

А.И. Михалёв, В.И. Кузнецов, Г.Л. Теплякова

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ ОБЪЕДИНЁННЫМ МЕТОДОМ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

*На основе методологии ВОСР предлагается алгоритм многокритериальной сравнительной оценки эффективности проектов с использованием объединённого метода МАИ+ММР, позволяющий учитывать прогнозируемые варианты внешних условий. Приводится иллюстрационный пример.*

*Ключевые слова: проект, ВОСР, МКА, МАИ, ММР.*

### Введение

Проектирование технических и информационных систем – важнейшая сфера применения системного анализа, в частности, методов многокритериального анализа (МКА) [1...6]. При этом, проект понимается как деятельность, имеющая цель (систему целей), ресурсы, сроки и предполагающая «различные результаты». Эффективность понимается как некоторая функция от затрат и результатов, позволяющая сравнивать проекты.

Оценка эффективности проектов является одной из главных системных проблем при проектировании технических и информационных систем. Такая оценка предполагает как сравнение проекта системы с существующими системами, так и сравнительный анализ конкурирующих проектов. Для решения этой проблемы в статье предлагается использовать методы многокритериального анализа. Существуют и другие методы оценки эффективности проектов, в частности, ИТ-проектов [7]: финансовые (количественные), качественные, вероятностные. Для адекватной оценки эффективности проекта в идеале необходимо применять все группы методов. Методы МКА кроме самостоятельного значения позволяют интегрировать и другие методы в получении комплексного решения системной проблемы.

**Основная часть**

Характерными особенностями системных проблем является многокритериальность (многофакторность), разнородность критериев (количественные и качественные), неопределённости (статистические, и особенно, «индивидуальные»), человеческий фактор (ценности, цели, предпочтения). Методы МКА разработаны для учёта этих особенностей [1...6, 8, 9].

Многокритериальный анализ – это практическая реализация структуры системного исследования в решении сложных, комплексных проблем. Методы МКА предназначены для принятия индивидуальных решений человеком или консолидированной группой и применяются в самых разных задачах, таких как выбор, ранжирование, распределение ресурсов, сопоставительный анализ, управление качеством, проектирование, оценка эффективности [4...6, 8].

Кратко опишем основные методы МКА для анализа проектов.

Методы анализа иерархий и сетей (МАИ, МАС) позволяют находить количественные меры влияний, называемых приоритетами – локальными и глобальными. Недостатком этих методов является сравнительно малое число критериев (не более 7-10), при которых они устойчиво работают. Примеры использования МАС/МАИ в самых разных сферах приведены, например, в книге [5].

Метод взвешенных сумм (МВС) позволяет работать с большим количеством критериев сложной иерархической структуры и большим количеством сравниваемых объектов. Поэтому он в основном используется для составления рейтингов и классификации объектов [2...4].

Метод матрицы решений позволяет учитывать так называемые «варианты внешних условий», относящиеся к прогнозируемому будущему [2, 8]. В ММР для нахождения лучшей альтернативы необходимо выбрать решающее правило (формулу или алгоритм), исторически называемое критерием. Как видно, смысл термина здесь существенно иной, чем в других методах МКА. Критерий в МАС/МАИ и в МВС – это некоторая количественная или качественная характеристика, важная для анализа проблемы.

В решении сложных системных проблем целесообразно использовать несколько методов МКА. Трудоёмкость этих методов требует интеграции их в системе поддержки принятия решений – как в виде

библиотеки методов, так и в виде интегрированного метода [9]. В работе показывается применение разработанного объединённого метода МКА [9] к проблеме сравнительной оценки эффективности проектов. Предлагаемый подход основан на многокритериальной методологии оценки эффективности проектов ВОСР Т.Л. Саати [5] и развивает её.

Методология ВОСР (Benefits – Выгоды, Opportunities – Возможности, Costs – Затраты, Risks – Риски) состоит в построении для каждой составляющей (критерии верхнего уровня) иерархии (или сети). На нижнем уровне иерархии находятся сравниваемые проекты. Соответственно для каждой из четырёх иерархий по её системе критериев определяются глобальные приоритеты методом анализа иерархий или методом анализа сетей. Свёртка четырёх глобальных приоритетов проекта даёт его ВОСР-оценку для сравнения с другими рассматриваемыми проектами. ВОСР-оценки позволяют линейно упорядочить множество рассматриваемых проектов по эффективности [5]. В [4, 5] предложены и проанализированы различные формулы свёртки (скаляризации) – аддитивные и мультипликативные. В разработанном алгоритме предусматривается использование библиотеки свёрток с выбором одной или нескольких формул.

В объединённом методе МКА [9] метод анализа иерархий (МАИ) интегрирован с методом матрицы решений (ММР) [2, 8]. Использование объединённого метода в многокритериальной оценке эффективности проектов позволяет явно учесть варианты внешних условий (чего нет в ВОСР). Кроме того, объединённый метод позволяет учитывать варианты внешних условий по задаваемому набору нескольких критериев ММР из библиотеки критериев и использовать набор формул свёртки ВОСР в получении и анализе общего результата.

В данной статье описывается алгоритм многокритериальной сравнительной оценки эффективности проектов ВОСР с использованием объединённого метода МАИ+ММР. Алгоритм метода соответственно доработан в сравнении с алгоритмом, описанным в [9]. Приводится иллюстрационный пример, демонстрирующий работу предлагаемого алгоритма.

Основная идея метода состоит в следующем. Элементы матрицы полезностей, используемой в ММР, заполняются ВОСР-оценками сравниваемых проектов, рассчитанными для каждого варианта рас-

смаатриваемых внешних условий. После заполнения матрицы полезностей применяется алгоритм объединённого метода [9]. При этом критерии ММР могут сравниваться друг с другом: а) непосредственно по отношению к общей цели (одна матрица парных сравнений), б) по отношению к каждой составляющей (к «букве») ВОСР (трёхуровневая иерархия).

В методе матрицы решений разработан ряд критериев [2, 8]. Приведём описание некоторых из них.

1. Максиминный критерий Вальда, «критерий гарантированного результата» (ММ) использует оценочную функцию, соответствующую позиции крайней осторожности. Критерий применим для ответственных проектов, но ведёт к относительно большим затратам в сравнении с другими критериями.

2. Критерий Байеса — Лапласа (ВL), при известных вероятностях вариантов внешних условий позволяет учесть каждое из возможных следствий. Исходная позиция применяющего ВL-критерий оптимистичнее, чем в случае ММ-критерия, однако она предполагает более высокий уровень информированности и достаточно длинные реализации, а для проектов часто характерна уникальность.

3. Критерий Сэвиджа, «критерий минимаксного сожаления» (S) использует оценочную функцию, соответствующую позиции относительного пессимизма (минимаксного риска). Применение этого критерия в оценке проектов обусловлено следующим: о вероятностях появления внешних состояний ничего не известно, но с их появлением приходится считаться; решение реализуется лишь один раз.

4. Критерий Гурвица (НW), его оценочная функция находится между точками зрения максимального оптимизма («критерий азартного игрока») и крайнего пессимизма (ММ-критерий), позиция регулируется с помощью параметра, называемого склонностью к осторожности. В оценках обычно используется не менее трёх значений параметра.

5. Критерий Ходжа — Леманна (НL) опирается одновременно на ММ-критерий и ВL-критерий. Если доверие к используемой статистике велико (выражается параметром), то акцентируется ВL-критерий, в противном случае предпочтение отдается ММ-критерию.

6. Критерий Гермейера (G) ориентирован на величины потерь. Если функция распределения известна не очень надежно, а чис-

ла реализаций малы, то, следуя G-критерию, получают, вообще говоря, неоправданно большой риск. Таким образом, здесь остается некоторая свобода для субъективных действий.

7. Критерий произведений (P) ориентирован на величины выигрышей. Применение этого критерия обусловлено следующими обстоятельствами: вероятности появления состояний неизвестны; с появлением каждого из состояний по отдельности необходимо считаться; допускается некоторый риск.

Выбор лучшего критерия для конкретной задачи представляет самостоятельную проблему. В [9] нами было предложено находить решение с помощью объединённого метода МАИ+ММР для набора критериев ММР.

Рассмотрим на модельном примере алгоритм оценки эффективности.

1. Цель: сравнить эффективность проектов.
2. Сформируем наборы:
  - 2.1. Сравнимые проекты, четыре проекта: P1, P2, P3, P4.
  - 2.2. Варианты внешних условий, три варианта: V1, V2, V3.
  - 2.3. Критерии метода матрицы решений, выбраны критерии: MM,  $NW_{0,5}$ , S.
  - 2.4. Критерии МАИ для сравнения критериев ММР: K1, K2.
3. Рассчитаем методом анализа иерархий глобальные приоритеты проектов в каждой иерархии «букв» BOCR (рис.1).

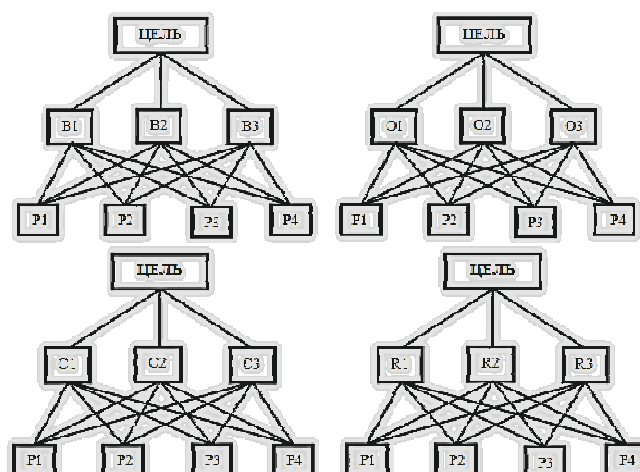


Рисунок 1 – Четыре иерархии методологии BOCR

3.1. Матрицы парных сравнений проектов относительно каждой иерархии («буквы») BOCR для первого варианта внешних условий.

<b>B1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>O1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>ЛПр.</b>
<b>P1</b>	1	2	1/2	2	0,239	<b>P1</b>	1	1	1	1	0,250
<b>P2</b>	1/2	1	1/5	1	0,113	<b>P2</b>	1	1	1	1	0,250
<b>P3</b>	3	2	1	1/5	0,535	<b>P3</b>	1	1	1	1	0,250
<b>P4</b>	1/3	1	7	1	0,113	<b>P4</b>	1	1	1	1	0,250

<b>C1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>R1</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>ЛПр.</b>
<b>P1</b>	1	1	2	1/2	0,218	<b>P1</b>	1	1/3	1/4	1	0,112
<b>P2</b>	1	1	2	1/2	0,218	<b>P2</b>	3	1	1	4	0,388
<b>P3</b>	1/2	1/2	1	1/5	0,103	<b>P3</b>	4	1	1	3	0,388
<b>P4</b>	2	2	5	1	0,461	<b>P4</b>	1	1/3	1/4	1	0,112

3.2. Локальные приоритеты проектов для второго варианта внешних условий, полученные аналогично локальным приоритетам для первого варианта внешних условий

<b>B2</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>O2</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>C2</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>R2</b>	<b>ЛПр.</b>
<b>P1</b>	0,200	<b>P1</b>	0,178	<b>P1</b>	0,167	<b>P1</b>	0,142
<b>P2</b>	0,200	<b>P2</b>	0,087	<b>P2</b>	0,167	<b>P2</b>	0,078
<b>P3</b>	0,200	<b>P3</b>	0,178	<b>P3</b>	0,333	<b>P3</b>	0,415
<b>P4</b>	0,400	<b>P4</b>	0,557	<b>P4</b>	0,333	<b>P4</b>	0,365

3.3. Локальные приоритеты проектов для третьего варианта внешних условий, полученные аналогично локальным приоритетам для первого варианта внешних условий

<b>B3</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>O3</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>C3</b>	<b>ЛПр.</b>	<b>R3</b>	<b>ЛПр.</b>
<b>P1</b>	0,250	<b>P1</b>	0,167	<b>P1</b>	0,218	<b>P1</b>	0,200
<b>P2</b>	0,250	<b>P2</b>	0,167	<b>P2</b>	0,461	<b>P2</b>	0,200
<b>P3</b>	0,250	<b>P3</b>	0,167	<b>P3</b>	0,218	<b>P3</b>	0,200
<b>P4</b>	0,250	<b>P4</b>	0,500	<b>P4</b>	0,103	<b>P4</b>	0,400

4. С использованием одной, общей для всех вариантов внешних условий формулы  $BOCR(1)$ , определим  $BOCR$ -оценки проектов, которыми и заполним матрицу полезностей (табл.1). В примере использована одна из мультипликативных формул [5]:

$$BOCR(P_i) = \frac{B(P_i) \cdot O(P_i)}{C(P_i) \cdot R(P_i)} \quad (1)$$

Таблица 1

BOCR-матрица полезностей в общем виде

	V1	V2	V3
P1	BOCR(P1 V1)	BOCR(P1 V2)	BOCR(P1 V3)
P2	BOCR(P2 V1)	BOCR(P2 V2)	BOCR(P2 V3)
P3	BOCR(P3 V1)	BOCR(P3 V2)	BOCR(P3 V3)
P4	BOCR(P4 V1)	BOCR(P4 V2)	BOCR(P4 V3)

Таблица 2

Числовые значения BOCR-матрицы полезностей

	V1	V2	V3
P1	2,447	1,501	0,958
P2	0,334	1,336	0,453
P3	3,347	0,258	0,958
P4	0,547	1,833	3,034

5. Выполним расчёт глобальных приоритетов проектов с использованием программной реализации алгоритма объединённого метода МАИ+ММР, разработанной одним из авторов (Тепляковой Г.Л).

Во вкладке «Постановка задачи» данного программного средства зададим структуру проблемы: цель; наименования и количество альтернатив, вариантов внешних условий, критериев МАИ. Во вкладке «Ввод данных» (рис. 2) заполняем матрицу полезностей значениями из табл.2. Выбираем критерии ММР.

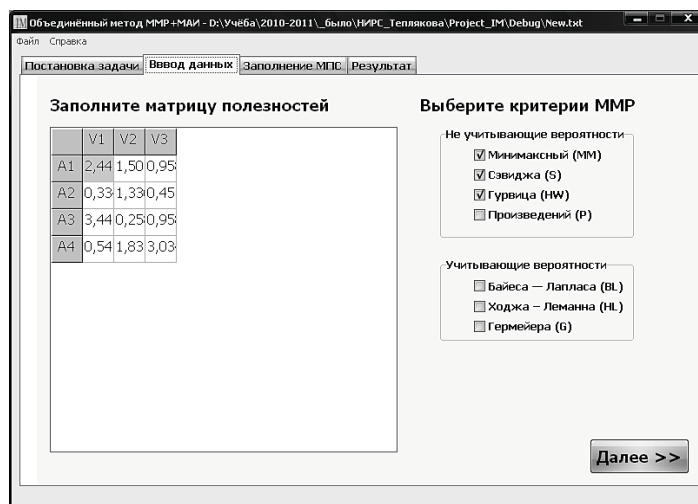


Рисунок 2 – «Задание матрицы полезностей и выбор критериев ММР»

Во вкладке «Заполнение МПС» сравниваем критерии МАИ относительно цели, выбранные критерии ММР относительно каждого из критериев МАИ, соответственно заполняем матрицы парных сравне-

ний с использованием шкалы Саати [4, 5]. В результате чего получаем вектор приоритетов выбранных критериев ММР (рис.3).

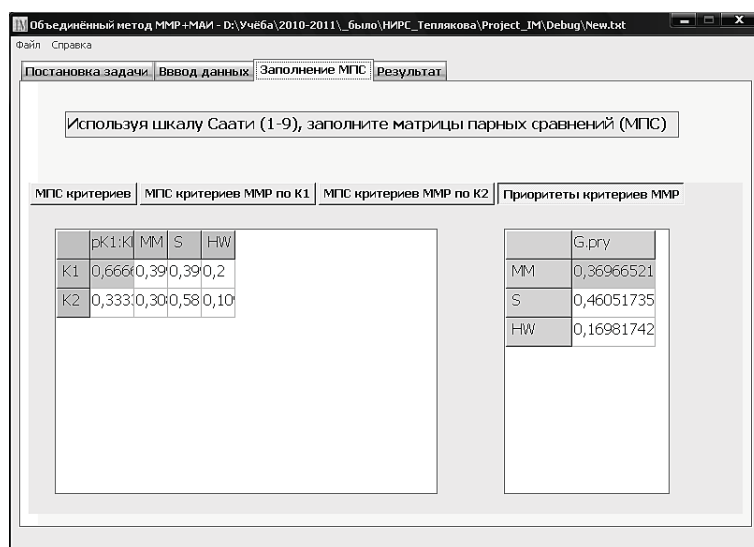


Рисунок 3 – «Приоритеты выбранных критериев ММР»

В свою очередь, с использованием количественной шкалы отношений, рассчитываются приоритеты обобщённых полезностей альтернатив в схеме метода анализа иерархий, и затем выбирается лучшая альтернатива по всей совокупности критериев ММР и вариантов внешних условий (рис. 4).

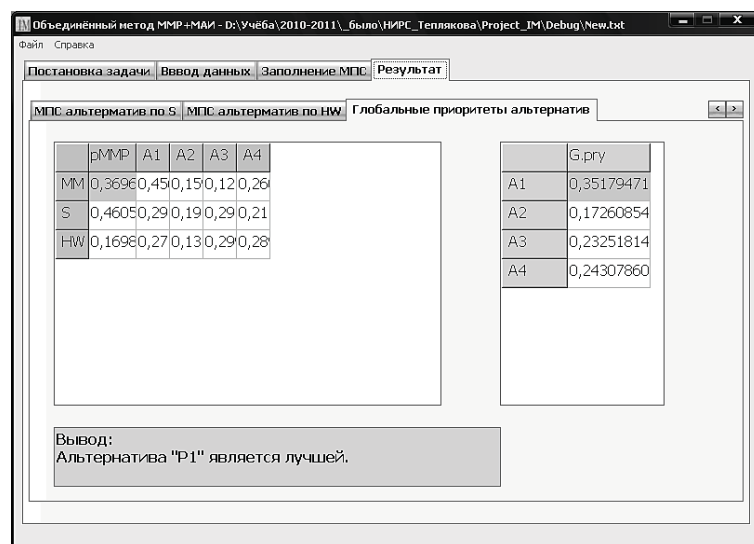


Рисунок 4 – «Глобальные приоритеты альтернатив»

Как видно из рис.4 лучшая альтернатива – P1, которая является лучшей по двум из трёх выбранных критериев ММР – по максимумному критерию Вальда и по минимаксному критерию Сэвиджа.

6. При необходимости проводятся расчёты и по другим формулам свёртки [4, 5]. При этом для всего набора формул свёртки можно применить процедуру объединённого метода – аналогично



критериям ММР, но представляется целесообразным «ручной» анализ результатов в интерактивном режиме.

Отметим, что в общем случае структура критериев проблемы может иметь горизонтальные и обратные связи в каждой иерархии ВОСР (или в некоторых). Здесь следует применить метод анализа сетей [5] и объединённый метод МАС/МАИ+ММР.

### Выводы

Разработан алгоритм расширения методологии ВОСР с помощью объединённого метода МАИ+ММР, который может быть использован в решении системной проблемы, возникающей при проектировании технических и информационных систем, – в оценке эффективности проектов с учётом внешних условий.

Объединённый метод и алгоритм интегрируются в единую программную среду многокритериальных методов, – систему поддержки принятия решений, – которая разрабатывается на кафедре информационных технологий и систем НМетАУ.

В перспективе в алгоритме планируется применить метод анализа сетей (МАС), что позволит учитывать наличие горизонтальных и обратных связей в структуре критериев проблемы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко И.И., Гожий А.П. Системные технологии генерации и анализа сценариев: Монография. – Николаев: Изд-во НГГУ им. П.Могилы, 2006. – 160с.
2. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. М.: Наука, 1979. – 200с.
3. Ларичев О.И. Объективные модели и субъективные решения. М.: Наука, 1987.
4. Микони С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив: Учебное пособие. – СПб.: Издательство "Лань", 2009. – 272 с: ил.
5. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
6. Хомяков П.М. Системный анализ: Экспресс-курс лекций: Учебное пособие / Под ред. В.П. Прохорова. Изд. 4-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2010. – 216 с.
7. Галкин Г. Методы определения экономического эффекта от ИТ-проекта [Электронный ресурс] – Электрон. данные – Режим доступа : [http://www.iteam.ru/publications/it/section\\_53/article\\_2905/](http://www.iteam.ru/publications/it/section_53/article_2905/), свободный – Загл. с экрана.
8. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. – М.: Мир, 1990. – 208 с.
9. Михалёв А.И., Кузнецов В.И., Ковалик Н.Н., Теплякова Г.Л. Интеграция методов многокритериального анализа и их применение в системе поддержки принятия решений // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4 (75). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 140-152.