общим достоинством рассмотренных методов является то, что они позволяют перейти от расплывчатых вербальных оценок экспертов к числовым значениям. Тем не менее, результат численной интерпретации этих оценок зависит от субъективного мнения экспертов, которое заключается в модели его формализации в каждом методе и носит характер своеобразного «соглашения» между ЛПР и экспертами. Не редко на практике возникают проблемы с обеспечением сходимости мнений экспертов и заданного уровня достоверности в ограниченные сроки.

2 Решение задачи многокритериального выбора на основе метода уверенных суждений

Математически задача формулируется следующим образом [10]:

Дано: $X = [x_i]_N$,– дискретное множество проектов (альтернатив), $x_i \in X$, $i = \overline{1N}$

$$f(x) = [f^j(x_i)], j = \overline{1m} \quad (1)$$

– вектор-функция m скалярных критериев оптимальности. Будем полагать, что каждый частный критерий должен быть максимизирован.

Необходимо: выбрать из множества альтернатив наиболее предпочтительный или компромиссный вариант $\hat{x} \in X$, который должен удовлетворять условию:

$$\hat{x} \in X : \left(f^j(\hat{x}) \geq f^j(x), j = \overline{1m} \right) \quad (2)$$

Т.е. выбрать из множества допустимых альтернатив (проектов) те, которые по всем имеющимся критериям сравнения будут предпочтительнее. Следует отметить, что таких вариантов в связи с математической незамкнутостью задачи может быть несколько, так что они составят множество не улучшаемых альтернатив Парето. Чтобы определить один вариант, который должен быть наиболее предпочтительным, необходимо ввести в рассмотрение дополнительные суждения с точки зрения, которых он будет рассматриваться как компромиссное решение. В методе линейной свёртки (3) в качестве этих суждений используется коэффициенты (4), которые определяют ценность каждого критерия, задаваемую экспертами.

$$f(x) = \sum_{j=1}^{m} a^j f^j(x) \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{m} a^j = 1, a^j \geq 0 \quad (4)$$

В методе уверенных суждений предлагается использовать не одну конкретную свёртку, а множество линейных свёрток, которые моделируют возможные мнения экспертного сообщества или способы учёта этих мнений. В статье [11] было показано, что линейная свёртка в классе оценочных функций обладает свойством идентифицировать любые Паретооптимальные решения. Обозначим множество функций, моделирующих мнения экспертов через F_a. Пусть $f(x_i) = f_i$, $i = \overline{1N}$ (N – число проектов), тогда $F_a = [f_{il}]_K$, $l = \overline{1K}$, где K – общее число вариантов коэффициентов, $A = [a_l^j]_K$ – множество коэффициентов оценочных функций, моделирующих экспертные мнения. Таким образом, для программной (инженерной) реализации метода необходимо найти способ, которым можно

формировать множество *A* с помощью генерации уникальных комбинаций коэффициентов линейной свёртки $[a_l^j]_K$.

Теперь для того чтобы оценить каждый проект, следует ввести на множестве *A* критерии оценки альтернатив, позволяющие выбирать наиболее предпочтительные из них. В качестве относительной меры (к мере всего множества *A*) предпочтительности альтернативы при этом будем рассматривать подмножество, на котором эта альтернатива оказалась наилучшей по значению оценочной функции в сравнении с другими альтернативами. Эту меру назовём жёстким рейтингом (*HR*). В данном случае значение показателя проекта *i* по *j*-тому критерию оценки $f^j(x_i) = x_{ij}$, т.к. мы имеем дело с дискретными величинами, получаемыми, как правило, из паспортов проектов. Оценочная функция для *l*-того варианта коэффициентов $\overline{a_l}$ *i*-того проекта будет определяться по формуле (5):

$$f_{il} = \sum_{j=1}^{m} x_{ij} a_l{}^j \tag{5}$$

$$HR_i = \frac{\sum_{l=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} B_{il}}{K}, \tag{6}$$

Тогда жёсткий рейтинг для каждого проекта будем вычислять по формуле (6), где $l = \overrightarrow{1,K}$, $i = \overrightarrow{1,N}$ N–число проектов/альтернатив, K – число вариантов реализации вектора коэффициентов линейной свёртки $\overline{a_l}$. Bil =1, если при l-том варианте моделируемого мнения i-тый проект оказался наилучшим (fil > fkl, $k = \overline{1N} \wedge$ i≠k). Если при каком-либо l лучшими оказываются несколько (например, q) проектов, то для жесткого рейтинга каждого проекта в числителе(6) добавляется не 1, а 1/q (B=1/q). Иными словами, рассматривают отношение суммы всех случаев для тех реализаций оценочной функции, когда альтернатива (проект) оказалась лучшей к числу всех реализаций (частота «выигрышей альтернативы»). Если придерживаться аналогий с теорией вероятности, то можно заметить, что жёсткий рейтинг можно рассматривать, как оценку вероятности того, что при всех возможных равновероятных и независимых сочетаниях моделируемых мнений экспертов, альтернатива окажется наилучшей.

Иногда может возникнуть ситуация, когда требуется оценить не только «вероятность» того, что какая-либо из альтернатив будет предпочтительнее на множестве моделируемых экспертных мнений, но среднюю сравнительную предпочтительность альтернативы (проекта) по сравнению с другими проектами. Это также бывает важно, если жёсткие рейтинги каких - либо вариантов оказались почти одинаковыми или равными нулю. Поэтому в методе уверенных суждений вводится так называемый мягкий (SR) рейтинг, который рассчитывается по формуле(7).

$$SR_i = \frac{\sum_{l=1}^{K} \frac{f_{il}}{\max f_{il}}}{K}, \tag{7}$$

где $\max f_{il} > f_{kl}$ для $\forall k = \overline{1N} \wedge i \neq k$.

Рассмотрим пример для иллюстрации работы метода (Таблица 1).

Дано: 3 проекта с 2-мя показателями, оба показателя имеют тренд на максимум, например («скорость» и «производительность»). Шаг перебора для вычисления коэффициентов линейных свёрток h = 0,25. Нормализация исходных физических значений показателей выполнена по формуле: $x_{ij}^{norm} = \left(x_{ij} - \min_j(x_{ij})\right) \Big/ \left(\max_j(x_{ij}) - \min_j(x_{ij})\right)$, где *i* – номер, строки, *j* – номер столбца матрицы показателей.

Необходимо: определить наиболее предпочтительный проект.

В таблице 1 демонстрируется ход решения задачи. В последнем столбце отмечены проекты «X», у которых оценочная функция при данной комбинации $\overline{a_l}$ оказалась максимальной. Таким образом, ответ: жёсткие рейтинги проектов *Стрела = 3/5 = 0,6; Куб = 2/5 =0,4; Контур = 0/5=0.* Следовательно, наиболее предпочтительным оказался проект *Стрела*, т.к. вероятность того, что при всех возможных моделируемых экспертных мнениях он окажется в выигрыше у него наивысшая.

Таблица 1 – Иллюстративный пример

	Проекты	x_{i1}^{norm}	x_{i2}^{norm}	a^1_1	a^2_1	$f_{il} = \sum_{j=1}^{m} x_{ij} a_l^j$	Лучший
1	Стрела	0,58	0,2	0	1	0,2	
	Куб	0,25	0,4	0	1	0,4	X
	Контур	0,42	0,28	0	1	0,28	
2	Стрела	0,58	0,2	0,25	0,75	0,295	
	Куб	0,25	0,4	0,25	0,75	0,3625	X
	Контур	0,42	0,28	0,25	0,75	0,315	
3	Стрела	0,58	0,2	0,5	0,5	0,39	X
	Куб	0,25	0,4	0,5	0,5	0,325	
	Контур	0,42	0,28	0,5	0,5	0,35	
4	Стрела	0,58	0,2	0,75	0,25	0,485	X
	Куб	0,25	0,4	0,75	0,25	0,2875	
	Контур	0,42	0,28	0,75	0,25	0,385	
5	Стрела	0,58	0,2	1	0	0,58	X
	Куб	0,25	0,4	1	0	0,25	
	Контур	0,42	0,28	1	0	0,42	

Рассмотрим ситуации, когда бывает необходимо учитывать изначально известные условия о том, что какие-либо критерии имеют преимущество в оценке общего решения, чем другие, т.е. *«уверенные суждения ЛПР»*. Например, пусть при сравнительном анализе проектов космических аппаратов различных производителей, необходимо формировать полезную нагрузку вывода на орбиту максимальным числом КА, так что в любом случае критерий оценки массы всегда более предпочтителен, чем критерий мощности системы электро-питания (СЭП). Для реализации много-критериального анализа на множество допустимых альтернатив накладывается отношение предпочтения. Пусть $A^м \subset A$ – это подмножество коэффициентов линейной свёртки который получает показатель массы КА, $A^м = [a_l^м]_K, l = \overline{1,K}$, где K – число вариантов коэффициентов линейной свёртки (3). $A^{сэп} \subset A$ – это подмножество коэффициентов, которые будет получать показатель системы электропитания КА, соответственно, $a_i^{сэп} \in A^{сэп} = [a_l^{сэп}]_K$. Таким образом, при формировании множества A из него следует исключать те комбинации a_l^j , в которых не выполняется отношение: $\forall a_l^j \in A$: $a_l^м > a_l^{сэп}$., $j = \overline{1m}, m$ – число показателей. Таким образом, реальное число наборов $[a_l^j]$, формирующее итоговое множество F_a ,может быть меньше оценки K (3). Если вернуться к рассмотренному уже примеру (Таблица 1) и добавить суждение ЛПР о том, что $a^2_l > a^1_l$, то из рассмотрения будут исключены варианты, где l = 3,4,5. Следовательно, в данном случае в чистом выигрыше окажется проект *Куб*.

Для программной реализации метода необходимо алгоритмически реализовать множество оценочных функций F_a на множестве $A = [a_l^j]_K$. В работе [12] показано, как можно вычислять варианты a_l^j при j = 2. Однако реальные задачи, как правило, требуют на много большего числа критериев оценки, поэтому возникает проблема реализации алгоритма равномерно возрастающего распределения весов (4) в диапазоне [0,1] и получения всех возможных уникальных комбинаций из этого распределения. В таблице 2 представлен пример, в котором шаг перебора h = 0,2, число показателей $m = 3$ и получается набор вариантов a^j , содержащий 21 комбинацию.

Мощность множества A можно увеличить за счёт уменьшения шага дробления интервала, в котором могут располагаться коэффициенты линейной свёртки (3). Чем меньше шаг дробления, и чем больше показателей, и тем большее число функций f_{il}, моделирующих мнения экспертов мы получим, соответственно согласно закону больших чисел решение будет устойчивее.

Таблица 2. - Пример множества неповторяющихся комбинаций весовых коэффициентов a^j при m = 3 и для числа дискретных значений коэффициентов 6.

№ набора	Коэффициенты	№ набора	Коэффициенты	№ набора	Коэффициенты
1	0; 0; 1	8	0.2; 0.2; 0.6	15	0.4; 0.6; 0
2	0; 0.2; 0.8	9	0.2; 0.4; 0.4	16	0.6; 0; 0.4
3	0; 0.4; 0.6	10	0.2; 0.6; 0.2	17	0.6; 0.2; 0.2
4	0; 0.6; 0.4	11	0.2; 0.8; 0	18	0.6; 0.4; 0
5	0; 0.8; 0.2	12	0.4; 0; 0.6	19	0.8; 0; 0.2
6	0; 1; 0	13	0.4; 0.2; 0.4	20	0.8; 0.2; 0
7	0.2; 0; 0.8	14	0.4; 0.4; 0.2	21	1; 0; 0

В работе проблема реализации таких распределений при теоретически любом числе показателей равном *m* (maxN – Рис. 1) решена за счёт программно-алгоритмической рекурсии, т.е. использования в теле процедуры вызова её самой.

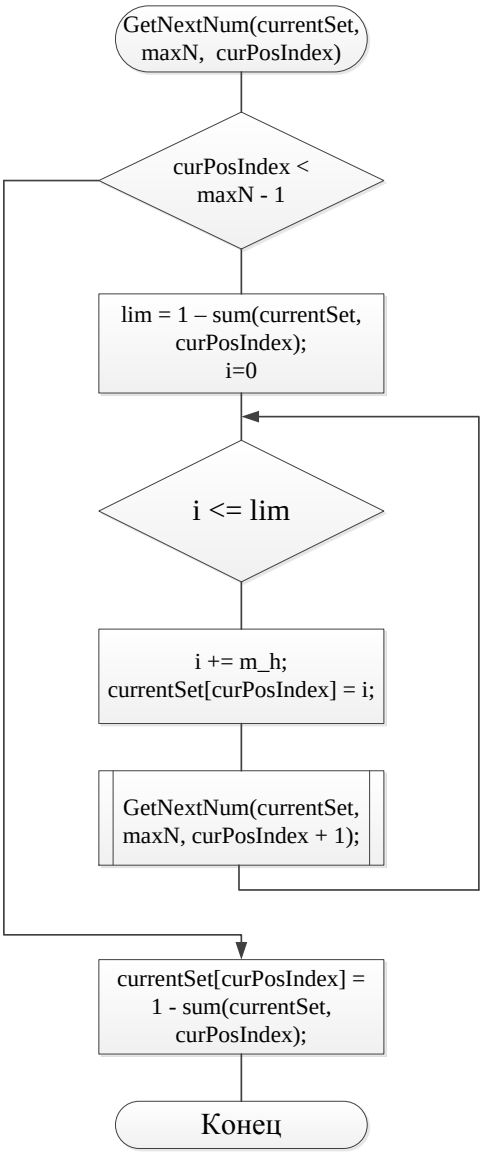

Рис. 1. Схема программной реализации алгоритма распределения весов

Важной проблемой является вычисление оценки числа наборов $[a_l^j]_K$, т.к. от этого напрямую зависит время решения задачи. Используя теоретические положения комбинаторики [13], можно

вывести формулу потенциально возможного максимального количества вариантов наборов коэффициентов линейной свёртки без учёта уверенных суждений:

$$K = \frac{(m + 1/h - 1)!}{(1/h)!(m-1)!}, \quad (8)$$

где m – число показателей (критериев сравнения).

При $m \geq 20$ и $h = 0{,}01$ время вычислений может составить несколько часов.

Проблема сокращения времени работы алгоритма решается с помощью применения технологии параллельных вычислений посредством использования потоков (Thread), реализуемых в языках высокого уровня типа C++. Это позволило разбить вычисления сумм для формул (6), (7) на несколько интервалов и затем разнести их в параллельные нити на разных процессорах, что снизило время решения задачи на несколько порядков.

Для подтверждения эффективности СППР приводятся результаты её применения на примерах, расчёта приоритетов проектов Федеральной космической программы для балансировки портфеля проектов ФКП.

3 Балансировка портфеля проектов ФКП

Дано:

- обоснованный перечень критериев оценки приоритетов проектов ФКП, разрабатываемый на основе руководящих документов [14 и др.] (в таблице 3 представлены для примера некоторые из них);
- исходные значения показателей приоритетов проектов (Рис 2, в верхней таблице).

Таблица 3. Обоснованный перечень показателей приоритета

Показатель приоритета	**Определение показателя приоритета**	**Тренд приоритизации**	**Значение показателя приоритета**
Стратегичность (a_1)	Вклад в реализацию важнейших задач государственной политики в области космической деятельности	Максимум	Количество важнейших задач государственной политики в области космической деятельности, на реализацию которых направлен данный проект (содержится в паспорте проекта)
Масштабность (a_2)	Степень влияния на другие проекты	Максимум	Количество других проектов, на реализацию которых влияет данный проект (содержится в паспорте проекта)
Эскалационность (a_4)	Величина вклада в развитие новых технологий, направленных на создание научно-технического задела	Максимум	Количество добавленных уровней готовности новых технологий при реализации ОКР, входящих в состав проекта (рассчитывается на основе данных, содержащихся в паспорте проекта). Перечень указанных технологий определен в «Системном проекте развития космических средств социально-экономического, научного и двойного назначения, как единой системы на период до 2030 года», разработанном специалистами АО »ЦНИИмаш» в ходе выполнения НИР «Авангард»
Импортонезависимость (a_8)	Уровень импортонезависимости создаваемых образцов ракетно-космической техники	Максимум	Доля импортозамещения электронной компонентной базы в составе образцов ракетно-космической техники, создаваемой в ходе реализации проекта (содержится в паспорте проекта)

Показатель приоритета	**Определение показателя приоритета**	**Тренд приоритизации**	**Значение показателя приоритета**
Рискованность (a_9)	Уровень риска реализации проекта	Минимум	Содержится в паспорте проекта и рассчитывается по отдельной методике, разработанной специалистами АО «ЦНИИмаш» в ходе выполнения НИР «Авангард»
Затратность (a_{11})	Уровень затрат на реализацию проекта	Минимум	Процент стоимости проекта в суммарной стоимости подпрограммы (рассчитывается на основе данных, содержащихся в паспорте проекта)
Выгодность (a_{12})	Степень участия частного капитала	Максимум	Процент частных инвестиций в суммарной стоимости проекта (рассчитывается на основе данных, содержащихся в паспорте)

Необходимо:

- рассчитать приоритеты проектов по предложенной методике с учётом уверенных суждений ЛПР – «рискованность» значительнее «затратности»;
- провести балансировку портфеля проектов ФКП по нарастающей итогом сумме финансового обеспечения проектов с учётом приоритета проекта и стоимости каждого проекта при этом общая сумма отобранных на реализацию в периоде проектов не должна превышать 1500 млн. руб.

Ответ: На рисунке 2 представлен расчёт приоритетов проектов с помощью ПМО СППР с учётом уверенных суждений ЛПР – «рискованность» значительнее «затратности», наиболее предпочтительными оказались проекты, у которых получилась наибольшая вероятность выигрыша при всех возможных моделируемых экспертных мнениях; на рисунке 4 – интерфейс ввода уверенных суждений; На рисунке 5 – балансировка портфеля проектов ФКП с итоговой суммой ≤ 1500 млн. руб.

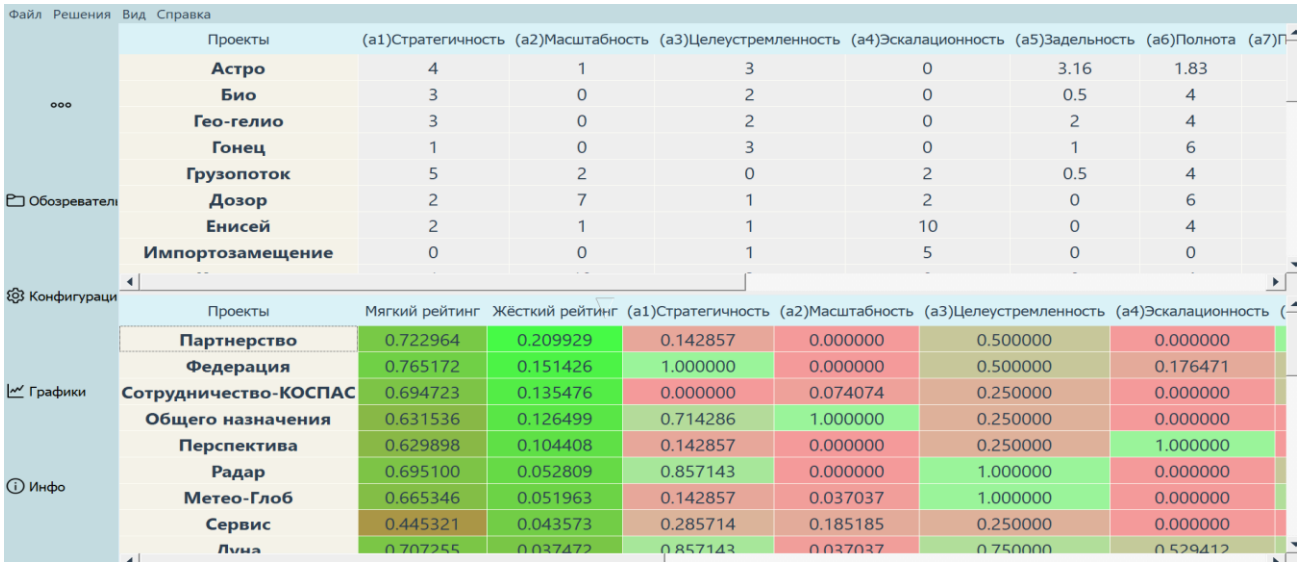

Рис 2. Оценка приоритетов проектов ФКП с помощью ПМО СППР

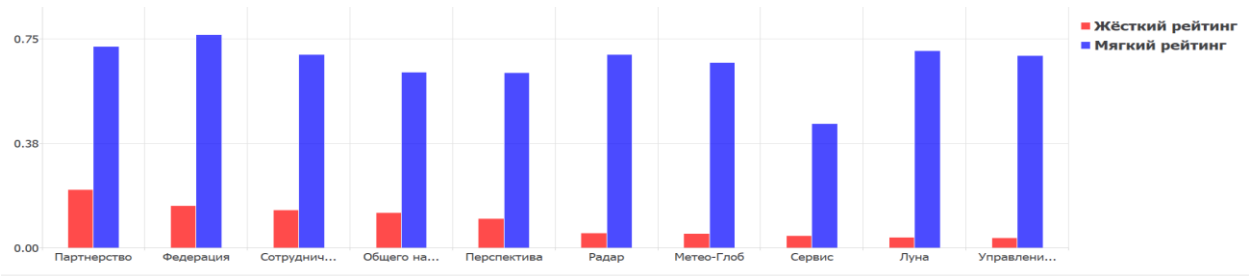

Рис. 3. Графики рейтингов проектов ФКП

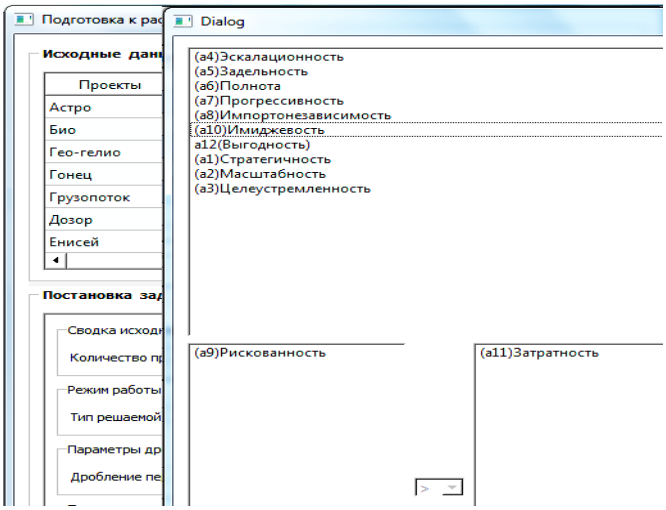

Рис 4. Введение уверенных суждений ЛПР («Рискованность предпочтительнее Затратности»)

Проекты	**Ж. Рейтинг**	**Объём финансирования**	**Сумма с нарастающим итогом**
Партнерство	0,20992	100	100
Федерация	0,15142	300	400
Сотрудничество-КОСПАС	0,13547	120	520
Общего назначения	0,12649	20	540
Перспектива	0,10440	150	690
Радар	0,05280	350	1040
Метео-Глоб	0,05196	120	1160
Сервис	0,04357	200	1360
Луна	0,03747	160	1520
Управление КА	0,03576	100	1620
Сотрудничество-Марс	0,01955	130	1750
МКС	0,01326	20	1770

Рис 5. Определение наиболее перспективных проектов методом ватерлинии

Заключение

Таким образом, получены следующие результаты:

1. Проанализированы возможности существующих математических методов многокритериального анализа (Саати, Фишберна, Гермейера и др.), сделаны выводы о необходимости разработки СППР, позволяющей снизить влияние субъективного фактора и ускорить принятие решений.
2. Разработан новый подход многокритериальной оценки/приоритизации проектов космических средств и систем на основе метода уверенных суждений для снижения влияния субъективного фактора и снижения времени принятия решений, в котором приоритет проекта есть оценка вероятности того, что он окажется в выигрыше при всех возможных моделируемых равновероятных и независимых сочетаниях мнений экспертов, реализуемых на множестве различных вариантов предпочтений критериев оценки.
3. Для практической реализации метода разработано программно-математическое обеспечение (ПМО) системы поддержки принятия решений по оценке проектов космических средств и систем, в основе которого лежат:

   - рекурсивная процедура формирования множества различных способов учёта экспертного мнения, позволяющая генерировать теоретически любое число уникальных вариантов

распределения весов линейной свёртки для реализации этого множества;

- применение комбинаторной теории для оценки мощности этого множества;
- организация параллельных вычислений, в рамках которых на основе этой оценки рейтинги проектов вычисляются параллельно (на различных процессорах в потоках), что позволяет снижать время решения задачи на порядки (делать его приемлемым для принятия оперативных решений).

4. Подтверждена эффективность предлагаемого подхода на основе его сравнительного анализа с используемой в настоящее время методикой:
   1) Снижается зависимость от субъективного экспертного мнения привлекаемых групп специалистов или ЛПР.
   2) Получено новое качество: предложенная СППР позволяет оценить приоритет проекта по множеству показателей как вероятность того, что проект окажется в чистом выигрыше на множестве комбинаций экспертных мнений, моделируемых на множестве различных вариантов предпочтений критериев оценки.
   3) В существующей методике приоритизации (оценки) проектов, использующей метод Фишберна, экспертам необходимо определять однозначно и сразу все предпочтения между критериями оценки на всём векторе, который может содержать более 20 показателей, т.е. надо выстроить однозначно иерархию критериев по отношению друг к другу в виде: $a_1 \succ a_3 \succ ... \succ a_m$, при этом непреднамеренно критерии оказавшиеся в начале списка будут значительно важнее, чем в конце. Нет возможности избежать этого сильного дисбаланса в оценках между критериями в начале списка и в конце его. Никак нельзя оставить «за скобками» те показатели, по которым мнений вообще не существует или они трудно формализуемы или неопределённы. Поэтому возникает труднопреодолимая проблема численной оценки этих предпочтений. Как правило, если критериев много (более 10), эксперты могут более или менее точно определить ценность нескольких критериев по отношению друг к другу в терминах: «a_1 предпочтительней a_2 *и* a_3 предпочтительней a_5», оставляя все остальные оценки на уровне «не определено» или «неточно», «может быть». Новая методика не только даёт возможность экспертам вносить свои предпочтения точечно и гибко, для нескольких показателей, оставляя большинство на уровне «не определено», но и моделировать возможные варианты этой неопределённости. Причём неопределённость в оценках предпочтений их возможные вариации закладывается в модель оценки альтернативы (проекта) как получение частоты его выигрыша на моделируемом множестве оценочных функций, что также важно, т.к. реальные мнения экспертов чаще всего сложно идентифицировать однозначно, и они могут быть распределены в рамках широкого спектра оценок.
   4) Повышается скорость принятия решения за счёт снижения времени на мероприятия, связанные с организацией обработки экспертного мнения. Например, действующая методика использует для расчёта приоритетов правило Фишберна, что требует многодневной процедуры согласования и сведения экспертного мнения на основе анкетирования. Предложенный подход исключает этот этап.
   5) СППР не использует искусственных приемов, направленных на формализацию задачи за счет отыскания якобы адекватного ей единственного способа учета неопределенности, а учитывает все множество таких способов. От ЛПР лишь требуется отнести каждый частный критерий к той или иной группе важности, задав тем самым конкретную (хотя и размытую с позиций количественного сопоставления значимости различных групп важности) “политику выбора”. Это позволяет ЛПР не зависеть, по крайней мере, на первоначальной стадии осмысления стоящей перед ним задачи принятия решения, от громоздких процедур привлечения экспертов. Задав политику выбора, он получает для каждого рассматриваемого варианта решений две комплексные числовые оценки: жесткий и мягкий рейтинг.

Эффективность применения СППР продемонстрирована на основе решения задачи приоритизации проектов при балансировке портфеля проектов ФКП: снижается влияние субъективного фактора и сокращается время принятия решения на несколько дней.

Разработанная СППР отрабатывалась с использованием реальных данных в ходе совместных научно-технических работ для решения задач приоритизации проектов Федеральной космической программы. Показано, что предложенный подход может применяться для многокритериальной

оценки проектов космических средств и систем, а также использоваться для других практических задач многокритериального анализа.

Литература

1. *Лернер Л. Я.* Начала кибернетики – М.: Наука, 1967 г – 400 с.
2. *Поспелов Д.А.* Большие системы. Ситуационное управление – М.: Знание, 1975 г. – 64 с.
3. *Малышев В.В.* Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления / *В.В. Малышев* – М.: Изд. МАИ-ПРИНТ, 2010 г. – 440 с.
4. *Моисеев Н.Н.* Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981 г. – 488 с.
5. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000 г. - 295 с.
6. *Ларичев О.И.* Вербальный анализ решений. Москва, Наука, 2006, 181 с.
7. *Фишберн П.* Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978 г. – 352 с.
8. *Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва: Радио и связь, 1993 – 287 с.
9. *Лебедев А.А.* Введение в анализ и синтез систем. – М.: МАИ, 2001 г. – 352 с.
10. *Малышев В.В. Пиявский С.А.* Метод «уверенных суждений» при выборе многокритериальных решений. //Известия РАН. Теория и системы управления. – 2015. №5, с. 90 - 101. DOI: 10.7868/S0002338815050091.
11. *Пиявский С.А.* Простой и универсальный метод принятия решений в пространстве критериев «стоимость – эффективность»/ С.А. Пиявский // Онтология проектирования. 2014. № 3(10). С. 89–102.
12. *Пиявский С.А.* Два новых понятия верхнего уровня в онтологии многокритериальной оптимизации. //Онтология проектирования. – 2013. № 1, с. 65 – 85.
13. *Виленкин Н.Я., Виленкин А.Н., Виленкин П.А.* Комбинаторика. – М.: ФИМА, МЦНМО, 2006. – 400 с.
14. Положение РК-11-КТ. Положение о порядке создания, производства и эксплуатации (применения) ракетных и космических комплексов.
15. *Малышев В.В., Пиявский Б.С., Пиявский С.А.* Метод принятия решений в условиях многообразия способов учета неопределенности.// Известия РАН. Теория и системы управления, 2010, № 1. С. 46–61.
16. *Панов Д.В., Малышев В.В., Пиявский С.А., Ковков Д.В.* Сравнительный многокритериальный анализ сложных технических и социальных систем в экономико-управленческом аспекте. // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие), 2016, Т. 7, № 2. С. 74–83. doi:10.18184/2079-4665.2016.7.2.74.83
17. *Малышев В.В. Разумов Д.А.* Решение задачи многокритериальной оценки проектных решений АСУ космодрома методом уверенных суждений. //Информация и Космос. – 2019 г. – №4(11), 2019. С. 78-82.