УДК 332.821:365.24

Макаров Д.В., Зайцева И.А.,
ФГБОУ ВПО
«Ивановский государственный политехнический университет»

Реализация принципов метода анализа иерархий в жилищно-коммунальном хозяйстве

В статье рассмотрены теоретические и практические особенности применения метода анализа иерархий в жилищно-коммунальном хозяйстве для определения очередности выполнения ремонтных работ в жилищном фонде. Особое внимание уделяется математическим ручным способам вычисления главного собственного вектора приоритетов.
Ключевые слова: метод анализа иерархий, приоритеты, выбор, жилищно-коммунальное хозяйство, ремонт

Implementation of the principles of the method of analysis of hierarchies in housing and communal services

D.V. Makarov, I.A. Zaitseva

На современном этапе развития жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) у управляющих компаний возникает необходимость в обоснованности принятия управленческих решений. Каждое решение должно приниматься на основании конкретных рекомендаций и в соответствии с установленными нормами. Очень часто управленческие решения принимаются «интуитивно» и в конфликтной ситуации их обоснованность может быть оспорена. Для того, что бы этого не происходило, и предлагается использовать метод анализа иерархий (МАИ), когда в подтверждение каждому управленческому решению может быть предоставлен математический расчет, подтверждающий обоснованность данного решения.

Ряд авторов с помощью метода анализа иерархий предлагают формирование и выбор конкурентной стратегии. Однако их теоретические суждения сводятся к описанию методики, упуская при этом практическую реализацию принципов МАИ. Поскольку сложности использования данного метода в отличие от других экспертных состоят не в том, чтобы произвести попарные сравнения, оценивая сразу и качественные, и количественные характеристики посредством перехода к безразмерным показателям, а дать этим показателям объективную интерпретацию [1].

Рассмотрим реализацию принципов МАИ в определение очередности выполнения работ по ремонту жилищного фонда в системе ЖКХ на практике.

Плата собственников жилья за содержание их дома в пригодном для жизни состоянии напоминает страховые отчисления. Каждый месяц небольшая сумма отчисляется обслуживающей организации, что бы в случае чрезвычайных ситуаций был проведен соответствующий ремонт в необходимом объеме. Данный подход важен тем, что, например, в случае капитального ремонта кровли, нужную крупную сумму сложно собрать оперативно и в необходимом количестве, а промедление грозит протечками и увеличением объемов работ по ремонту и как следствие новыми денежными затратами. Регулярные отчисления же позволяют иметь необходимый денежный фонд и произвести устранение, каких либо неисправностей достаточно быстро. Однако в жизни часто встречаются ситуации заставляющие решать проблему выбора.

Допустим, что в каком либо жилом доме, постройки годов 50-60-х XX века, возникла необходимость замены стояков отопления в ряде квартир. В бюджете на ремонт данного здания имеется дефицит вызванный, например, вышеуказанным ремонтом кровли, вследствие чего предоставляется возможным выполнить своевременную замену стояков отопления только у 60% нуждающихся в этом. Владельцы квартир осуществляют выплаты на содержание своего дома точно в срок и в полном объеме, а, следовательно, в этом отношении приоритетов друг перед другом не имеют.

При обычном подходе к решению данной задачи, когда ответственное лицо, руководствуясь своим личным мнением на ситуацию, либо в порядке очередности подачи заявок определяет помещения, в которых будет произведен ремонт, владельцы квартир в которых замена стояков не была проведена, могут обратиться в суд и опротестовать решение управляющей компании. Ведь такой факт, как прорыв трубы отопления ведет к затоплению квартиры, а также всех помещений, что находятся этажами ниже. Для устранения данной аварии потребуется отключение системы, что в условиях зимы ведет к причинению ущерба другим жильцам. В данной ситуации руководствоваться принципом простой очередности крайне не целесообразно.

Что бы подобная ситуация не возникла, рекомендуется принимать к действию механизм выбора основанный на МАИ. В данном методе должны учитываться различные факторы, влияющие на выбор: степень угрозы разрушения, расположение квартиры, наличие малолетних детей и т.д. В результате каждый собственник должен получить подробный ответ на основании чего и, в соответствии с чем, был сделан выбор.

Допустим, необходимо выбрать квартиру, где необходимо произвести замену стояков отопления. Выбирать приходится из двух квартир расположенных на одном этаже, но в 1-ой квартире проживают двое малолетних детей с родителями, а во второй один работающий мужчина. Следует так же отметить, что в первой квартире оплата коммунальных услуг производится в полном объеме и в срок, жилец второй квартире периодически задерживает оплату.

Для выбора мы располагаем такими критериями как:

- этаж, на котором располагается квартира, коротко обозначим этот критерий

«ЭТАЖ»,

- наличие малолетних детей, пожилых людей и инвалидов, обозначим – «СОЦИАЛЬНЫЙ ФАКТОР»
- регулярная оплата коммунальных услуг, обозначим – «ФИНАНСОВЫЙ ФАКТОР»

Используя метод анализа иерархий, поэтапно решаем следующие взаимосвязанные частные задачи:

- построение иерархической структуры показателей (признаков);
- оценивание значимости отдельных частных показателей для каждого уровня иерархии;
- равнение имеющихся альтернатив и выбор наилучшей из них.

Это выражается в следующих действиях:

1 этап: Анализ проблемы принятия решений в МАИ начинается с построения иерархической структуры, которая включает цель, критерии, альтернативы и другие рассматриваемые факторы, влияющие на выбор. Эта структура отражает понимание проблемы лицом, принимающим решение. Каждый элемент иерархии может представлять различные аспекты решаемой задачи, причем во внимание могут быть приняты как материальные, так и нематериальные факторы, измеряемые количественные параметры и качественные характеристики, объективные данные и субъективные экспертные оценки [3]. Иными словами, анализ ситуации выбора решения в МАИ напоминает процедуры и методы аргументации, которые используются на интуитивном уровне.

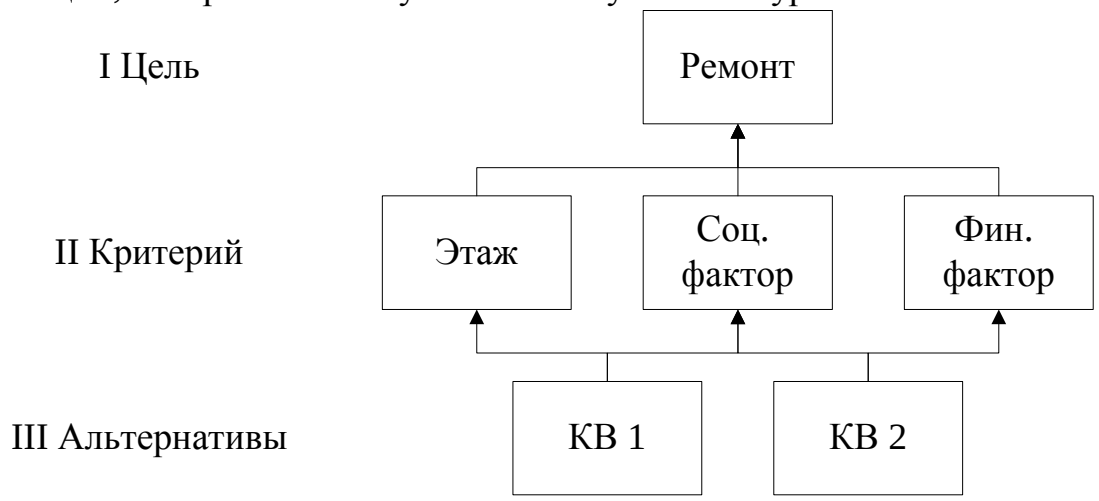

Рис. 1. *Структура иерархии выбора объекта*

На орграфе G (рис. 8) показаны связи (т.е. обусловленности) между объектами O1, O2, …, O6. Если внимательно посмотреть на иерархию, то можно увидеть как зависимые, так и независимые друг от друга направления развития. Другими словами между направлениями отсутствует четкая стратификация. (Stratification - процесс деления совокупности на подсовокупности, каждая из которых представляет собой группу единиц выборки со сходными характери-

стиками [2]).

Требуется осуществить выбор из множества альтернатив, представленных направлениями развития отраслей социальной сферы, по утвержденным шести критериям (табл. 2).

Таблица 1

Критерии выбора приоритетных направлений выбора места ремонта

Обозначение показателя	Показатель
Уровень I	Цель
O1	Ремонт
Уровень II	Критерии
O_2	Этаж
O_3	Социальный фактор
O_4	Финансовый фактор
Уровень III	Альтернативы (направления выбора)
O_5	Квартира № 1
O_6	Квартира № 2

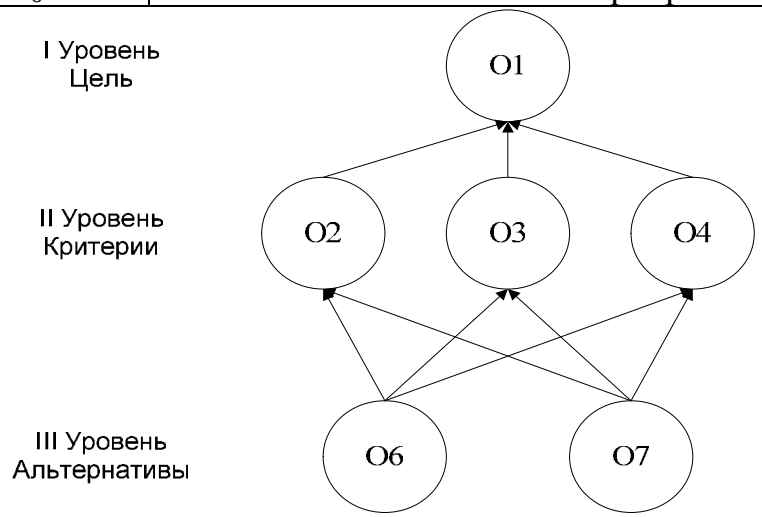

Рис. 2. *Орграф G – иерархия «выбор объекта»*

2 этап: Следующим этапом анализа является определение приоритетов, представляющих относительную важность или предпочтительность элементов построенной иерархической структуры, с помощью процедуры парных сравнений. Данная таблица строится на основе работы группы экспертов, состоящих из 6 человек (табл. 2). Безразмерные приоритеты, позволяют обоснованно сравнивать разнородные факторы, что является отличительной особенностью МАИ.

Таблица 2

Результаты опроса экспертов

	1 эксперт	2 эксперт	3 эксперт	4 эксперт	5 эксперт	6 эксперт	Средний бал
Во сколько раз этаж зна-	1	3	2	3	2	1	2

чительнее социального фактора для достижения цели (относительно цели)?							
Во сколько раз этаж значительнее финансового фактора?	3	4	6	4	5	2	4
Во сколько раз социальный фактор значительнее финансового фактора?	3	6	5	4	6	6	5

На основании результатов опроса экспертов, используя шкалу сравнений, разработанную Т. Саати [4], составим матрицу Q1 парных сравнений объектов О2, О3, … , О6 относительно цели О1 (табл. 3).

Таблица 3

Таблица парных сравнений

Z1 цель	Этаж	Соц. фактор	Финанс. фактор	Т i,1
Этаж	1	2	4	Т2,1
Соц. фактор	1/2	1	5	Т3,1
Финанс. фактор	1/4	1/5	1	Т4,1

Ti,1| i=2,3,4

Из таблицы 3 составляем матрицу парных сравнений Q1

$$Q1= \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 1/2 & 1 & 5 \\ 1/4 & 1/5 & 1 \end{vmatrix}$$

3 этап: Следующий шаг состоит в вычислении вектора приоритетов по данной матрице. В математических терминах это – вычисление главного собственного вектора, который после нормализации становится вектором приоритетов.

Многие авторы используют пакеты MathCad, MathLab, в связи с чем не совсем понятен ход рассуждений и техника вычислений [2]. Мы предлагаем рассмотреть решение проблемы МАИ в условиях отсутствия ЭВМ следующими четырьмя способами (предложенными Т. Саати [4]), которые представлены ниже в порядке увеличения точности оценок.

1 способ: Суммировать элементы каждой строки и нормализовать делением каждой суммы на сумму всех элементов; сумма полученных результатов будет равна единице. Первый элемент результирующего вектора будет приоритетом первого объекта, второй – второго объекта и т.д.

2 способ: Суммировать элементы каждого столбца и получить обратные величины этих сумм. Нормализовать их так, чтобы их сумма равнялась единице, разделить каждую обратную величину на сумму всех обратных величин.

3 способ: Разделить элементы каждого столбца на сумму элементов этого

столбца (т.е. нормализовать столбец), затем сложить элементы каждой полученной строки и разделить эту сумму на число элементов строки. Это – процесс усреднения по нормализованным столбцам.

4 способ: Умножить n элементов каждой строки и извлечь корень n-й степени. Нормализовать полученные числа.

Результаты расчета парных сравнений относительно цели представлены в табл. 4.

Таблица 4

Таблица парных сравнений относительно цели

Z1 цель	Этаж	Соц. фактор	Финанс. фактор	T i,1			
				1	2	3	4
Этаж	1	2	4	0,468	0,5807	0,5321	0,5368
Соц. фактор	1/2	1	5	0,435	0,3176	0,3660	0,3642
Фин. фактор	1/4	1/5	1	0,097	0,1016	0,1017	0,0988

Дальнейшие действия заключаются в том, что, используя тот же алгоритм, мы последовательно сравниваем обе квартиры по всем трем критериям и находим векторы приоритетов полученных матриц Q2, Q3, Q4.

Производим сравнение квартир по критерию «ЭТАЖ» (табл. 5). Поскольку квартиры находятся на одном этаже, группа экспертов пришла к заключению, что по значимости критерия «ЭТАЖ» эти квартиры находятся в равных условиях.

Таблица 5

Таблица парных сравнений по критерию «Этаж»

Этаж	КВ1	КВ2	Ti,2
КВ1	1	1	T5,2=0,5
КВ2	1	1	T6,2=0,5

Следующим действием проводим сравнение квартир по критерию «СОЦИАЛЬНЫЙ ФАКТОР» (табл. 6). Поскольку в первой квартире проживают малолетние дети, и отключение отопления в зимний период может угрожать их здоровью, группа экспертов пришла к заключению, что по значимости критерия «Социальный фактор» первая квартира обладает приоритетом.

Таблица 6

Таблица парных сравнений по критерию «Социальный фактор»

Соц. фактор	КВ1	КВ2	Ti,3
КВ1	1	5	T5,3=0,83333
КВ2	1/5	1	T6,3=0,16666

Дальше проводим сравнение квартир по критерию «ФИНАНСОВЫЙ ФАКТОР» (табл. 7). Поскольку во второй квартире регулярно задерживается

оплата коммунальных услуг, группа экспертов пришла к заключению, что по значимости критерия «Финансовый фактор» первая квартира обладает приоритетом.

Таблица 7

Таблица парных сравнений по критерию «Финансовый фактор»

Фин. фактор	КВ1	КВ2	Ti,4
КВ1	1	9	T5,4=0,900
КВ2	1/9	1	T6,4=0,100

Реализация принципа синтеза составляет содержание третьего этапа. Искомые веса объектов определяются последовательно, начиная со второго уровня иерархии в соответствии с решающим правилом.

На основании полученных результатов формируем матрицу T_i – главная матрица МАИ, 6*6, где i – номер способа:

$$T_1 = \begin{vmatrix} 1 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,468 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,435 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,097 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,000 \\ 0,000 & 0,500 & 0,833 & 0,900 & 0,000 & 0,000 \\ 0,000 & 0,500 & 0,166 & 0,100 & 0,000 & 0,000 \end{vmatrix}$$

$$T_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,5807 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,3176 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,1016 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,5000 & 0,8338 & 0,9000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,5000 & 0,1661 & 0,0999 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix}$$

$$T_3 = \begin{vmatrix} 1 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,5321 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,3660 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,1070 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,5000 & 0,8330 & 0,9000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,5000 & 0,1660 & 0,0999 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix}$$

$$T_4 = \begin{vmatrix} 1 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,5368 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,3642 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0988 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,5000 & 0,8330 & 0,9000 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,5000 & 0,1660 & 0,0999 & 0,0000 & 0,0000 \end{vmatrix}$$

1-ый столбец – подставляем значения приоритетов матрицы Q1 (ЭТАЖ, СОЦИАЛЬНЫЙ ФАКТОР, ФИНАНСОВЫЙ ФАКТОР).

2-ой, 3-ий, 4-ый столбцы – подставляем значения приоритетов матриц Q2, Q3,Q4 соответственно.

M – количество критериев (M = 3)

Искомый вектор приоритетов находим при помощи формулы TM-1*Z0=Z

где,

$$Z0 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \qquad T2*Z0 = \begin{vmatrix} 1 \\ 0{,}468 \\ 0{,}435 \\ 0{,}097 \\ 0{,}683655 \\ 0{,}31591 \end{vmatrix}$$

Нормализуем полученные числа:

$$0{,}468 = \frac{0{,}468}{0{,}468+0{,}435+0{,}097} \qquad 0{,}435 = \frac{0{,}435}{0{,}468+0{,}435+0{,}097} \qquad 0{,}097 = \frac{0{,}097}{0{,}468+0{,}435+0{,}097}$$

$$0{,}6839 = \frac{0{,}683655}{0{,}683655+0{,}31591} \qquad 0{,}3160 = \frac{0{,}31591}{0{,}683655+0{,}31591}$$

Аналогичные расчеты производят другими тремя способами, результаты которых представлены в табл. 8.

Таблица 8

Сравнение вариантов

	1 способ	2 способ	3 способ	4 способ
Этаж	0,468	0,5807	0,5294	0,5369
Соц. фактор	0,435	0,3176	0,3640	0,3642
Фин. фактор	0,097	0,1016	0,1070	0,0988
Кв. №1	***0,6839***	***0,6467***	***0,6641***	***0,6610***
Кв. №2	***0,3160***	***0,3533***	***0,3359***	***0,3389***

Принимается решение: Ремонт будет произведен в квартире № 1

На этом перечень способов не заканчивается, поскольку существуют еще более точные и технически сложные приемы расчетов, основанный на вычислении, например, методом Крамера или Гаусса. Ниже представлены результаты расчетов на основе использования метода Крамера. Однако следует отметить, что выполнение таких сложных вычислений требует применения технических средств.

$$Q1= \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 1/2 & 1 & 5 \\ 1/4 & 1/5 & 1 \end{vmatrix}$$

Вводим 3-х мерный вектор столбец.

$$X= \begin{vmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{vmatrix} \qquad Q1*x=\lambda x \quad \text{или} \quad \begin{vmatrix} 1 & 2 & 4 \\ 0{,}5 & 1 & 5 \\ 0{,}25 & 0{,}2 & 1 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{vmatrix} = \lambda * \begin{vmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{vmatrix}$$

Где λ – число собственное, его и ищем, это самое большое, max число.

Алгоритм расчета:

строку умножаем на столбец

$$\begin{cases} 1*x1+2*x2+4*x3=\lambda*x1 \\ 0{,}5*x1+1*x2+5*x3=\lambda*x2 \\ 0{,}25*x1+0{,}2*x2+1*x3=\lambda*x3 \end{cases}$$

Однорядная система 3-хлинейных уровней, где выражение приравнивается к нулю |A-λE| = 0.

$$\begin{cases} (1-\lambda)*x1+2*x2+4*x3=\lambda*x1 \\ 0{,}5*x1+(1-\lambda)*x2+5*x3=\lambda*x2 \\ 0{,}25*x1+0{,}2*x2+(1-\lambda)*x3=\lambda*x3 \end{cases},$$

которая имеет решение только в одном случае – ее определитель (детерминант) dct=0.

Запишем определитель в матричной форме:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1-\lambda & 2 & 4 \\ 0{,}5 & 1-\lambda & 5 \\ 0{,}25 & 0{,}2 & 1-\lambda \end{vmatrix} = 0,$$

где Δ - определитель.

$((1-\lambda)^3+0{,}5*0{,}2*4+0{,}25*2*5) – (0{,}25*4*(1-\lambda)+(1-\lambda)*0{,}2*5+0.5*2*(1-\lambda)) =$

$= (1-\lambda)^3-0{,}1+3\lambda = -\lambda^3+3\lambda^2+0{,}9 = 0$

Решаем кубическое уравнение и находим его корни:

λ1 = 3,0940 принимаем для расчета, так как это max значение.

λ2 = -0,047+0,5373*i λ3 = -0,047-0,5373*i $i=\sqrt{-1}$

λ2 и λ3 – в расчете не используем.

Получив значение λ, можно решить систему подставляя λ

$$\begin{cases} (1-3{,}0940)*x1+2*x2+4*x3=0 \\ 0{,}5*x1+(1-3{,}0940)*x2+5*x3=0 \\ 0{,}25*x1+0{,}2*x2+(1-3{,}0940)*x3=0 \end{cases}$$

Приводим коэффициент при x1 к единице:

$$\begin{cases} -2{,}094*x1+2*x2+4*x3=0 \\ 0{,}5*x1-2{,}094*x2+5*x3=0 \\ 0{,}25*x1+0{,}2*x2-2{,}094*x3=0 \end{cases}$$

Вычитаем 1 уравнение из 2-го и 3-го:

$$\begin{cases} x1-0{,}955*x2-1{,}910*x3=0 \\ x1-4{,}188*x2+10*x3=0 \\ x1+0{,}8*x2+8{,}376*x3=0 \end{cases}$$

Получаем

$$\begin{cases} x1-0{,}955*x2-1{,}910*x3=0 \\ -3{,}233*x2+11{,}91*x3=0 \\ 1{,}755*x2-6{,}466*x3=0 \end{cases}$$

Выражаем x2 через x3:

$$\begin{cases} x1-0{,}955*x2-1{,}910*x3=0 \\ x2=3{,}684*x3 \\ x2=3{,}684*x3 \end{cases}$$

Выражаем x1 через x3: x1 = 0,955*3,684*x3 + 1,910*x3 = 5,43x3 x1 = 5,43x3

Выражаем x2 через x1: x2 = 3,684*x3 = 3,684*0,184*x1 = 0,678*x1 x2 = 0,678x1

Решаем систему методом Крамера:

x1 = Δ1/Δ $x1 = \frac{5{,}43*x3}{\sqrt{(5{,}43*x3)^2+(3{,}684*x3)^2+(x3)^2}}$

принимаем x3 = 1

x1 = 5,43/6,64 = 0,8180 x2 = Δ2/Δ $x2 = \frac{3{,}684*x3}{\sqrt{(5{,}43*x3)^2+(3{,}684*x3)^2+(x3)^2}}$

принимаем x3 = 1

x2 = 3,684/6,638 = 0,5551 x3 = Δ3/Δ $x3 = \frac{0{,}184 * x1}{\sqrt{(x1)^2+(0{,}678 * x1)^2+(0{,}184 * x1)^2}}$

принимаем x1 = 1

x2 = 0,184/1,222 = 0,1507

λ1=3,0940 | => $X = \begin{vmatrix} 0{,}8181 \\ 0{,}5551 \\ 0{,}1507 \end{vmatrix}$

Индекс согласованности для матрицы Q1:

$$ИС = \frac{\lambda max - 3}{3 - 1} = \frac{3.0940 - 3}{2} = 0.047 < 0.1$$

Это означает, что индекс согласованности находится на приемлемом уровне, а следовательно эксперты были компетентны и подобраны правильно.

Дальнейшие действия заключаются в том, что используя тот же алгоритм, мы последовательно сравниваем обе квартиры по всем трем критериям и находим векторы приоритетов полученных матриц Q2, Q3, Q4.

Таблица 9

Таблица парных сравнений

Этаж	КВ1	КВ2	Ti,2
КВ1	1	1	T5,2=0.7071
КВ2	1	1	T6,2=0.7071

Таблица 10

Таблица парных сравнений

Соц. фактор	КВ1	КВ2	Ti,3
КВ1	1	5	T5,3=0.9806
КВ2	1/5	1	T6,3=0.1961

Таблица 11

Таблица парных сравнений

Фин. фактор	КВ1	КВ2	Ti,4
КВ1	1	9	T5,4=0.9939
КВ2	1/9	1	T6,4=0.1104

T – главная матрица МАИ, 6*6

$$T = \begin{vmatrix} 1 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}8180 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}5551 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}1507 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}7071 & 0{,}9806 & 0{,}9939 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \\ 0{,}0000 & 0{,}7071 & 0{,}1961 & 0{,}1104 & 0{,}0000 & 0{,}0000 \end{vmatrix}$$

Искомый вектор приоритетов находим при помощи формулы $T^{M-1}*Z0=Z$ и нормализуем полученные числа: 1– Цель,

0,5368 – Этаж,

0,3643 – Социальный фактор,

0,0989 – Финансовый фактор,

0,6438 – Квартира №1,

0,3562 – Квартира №2.

Принимается решение: **Ремонт будет произведен в квартире № 1.**

Конечно, это не универсальные методы и возможны ситуации, когда решение, найденное МАИ, не может служить единственно верным решением, но в большинстве случаев использование МАИ позволит определить оптимальную последовательность ремонтных работ, сэкономить денежные средства и минимизировать конфликтные ситуации между гражданами. Таким образом, приняв способ, основанный на методе Крамера, как наиболее точный, остальные другие способы будут отличаться максимальной точностью результатов либо минимальной величиной погрешности.

Список литературы:

1. Илларионов М.Г. Управленческие решения: методы обоснования альтернатив: учеб.-метод. пособие. – Казань: Издательство ИЭУП «Познание», 2008. – 75 с.
2. Федосеев В.Н. Системы поддержки принятия управленческих решений. Метод анализа иерархий: учеб.-метод. пособие. – Иваново: Издательство «Научная мысль», 2011. – 55 с.
3. Фурсов В.А., Петрушина С.А., Токарь А.С. Методика выбора конкурентной стратегии организации // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Ставрополь, 2008. № 1 (14) // http://www.ncstu.ru
4. Saaty, Thomas L. (2008-06). «Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors - The Analytic Hierarchy/Network Process». RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2): 251–318.