

УДК 72.01:681.14

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА ПРОЕКТНОГО РЕШЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ И ДИЗАЙНЕ

*канд. архитектуры Т.А. СВирская*  
(Полоцкий государственный университет)

*Рассматривается проблема выбора оптимального проектного решения объектов архитектуры и дизайна. Предложена математическая модель задачи принятия проектного решения на основе композиции формальных задач выбора. Отмечены ограниченные возможности применения формализованных методов выбора архитектурного решения на ранних стадиях проектирования, в условиях недостатка объективной информации о еще не существующем объекте. На этом этапе разработки, где формируется принципиальный облик и закладывается уровень качества объекта, предложено использовать эффективные экспертные методы оценки с математической обработкой результатов коллективной экспертизы, в том числе для квалитетического анализа эстетических свойств объекта.*

*Показана возможность применения метода аддитивного суперкритерия для многокритериального выбора решения при разработке архитектурных объектов.*

**Введение.** Объективная оценка качества реализованного архитектурного или технического объекта, равно как и объекта архитектурного проектирования или дизайна, представляла собой весьма актуальную задачу во все времена. Ее корректное решение на этапе разработки проекта гарантирует успех столь ответственного и капиталоемкого артефакта, каким являются современные здания, сооружения и т.п. При этом аксиологической основой выбора проектного решения принято считать античную триаду «польза, прочность, красота» (лат. *Utilitas, Firmitas, Venustas*) [1]. Методологической базой указанной основной проектной процедуры, по нашему мнению, следует считать алгоритм *принятия решения*.

**Принятие проектного решения как формальная задача выбора.** Как учит нас современная психология (в частности, теория творчества [2]), принятие разумного проектного решения возможно как рациональными методами (сознательно), так и иррационально (интуитивно). *Интуитивное* принятие решения по определению основано на прямом усмотрении истинно верного проектного варианта, не опираясь на доказательства. При этом лицо, принимающее решения (ЛПР), с точки зрения теории управления (кибернетики) представляет собой «черный ящик», и происходящие мыслительные процессы – процедуры принятия решений не могут быть строго описаны на современном этапе развития науки. *Рациональное* решение вырабатывается с помощью логических процедур, более или менее легко поддающихся формализации. В таких условиях формальная постановка задачи принятия корректного архитектурного решения в нотации работы [3] принимает следующий вид:

$$\Omega_{оп} = C_{оп}(\Omega),$$

$\langle \Omega, ОП \rangle$

где  $\langle \Omega, ОП \rangle$  – задача принятия проектного решения;  $\Omega$  – множество вариантов;  $ОП$  – принцип оптимальности;  $C_{оп}$  – функция выбора, которая сопоставляет любому подмножеству  $X \subseteq \Omega$  его часть  $C_{оп}(X)$ ; причем отсутствие хотя бы одного из указанных элементов лишает смысла проектную задачу в целом.

Каждая задача  $\langle \Omega, ОП \rangle$  решается в два этапа:

1) формируется множество  $\Omega$  – т.е. решается задача выбора  $\langle \Omega_y, ОП_1 \rangle$ , используя условия возможности и допустимости всех рассматриваемых вариантов, при этом представление о качестве вариантов из исходного (универсального) множества  $\Omega_y$  – «тезауруса» проектировщика (т.е. ЛПР) – характеризуется соответствующим принципом оптимальности  $ОП_1$ ;

2) решается задача выбора  $\langle \Omega, ОП \rangle$ , где  $\Omega$  известно, а принцип оптимальности  $ОП$  определяет понятие о лучших вариантах, принадлежащих  $C_{оп}(\Omega)$ .

Таким образом, *общая задача принятия проектного решения сводится к определенной последовательности формальных задач выбора оптимального варианта разрабатываемого объекта*. В то же время принцип оптимальности проектного решения представляет собой определенную комбинацию установленных ЛПР критериев выбора. Последние могут быть качественными или выражаться численными показателями.

**Математические методы критериального выбора.** Эта группа методов гарантирует получение (квази)оптимального решения при истинных начальных условиях и корректной интерпретации результатов математического моделирования. Критериальный язык описания процедур выбора основан на пред-

положении, что каждый рассматриваемый вариант можно оценить конкретным числом (значением критерия) и сравнение вариантов сводится к сравнению соответствующих им чисел. Если  $x$  – некоторый вариант из множества  $X$ , то считается, что для всех  $x \in X$  может быть задана функция  $q(x)$  такая, что если вариант  $x_1$  предпочтительнее варианта  $x_2$  ( $x_1 > x_2$ ), то  $q(x_1) > q(x_2)$  и наоборот. Следовательно, наилучшим вариантом является тот, который обладает наибольшим значением критерия:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} q(x).$$

Простейший случай однокритериального выбора проектного решения практически не встречается в архитектурной практике, и оценивание любого варианта единственным числом является, строго говоря, неприемлемым упрощением. Более полное рассмотрение проектного решения приводит к необходимости оценивать его не по одному, а одновременно по нескольким критериям  $q_i(x)$ ,  $i = 1, \dots, p$ , качественно различающимся между собой.

Если в этой ситуации отказаться от выделения единственного оптимального варианта, который обязательно должен быть лучше других по всем равноважным критериям, то в результате попарного сравнения худшие по всем критериям варианты отбрасываются, а оставшиеся (недоминируемые) образуют так называемое «Парето множество» квазиоптимальных решений (рис. 1, а), отмеченные жирной линией на участке «северо-восточной» границы. Окончательное решение из них выбирается ЛПР непосредственно или после применения других методов. Остальные формализованные способы многокритериального выбора требуют от ЛПР предварительного ранжирования критериев. Так, в методе «уступок» все критерии упорядочиваются в порядке убывания их важности. Берется первый из них и находится лучший вариант по этому критерию (на рис. 1, б это  $x_2^*$ , если самым важным критерием является  $q_2$ , и  $x_4^*$ , если им является  $q_1$ ). Затем определяется «уступка»  $\Delta q_2$ , т.е. величина, на которую ЛПР согласно уменьшить достигнутое в проектных вариантах значение самого важного критерия, чтобы за счет уступки попытаться увеличить, насколько возможно, значение следующего по важности критерия и т.д. На рисунке 1, б выбранные таким образом варианты изображены точками  $x_3^*$  и  $x_5^*$ .

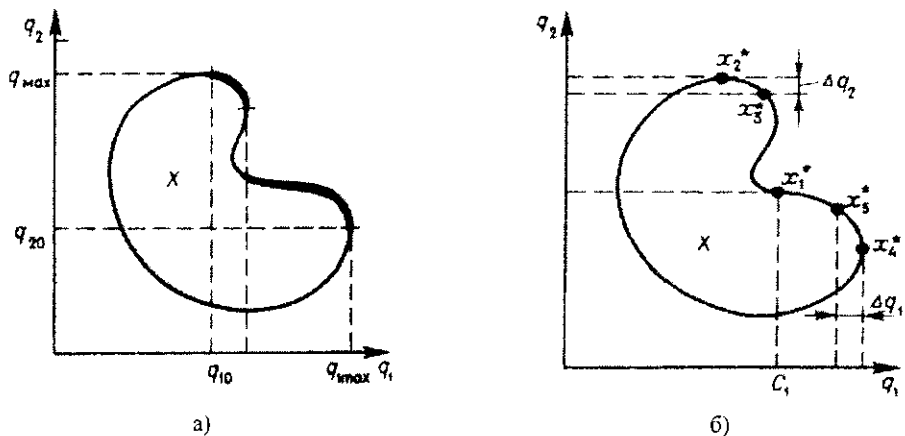


Рис. 1. Графическая интерпретация множества Парето (а) и метода уступок (б) [4]

Существуют также методы решения задачи многокритериального выбора сведением ее к однокритериальной путем введения так называемого *суперкритерия*. Для этого в простейшем случае в качестве суперкритерия принимается самый важный из всех, и выбор варианта осуществляется исходя из максимального значения суперкритерия. Остальные критерии переводятся в разряд ограничений. Для них ЛПР определяет соответствующие приемлемые значения. Более гибким оказывается подход к формированию суперкритерия в виде скалярной функции векторного аргумента и ее максимизации:

$$x^* = \arg \max_{x \in X} q_0(q_1(x), \dots, q_p(x)).$$

Чаще всего при этом используется аддитивная функция

$$q_0 = \sum_{i=1}^p \alpha_i q_i', \quad \sum_{i=1}^p \alpha_i = 1,$$

где  $q_i' \leq 1$  – нормированное (безразмерное) значение частного  $i$ -го критерия;  $\alpha_i$  – важность  $i$ -го критерия, т.е. его вклад в значение суперкритерия  $q_0$ .

Следует отметить ограниченные возможности применения рассмотренных формализованных методов выбора архитектурного решения на ранних стадиях проектирования, в условиях недостатка объективной информации о еще не существующем объекте. На этом этапе разработки, где формируется принципиальный облик и закладывается уровень качества объекта, целесообразно использовать эффективные экспертные методы оценки и принятия проектных решений.

**Экспертные методы оценки качества проектных решений.** В работе [3] показано, что на различных этапах принятия решений возникают задачи оценивания, общий смысл которых состоит в сопоставлении рассматриваемому варианту, критерию и т.п. вектора из евклидова пространства  $E_m$ . Эти задачи решают эксперты, обладающие специальными знаниями и опытом работы в предметной области. В архитектурном проектировании предлагаемые варианты в зависимости от масштаба, назначения объекта и стадии разработки оцениваются непосредственно автором, заказчиком, главным специалистом, творческим коллективом, архитектурным советом и т.д.

В общем случае при проведении любой экспертизы после определения разнообразия возможных оценок (множество  $\Omega$ ) устанавливается шкала оценок для экспертов  $\Omega_{\Sigma}$  (рис. 2). В ходе коллективной экспертизы ее участники могут вступать или не вступать в дискуссию (взаимодействие  $L$ ). При необходимости процесс обсуждения повторяется по каналу обратной связи  $Q$ .

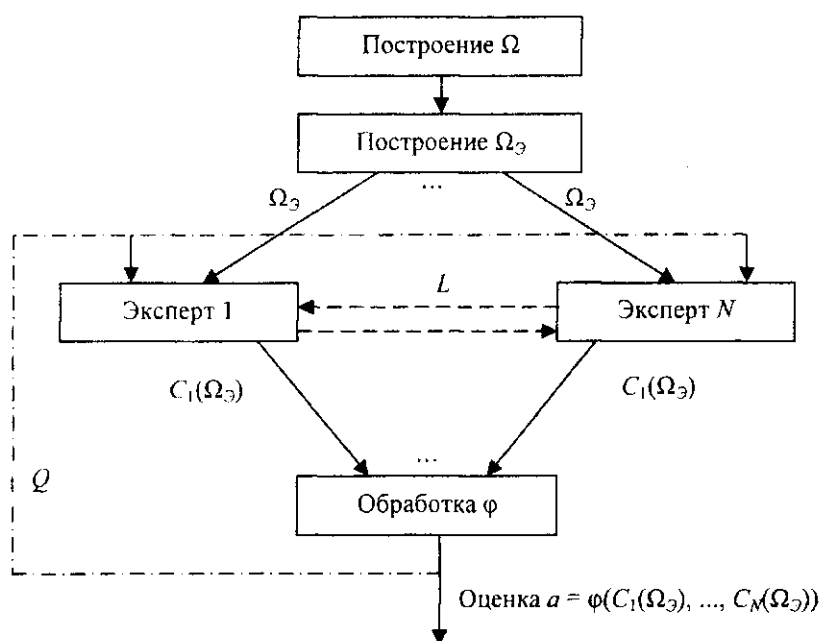


Рис. 2. Блок-схема общего алгоритма экспертизы:

$\Omega$  – универсальное множество допустимых оценок;  $\Omega_{\Sigma}$  – множество допустимых оценок для экспертов;  
 $L$  – взаимодействие между экспертами;  $Q$  – обратная связь;  $\varphi : \Omega_{\Sigma} \rightarrow \Omega$  – обработка

Таким образом, каждая экспертиза проходит в две стадии:

- 1) подготовка;
- 2) реализация (получение и обработка экспертной информации).

В современных условиях создания сложных архитектурных комплексов в проектом процессе участвуют целые коллективы разработчиков. В этой ситуации для принятия решения экспертными методами на стадии подготовки целесообразно формирование группы специалистов с учетом показателя компетентности каждого участника  $k_{ki}$ :

$$k_{ki} = \frac{k_{ai} + k_{oci}}{k_{ai\max} + k_{oci\max}},$$

где  $k_{ai}$  – коэффициент аргументации;  $k_{oci}$  – коэффициент осведомленности эксперта [5].

Рассчитанные таким образом значения используются для определения соответствия условию репрезентативности  $2/3 \leq W \leq 1$  путем вычисления соответствующего коэффициента:

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_{xi},$$

где  $n$  – количество экспертов.

Групповое или индивидуальное решение формируется, например, популярным методом попарного сопоставления сколь угодно большого числа вариантов. При этом их номера последовательно записываются в столбец и в строку. На пересечении строки и столбца фиксируются номера тех вариантов, которые оказываются более важными при парном сравнении. Последний столбец матрицы содержит количество предпочтений, полученных каждым вариантом в соответствующей строке, ко всем остальным. Эти числа могут быть нормированы по сумме предпочтений и выражены в долях или процентах.

Более сложный и достоверный выбор может быть осуществлен методом расстановки приоритетов [6]. Здесь учитывается не только сам факт предпочтения одного варианта над другим, но и значимость критерия, по которому это предпочтение выявлено. Оценка осуществляется с помощью комплексных приоритетов, рассчитываемых для каждого  $i$ -го варианта по формуле:

$$P_{iком} = \sum_{j=1}^p \beta'_j P'_{ij},$$

где  $\beta'_j$  – важность  $j$ -го критерия;  $P'_{ij}$  – относительный приоритет  $i$ -го варианта по  $j$ -му критерию;  $p$  – количество вариантов.

В настоящее время наиболее формализованным способом принятия решений, в том числе проектных, считается метод анализа иерархий (МАИ).

В работе [7] на примере решения задачи выбора жилого дома (рис. 3) автором МАИ Т.Л. Саати проиллюстрированы основные процедуры принятия решения потребителем (заказчиком).

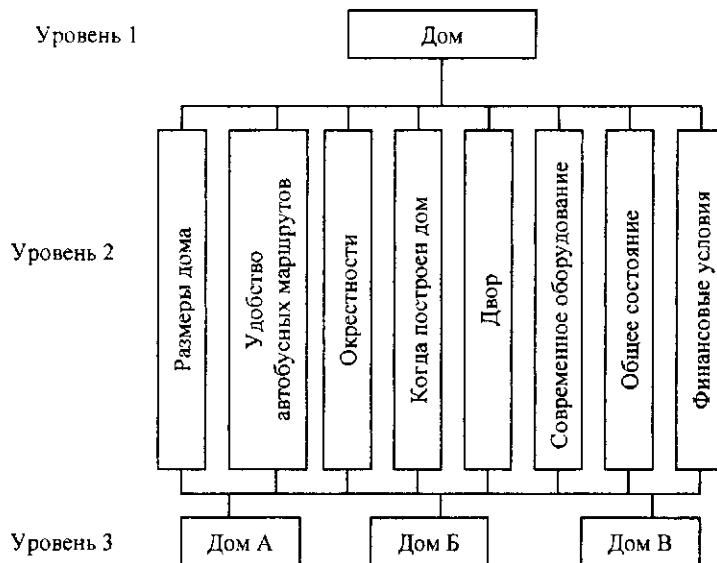


Рис. 3. Декомпозиция задачи принятия решения в иерархию

Метод анализа иерархий проводится в несколько этапов:

- 1) формулируется общая проблема;
  - 2) строится иерархия, начиная с первого уровня (цели, «фокуса»), через промежуточный уровень – критериальный – к самому нижнему уровню конкурирующих вариантов (альтернатив);
  - 3) строится матрица попарных сравнений для элементов нижнего уровня;
  - 4) индексы вариантов перемножаются на приоритет соответствующего критерия.
- Таким образом в МАИ выявляется оптимальное проектное решение.

**Квалиметрия проектных вариантов.** Основная проблема при использовании того или иного метода принятия (выбора) проектного решения – достоверная оценка предлагаемых вариантов. В современных условиях ее целесообразно осуществлять на основе развитого аппарата архитектурно-строительной квалиметрии [8] с использованием средств компьютерной техники.

Наибольшее затруднение, как известно, вызывает объективная оценка эстетических свойств объекта проектирования. Эстетические свойства архитектурной формы реализуются в процессе эстетического восприятия. В то же время в процессе восприятия архитектурной среды ее объекты реализуются не только в качестве эстетической ценности, но и в своей функциональной (предметной) сущности (рис. 4).

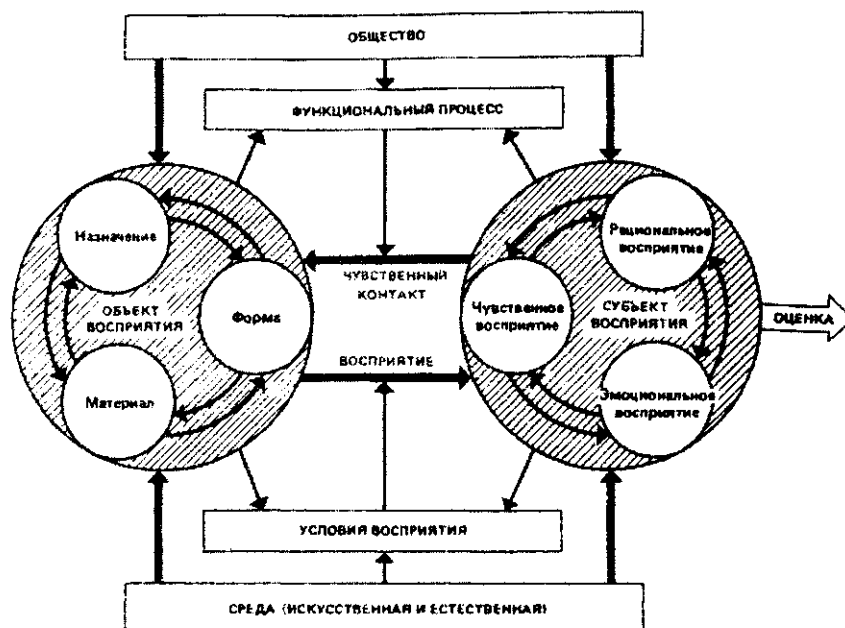


Рис. 4. Принципиальные связи в эстетической оценке

Источник: [9].

В эстетической оценке архитектурной среды ценностные отношения устанавливаются между архитектурной формой и человеком (группой людей, социальной общностью), выступающим как в качестве потребителя среды, так и в качестве ее создателя (архитектора).

Эстетическая оценка относительна, она изменяется в зависимости от ее субъекта, к тому же и у одного субъекта оценка с течением времени может изменяться. Поэтому в самом общем виде оценочное суждение «здание красиво» означает, что эстетические качества здания положительно оцениваются субъектом *A* во время *T* с точки зрения *B*. Вместе с тем субъективная оценка предмета каждым индивидуумом есть одновременно оценка общечеловеческая и социальная. В ней отражены эстетические идеалы и критерии красоты, характерные для той общности (общество, класс, группа и т.д.), к которой принадлежит индивидуум, а также наиболее характерные условия восприятия, обусловленные самим функциональным режимом процесса (время суток, положение субъекта, его подготовленность и т.д.). Поэтому в обыденной жизни можно говорить о более или менее идентичной эстетической оценке среды многими людьми, что, естественно, не исключает субъективных отклонений от этой общей усредненной оценки.

Определение того, «во сколько раз одна форма красивее другой», может, в частности, производиться выражением эстетической стоимости обоих вариантов в баллах [9]. Операции такой оценки предполагают описание эстетических свойств формы в виде иерархической структуры («дерева свойств»). Для их выполнения можно воспользоваться практическими рекомендациями автора работы [10], предложившего рассматривать совокупность эстетических свойств объекта архитектуры в качестве «многофакторной, многоуровневой, малоструктурированной иерархической системы со слабым взаимодействием составляющих ее элементов». Для каждого свойства, входящего в «дерево», определяется его значимость с точки зрения влияния на общее качество формы. Значимость эта выражается установленным коэффициентом весомости отдельных свойств. Оценка качества формы сводится к оценке экспертами про-

стных свойств (крайних «ветвей дерева»), переводу этой оценки в отвлеченные числа (баллы) и суммированию баллов с учетом коэффициента весомости отдельных свойств. Общая оценка выражается некоторой суммой баллов, которая тем больше, чем выше эстетическая стоимость оцениваемых объектов.

Подобное представление позволяет, в частности, использовать объективную количественную характеристику какого-либо из композиционно-эстетических свойств архитектурного решения в виде безразмерного отношения определенных геометрических параметров [10].

Таким образом, за основу количественного сравнения архитектурной композиции по выделенному эстетическому свойству можно принять отношение максимальных значений характерных параметров (габаритов) ее геометрической структуры (например, для прямоугольной фигуры – размеров сторон; для эллипса (круга) – диаметров; для треугольника – высоты к основанию; наконец, для фигуры общего вида – числовых значений двух основных измерений).

**Заключение.** Методологической основой создания любой архитектурной формы является логическая процедура принятия решения. Общая задача принятия проектного решения (архитектурного или дизайнерского) сводится к определенной последовательности формальных задач выбора оптимального варианта разрабатываемого объекта. Эти задачи в корректной, т.е. критериальной, постановке успешно решаются средствами математического программирования. Однако на ранних стадиях проектирования наиболее эффективны экспертные методы выбора решения с математической обработкой их результатов. Ранжирование вариантов объекта проектирования, в том числе с учетом трудно формализуемой оценки его эстетических свойств, возможно осуществить путем квалиметрического анализа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедева, Г.С. Триада Витрувия и современная теория архитектуры / Г.С. Лебедева // Архитектура СССР. – 1976. – № 6. – С. 54 – 56.
2. Шумилин, А.Т. Проблемы теории творчества / А.Т. Шумилин. – М.: Высш. шк., 1989. – 143 с.
3. Теория выбора и принятия решений. – М.: Наука, 1982. – 328 с.
4. Перегудов, Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 367 с.
5. Моисеева, Н.К. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа / Н.К. Моисеева, М.Г. Карпунин. – М.: Высш. шк., 1988. – 192 с.
6. Блумберг, В.А. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов / В.А. Блумберг, В.Ф. Глушенко. – Л.: Лениздат, 1982. – 160 с.
7. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
8. Азгальдов, Г.Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / Г.Г. Азгальдов. – М.: Стройиздат, 1989. – 264 с.
9. Мардер, А.П. Эстетика архитектуры: Теоретические проблемы архитектурного творчества / А.П. Мардер. – М.: Стройиздат, 1988. – 216 с.
10. Божко, Ю.Г. Эстетические свойства архитектуры. Моделирование и проектирование. – Киев: Будівельник, 1990. – 144 с.

*Поступила 12.05.2008*