

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ЛИЦЕНЗИОННОЙ РАБОТЫ**

**Примеры менеджментского анализа
Методическое пособие**

Часть 3

**Chişinău
2015**

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРИИ И МЕНЕДЖМЕНТА В
ЭЛЕКТРОНИКЕ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ЛИЦЕНЗИОННОЙ РАБОТЫ**

**Примеры менеджментского анализа
Методическое пособие**

Часть 3

**Chişinău
Editura „Tehnica-UTM”
2015**

Настоящее методическое пособие предназначено для студентов следующих специальностей: 523.3 – *Телерадиокоммуникации*; 521.8 – *Инженерия и менеджмент в телекоммуникациях*; 525.2 – *Оптоэлектронные системы*, дневной и заочной форм обучения.

Автор: к.т.н., доцент ГАНГАН С. В.

Ответственный редактор: к.ф.-м.н., доцент БЕЖАН Н. П.

Рецензент: д.т.н., профессор ДИМИТРАКИ С.Н.

Редактор: Т. Олиниченко

Bun de tipar 17.11.15	Formatul hârtiei 60x84 1/16
Hârtie offset. Tipar RISO	Tirajul 50 ex.
Coli de tipar 2,0	Comanda nr.111

MD-2004, UTM, Chişinău, bd. Ştefan cel Mare şi Sfânt, 168
Editura „Tehnica-UTM”
MD-2068, Chişinău, str. Studenţilor, 9/9

© UTM, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. МЕТОД ОНИЧЕСКУ	4
1.1. Первая версия, алгоритм.....	4
1.2. Вторая версия, алгоритм.....	5
1.3. Пример выбора информационного панно системы телематики для городского троллейбусного парка	6
1.4. Расчет капитальных затрат.....	12
1.5. Расчет годовых эксплуатационных затрат.....	12
2. МЕТОД ИЕРАРХИЙ, вторая версия	15
2.1. Алгоритм менеджментского анализа.....	15
2.2. Пример выбора передающего оборудования методом АНР для сети мобильной связи LTE	15
2.2.1. Определение оценочных факторов.....	16
2.2.2. Определение иерархии решений.....	18
2.2.3. Составление матриц решений и нормализованных матриц для каждого критерия.....	18
2.2.4. Определение уровня важности оценочных факторов.....	32
2.2.5. Расчет определяющих факторов для каждого варианта и выбор оптимального варианта.....	34
Литература.....	36

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем методическом пособии представлены алгоритмы менеджментского анализа с применением двух методов: ОНИЧЕСКУ, первая и вторая версии, и АНР (Analytic Hierarchy Process), вторая версия.

Оба метода предназначены для анализа альтернативных вариантов изделий или технологий и выбора оптимального решения, исходя из соотношения цена/качество.

1. МЕТОД ОНИЧЕСКУ

Метод ОНИЧЕСКУ – это многокритериальный метод рационализации решений в условиях неуверенности. Этот метод был предложен в двух версиях [1]:

1.1. Первая версия, алгоритм

Первая версия метода ОНИЧЕСКУ включает следующие этапы:

1. Присвоение каждому критерию коэффициентов важности;
2. Составление матрицы последствий альтернативных решений, обозначенной “А”;
3. Для каждого критерия варианты располагаются в убывающем порядке последствий решения, если критерий оптимизируется по максимуму, и в нарастающем порядке последствий, если критерий оптимизируется по минимальному значению (или расположение вариантов для каждого критерия в убывающем порядке, начиная с оптимального варианта). В результате комплектуется новая матрица “В”;
4. Заполнение новой матрицы – “С”, в которой указывается, сколько раз вариант i занимает место j . Эта матрица имеет следующий вид:

$$C = \begin{cases} C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ V_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ V_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ V_3 & & & & \\ \vdots & & & & \\ V_m & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{cases},$$

где: a_{ij} – это элементы матрицы, которые показывают, сколько раз вариант i занимает место j , то есть $a_{ij} \in (1, 2, \dots, m)$;

5. Установление иерархии вариантов по сводной функции вида $V \rightarrow R_+$, определяемой следующим образом:

$$f(V_i) = a_{i1} \cdot \frac{1}{2} + a_{i2} \cdot \frac{1}{2^2} + \dots + a_{in} \cdot \frac{1}{2^n}.$$

Иерархия вариантов представлена убывающими значениями данной функции.

1.2. Вторая версия, алгоритм

Вторая версия метода ОНИЧЕСКУ содержит следующие этапы:

1. Присвоение каждому критерию коэффициентов

важности, согласно выражению: $p = \frac{1}{2^k}$, где k – это

показатель важности критерия. Для самого важного

критерия $k = 1$. Таким образом: $p_1 = \frac{1}{2^1}$; $p_2 = \frac{1}{2^2}$; $p_3 = \frac{1}{2^3}$,

в которых: $p_1 = \frac{1}{2^1}$ – для самого важного критерия;

$p_2 = \frac{1}{2^2}$ – для второго по значимости критерия и т.д.

(если лицо, принимающее решение, считает, что второй по значимости критерий много слабее первого, он может присвоить k оценку 3 или даже больше);

2. Заполнение матриц “А” и “В” так же, как и в первой версии;

3. Расчет сводной функции вида: $f(V_i) = \sum p_j \cdot 2^{-\text{место}(V_i C_j)}$,

в которой: p_j – коэффициент важности критерия C_j ; место $(V_i C_j)$ – место варианта i по критерию C_j ;

4. Установление иерархии вариантов по значению сводной функции f : $V_i \rightarrow R_+$. Иерархия вариантов дается убывающими значениями данной функции.

1.3. Пример выбора информационного панно системы телематики для городского троллейбусного парка

В системе телематики, разработанной в лицензионной работе, наибольший удельный вес с точки зрения стоимости составляют информационные панно, которые будут установлены на каждой остановке троллейбусного маршрута. Выбор оптимального варианта из множества, предлагаемых рынком, проводится по пяти критериям: цена, потребляемая мощность, размер одного пикселя, угол зрения, количество афишируемых рядов. Значения соответствующих критериев приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Параметры анализируемых информационных панно

Вар-т, V_i	Модель	Цена, \$	Потребл. мощность, Вт	Размер пикселя, мм	Угол зрения, °	Кол-во афиши- руемых рядов
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
V_1	AMCO Apid	270	280	6	120	5
V_2	Daktronics Galaxy AF-3200	310	162	8	30	4
V_3	Aesys Pyxis	240	260	5	120	4
V_4	U-Great Optoelectr onics LED MMS	245	280	7,62	60	2

Первая версия

1. Присваиваются коэффициенты важности каждому из критериев:

Цена – C_1 : $k_1 = 0,3$;

Потребляемая мощность – C_2 : $k_2 = 0,2$;

Размер одного пикселя – C_3 : $k_3 = 0,1$;

Угол зрения – C_4 : $k_4 = 0,15$;

Количество афишируемых рядов – C_5 : $k_5 = 0,25$.

2. Составляется матрица последствий альтернативных решений:

$$A = \begin{array}{c|ccccc} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ \hline V_1 & 270 & 280 & 6 & 120 & 5 \\ V_2 & 310 & 162 & 8 & 30 & 4 \\ V_3 & 240 & 260 & 5 & 120 & 4 \\ V_4 & 245 & 280 & 7,62 & 60 & 2 \end{array}.$$

3. Устанавливаются последовательности вариантов для каждого критерия в зависимости от последствий решения:

$$B = \begin{array}{c|ccccc} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ \hline V_3 & V_2 & V_3 & V_1, V_3 & V_1 \\ V_4 & V_3 & V_1 & V_4 & V_2, V_3 \\ V_1 & V_1, V_4 & V_4 & V_2 & V_4 \\ V_2 & - & V_2 & - & - \end{array}.$$

4. Составляется матрица занимаемых вариантами решения мест:

$$C_{4 \times 4} = \begin{vmatrix} & M_1 & M_2 & M_3 & M_4 \\ V_1 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ V_2 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ V_3 & 3 & 2 & 0 & 0 \\ V_4 & 0 & 2 & 3 & 0 \end{vmatrix}.$$

Элементы этой матрицы a_{ij} определяются, исходя из коэффициентов важности критериев. Так, a_{11} (находится на пересечении варианта V_1 и места M_1) рассчитывается следующим образом: V_1 занимает первое место по критериям C_4 и C_5 (см. матрицу B), $a_{11} = 1 + 1 = 2$.

Элемент a_{11} матрицы $C_{4 \times 4}^*$ рассчитывается по формуле:

$$a_{ij} = \sum_{M=1}^4 k_M, \quad (1.1)$$

где k_M – коэффициент важности критерия, по которому вариант занимает соответствующее место. В нашем случае – критерии C_4 ($k_4 = 0,15$) и C_5 ($k_5 = 0,25$).

Следовательно, $a_{12} = k_4 + k_5 = 0,15 + 0,25 = 0,4$.

Аналогично: $a_{12}\{C_3\} = 0,1$, $a_{13}\{C_1; C_2\} = 0,3 + 0,3 = 0,5$;
 $a_{14} = 0$; $a_{21}\{C_2\} = 0,2$; $a_{22}\{C_5\} = 0,25$; $a_{23}\{C_4\} = 0,15$;
 $a_{24}\{C_1; C_3\} = 0,3 + 0,1 = 0,4$;
 $a_{31}\{C_1; C_3; C_4\} = 0,3 + 0,1 + 0,15 = 0,55$;
 $a_{32}\{C_2; C_5\} = 0,2 + 0,25 = 0,45$; $a_{33}\{0\} = 0$; $a_{34}\{0\} = 0$;
 $a_{41}\{0\} = 0$; $a_{42}\{C_1; C_3\} = 0,3 + 0,15 = 0,4$;
 $a_{43}\{C_2; C_3; C_5\} = 0,2 + 0,1 + 0,25 = 0,55$; $a_{44}\{0\} = 0$.

Матрица $C_{4 \times 4}^*$ выглядит следующим образом:

$$C_{4 \times 4}^* = \begin{vmatrix} & M_1 & M_2 & M_3 & M_4 \\ V_1 & 0,4 & 0,1 & 0,5 & 0 \\ V_2 & 0,2 & 0,25 & 0,15 & 0,4 \\ V_3 & 0,55 & 0,45 & 0 & 0 \\ V_4 & 0 & 0,4 & 0,55 & 0 \end{vmatrix}.$$

5. Рассчитывается сводная функция для всех вариантов решения :

$$\begin{aligned} f(V_1) &= 0,4 \cdot \frac{1}{2} + 0,1 \cdot \frac{1}{2^2} + 0,5 \cdot \frac{1}{2^3} + 0 \cdot \frac{1}{2^4} = \\ &= 0,2 + 0,025 + 0,0625 + 0 = 0,2875. \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$\begin{aligned} f(V_2) &= 0,2 \cdot \frac{1}{2} + 0,25 \cdot \frac{1}{2^2} + 0,15 \cdot \frac{1}{2^3} + 0,4 \cdot \frac{1}{2^4} = \\ &= 0,1 + 0,0625 + 0,01875 + 0,025 = 0,20625. \end{aligned} \quad (1.3)$$

$$\begin{aligned} f(V_3) &= 0,55 \cdot \frac{1}{2} + 0,45 \cdot \frac{1}{2^2} + 0 \cdot \frac{1}{2^3} + 0 \cdot \frac{1}{2^4} = \\ &= 0,275 + 0,1125 + 0 + 0 = 0,3875. \end{aligned} \quad (1.4)$$

$$\begin{aligned} f(V_4) &= 0 \cdot \frac{1}{2} + 0,4 \cdot \frac{1}{2^2} + 0,55 \cdot \frac{1}{2^3} + 0 \cdot \frac{1}{2^4} = \\ &= 0 + 0,1 + 0,06875 + 0 = 0,16875. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Так как сводная функция варианта V_3 имеет наибольшее значение: $f(V_3) \succ f(V_1) \succ f(V_2) \succ f(V_4)$, третий вариант считается оптимальным: $V_3 = V^* = R$, а выражение предпочтения имеет вид: $V_3PV_1PV_2PV_4$.

Вторая версия

1. Присваиваются критериям коэффициенты важности:

$$p_1 = \frac{1}{2^1}; p_2 = \frac{1}{2^3}; p_3 = \frac{1}{2^5}; p_4 = \frac{1}{2^4}; p_5 = \frac{1}{2^2}.$$

2. Составляется матрица последствий альтернативных решений:

$$A = \begin{vmatrix} & C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ V_1 & 270 & 280 & 6 & 120 & 5 \\ V_2 & 310 & 162 & 8 & 30 & 4 \\ V_3 & 240 & 260 & 5 & 120 & 4 \\ V_4 & 245 & 280 & 7,62 & 60 & 2 \end{vmatrix}.$$

3. Варианты располагаются по каждому критерию в зависимости от последствий:

$$B = \begin{vmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 \\ V_3 & V_2 & V_3 & V_1, V_3 & V_1 \\ V_4 & V_3 & V_1 & V_4 & V_2, V_3 \\ V_1 & V_1, V_4 & V_4 & V_2 & V_4 \\ V_2 & - & V_2 & - & - \end{vmatrix}.$$

4. Рассчитывается сводная функция для каждого критерия:

$$\begin{aligned} f(V_1) &= \frac{1}{2^1} \cdot \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^3} \cdot \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} \cdot \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^4} \cdot \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} \cdot \frac{1}{2^1} = \\ &= 0,0625 + 0,015625 + 0,0078125 + 0,03125 + 0,125 \approx \\ &\approx 0,242. \end{aligned} \quad (1.6)$$

$$\begin{aligned} f(V_2) &= \frac{1}{2^1} \cdot \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^3} \cdot \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^5} \cdot \frac{1}{2^4} + \frac{1}{2^4} \cdot \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^2} \cdot \frac{1}{2^2} = \\ &= 0,03125 + 0,0625 + 0,001953125 + 0,0078125 + 0,0625 \approx \\ &\approx 0,166. \end{aligned} \quad (1.7)$$

$$\begin{aligned} f(V_3) &= \frac{1}{2^1} \cdot \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^3} \cdot \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^5} \cdot \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^4} \cdot \frac{1}{2^1} + \frac{1}{2^2} \cdot \frac{1}{2^2} = \\ &= 0,25 + 0,03125 + 0,015625 + 0,03125 + 0,0625 \approx 0,391. \end{aligned} \quad (1.8)$$

$$\begin{aligned} f(V_4) &= \frac{1}{2^1} \cdot \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} \cdot \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^5} \cdot \frac{1}{2^3} + \frac{1}{2^4} \cdot \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^2} \cdot \frac{1}{2^3} = \\ &= 0,125 + 0,015625 + 0,00390625 + 0,015625 + \\ &+ 0,03125 \approx 0,191. \end{aligned} \quad (1.9)$$

Поскольку наибольшее значение сводной функции соответствует третьему варианту $f(V_3) \succ f(V_1) \succ f(V_4) \succ f(V_2)$, вариант V_3 считается оптимальным: $V_3 = V^* = R$, и выражение предпочтения имеет следующий вид: **$V_3PV_1PV_4PV_2$** .

Для предпочтительного варианта следует рассчитать основные показатели, в том числе:

- Капитальные затраты;
- Эксплуатационные затраты.

1.4. Расчет капитальных затрат

Расчет капитальных затрат проводится, исходя из сметы затрат на приобретение необходимого оборудования (табл.1. 2).

Таблица 1.2. Смета затрат

Наименование оборудования	Цена, леев	Кол-во единиц	Полная стоимость, леев
Modem <i>Huawei E3533</i>	99,00	20	1 980,00
Информационное панно <i>Aesys Pyxis</i>	4334,30	10	43 343,00
Сервер HP ProLiant ML310e Gen8	10286,03	1	10 286,03
Итого:			55 609,03

Стоимость монтажа оборудования составляет 10% от его полной стоимости:

$$55609,03 \cdot 0,1 = 5560,91 \text{ леев.} \quad (1.10)$$

Транспортные расходы и складирование составляют 2,5% от стоимости оборудования:

$$55609,03 \cdot 0,025 = 1390,23 \text{ леев.} \quad (1.11)$$

Капитальные затраты представляют сумму затрат на приобретение, транспортирование и монтаж оборудования:

$$K = 55609,03 + 5560,9 + 1390,23 = 62560,16 \text{ леев.} \quad (1.12)$$

1.5. Расчет годовых эксплуатационных затрат

Эксплуатационные затраты включают следующие статьи расходов:

- Заработная плата – S;
- Амортизационные расходы – A;
- Стоимость электроэнергии – E;

- Стоимость материалов и ЗИП (запасные части и полуфабрикаты) – М;
- Административно-хозяйственные расходы – А-Г;
- Прочие расходы – D.

Зарплата персонала рассчитывается по формуле (1.13):

$$S = 12 \cdot k_p \cdot k_{as} \cdot \sum_i s_i n_i, \quad (1.13)$$

где: k_p – коэффициент премии ($k_p = 1,2$);

k_{as} – коэффициент социальных отчислений ($k_{as} = 1,27$, т.к. отчисления в социальный фонд составляют 23%, а в медицинский фонд – 4%);

s_i – зарплата работников категории i ($s_i = 4700$);

n_i – число работников категории i (необходимы 2 рабочих, 1 администратор и 1 техник для обслуживания оборудования).

Их зарплаты составляют: $s_{1,2} = 4\,200$ леев,

$s_3 = 5000$ леев, $s_4 = 4700$ леев).

$$S = 12 \cdot 1,2 \cdot 1,27 \cdot (4200 \cdot 2 + 5000 + 4700) = 331\,012,80 \text{ леев.} \quad (1.14)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются по формуле (1.15):

$$A = \frac{K}{T}, \quad (1.15)$$

где T – это срок эксплуатации системы.

Поскольку срок эксплуатации системы телематики составляет 4 года, амортизационные отчисления составляют 25% от суммы капитальных затрат:

$$A = 62\,560,16 \cdot 0,25 = 15\,640,04 \text{ леев.}$$

Стоимость электроэнергии рассчитывается по формуле (1.16), исходя из потребляемой мощности оборудования и стоимости одного кВт-часа:

$$E = \frac{P \cdot 365}{\eta k \cdot 1000} \cdot 2,16 \text{ леев}, \quad (1.16)$$

где: P – мощность оборудования (модемы Huawei E3533 – 3 Вт; информационные панно Aesys Puxis – 260 Вт; сервер HP ProLiant ML310e Gen8 – 350 Вт);
 η – коэффициент полезного действия выпрямителей (0,7);
 k – коэффициент концентрации нагрузки (0,12); 2,16 леев – стоимость одного кВт-часа.

$$E = \frac{(3 \cdot 20 + 260 \cdot 10 + 350 \cdot 1) \cdot 365}{0,7 \cdot 0,12 \cdot 1000} \cdot 2,16 = 28251 \text{ леев}.$$

Стоимость материалов и ЗИП составляет 0,5% от стоимости оборудования:

$$M = 55609,03 \cdot 0,005 = 278,05 \text{ леев}. \quad (1.17)$$

Административно-хозяйственные расходы составляют 25% от фонда заработной платы:

$$A-G = S \cdot 0,25 = 33\,1012,80 \cdot 0,25 = 82\,753,2 \text{ леев}. \quad (1.18)$$

Прочие расходы включают стоимость страхования в объеме 0,08% от стоимости оборудования и затраты на ремонт, которые составляют 2% от стоимости оборудования:

$$D = 55\,609,03 \cdot (0,008 + 0,02) = 1\,156,67 \text{ леев}. \quad (1.19)$$

Эксплуатационные затраты C_{ex} представляют сумму всех затрат:

$$C_{ex} = S + A + E + M + A-G + D = 331\,012,80 + 15\,640,04 + 28\,251 + 278,05 + 82\,753,2 + 1\,156,67 = 459\,091,76 \text{ леев}. \quad (1.20)$$

2. МЕТОД ИЕРАРХИЙ АНР, вторая версия

2.1. Алгоритм менеджментского анализа

Метод АНР (Analitics Hierarchy Process) существует в двух версиях. Обе версии являются многокритериальными. Метод АНР предназначен для выбора оптимального решения сложной проблемы.

При этом методе оперируют иерархическими уровнями, число которых не ограничено. Анализ вариантов и выбор оптимального решения осуществляется по следующему алгоритму:

1. Определение оценочных факторов F_j ;
2. Определение иерархии решения проблемы (представление проблемы в виде иерархической системы). Самый высокий уровень описывает общее решение проблемы, средний уровень описывает факторы, которые следует учитывать при выборе наилучшего варианта, нижний уровень представляет альтернативные варианты;
3. Определение оценочных факторов и составление матриц решений проблемы, а также нормализованных матриц для каждого оценочного фактора в отдельности для всех анализируемых вариантов;
4. Определение степени важности оценочных факторов;
5. Расчет решающих факторов F_d для каждого варианта и выбор оптимального варианта.

2.2. Пример выбора передающего оборудования методом АНР для сети мобильной связи LTE

Необходимость передачи все большего числа символов в единицу времени требует внедрения передающих систем, которые обеспечивают хорошее качество радиосигнала, независимо от условий его распространения. Так, в настоящее время изучается возможность внедрения антенных сетей и систем MIMO (Multiple Input - Multiple Output), с тем чтобы

четвертая генерация мобильной телефонии достигла поставленной цели – скорости передачи в 1 Гбит/с между радиостанцией, называемой eNodeB, и терминалом пользователя. Для выбора эффективного оборудования будет проанализировано несколько моделей антенн от разных производителей и с разными характеристиками (табл. 2.1.) [2]:

Таблица 2.1. Типы анализируемых антенн

Вариант, V_i	Тип антенны	Производитель антенны
V_1	ATK-LOG LTE	DIPOL
V_2	GSM – направленная антенна типа Panou – TSUNAMI	INTERLINE
V_3	GSM – направленная антенна типа Panou – WAVE, Apple	INTERLINE
V_4	Направленная антенна типа Panou – PANEL 8	INTERLINE

2.2.1. Определение оценочных факторов

Антенны будут анализироваться по 6 параметрам – оценочным факторам:

F_1 – полоса частот [МГц];

F_2 – коэффициент направленного действия (КНД) [дБ];

F_3 – диаграмма направленности в вертикальной плоскости (ДНВ) -3дБ [°];

F_4 – диаграмма направленности в горизонтальной плоскости (ДНГ) -3дБ [°];

F_5 – VSWR (Voltage Standing Wave Ratio);

F_6 – цена [леев].

Значения факторов представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2. Значения параметров сравниваемых антенн

<div> V_i Факторы, F_i </div>	<div> Антенна АТК- LOG LTE, V_1 </div>	<div> GSM- направлен- ная антенна типа Rapou – TSUNAMI, V_2 </div>	<div> GSM- направлен- ная антенна типа Rapou – WAVE, Apple V_3 </div>	<div> GSM- направлен- ная антенна типа Rapou – PANEL 8 V_4 </div>
F_1 – полоса частот [МГц]	800-2170 (1370)	1700-2200 (500)	800-2170 (1370)	1900-2200 (300)
F_2 – КНД [дБ]	9	19	7	8
F_3 – ДНВ – 3дБ [°]	91	20	65	60
F_4 – ДНГ – 3дБ [°]	62	20	50	60
F_5 – <i>VSWR</i>	<2	2.40:1	1.50:1	1.50:1
F_6 – цена [леев]	550	2750	875	330

2.2.2. Определение иерархии решений

На рисунке 2.1. представлена иерархия решения, состоящая из 3-х уровней.

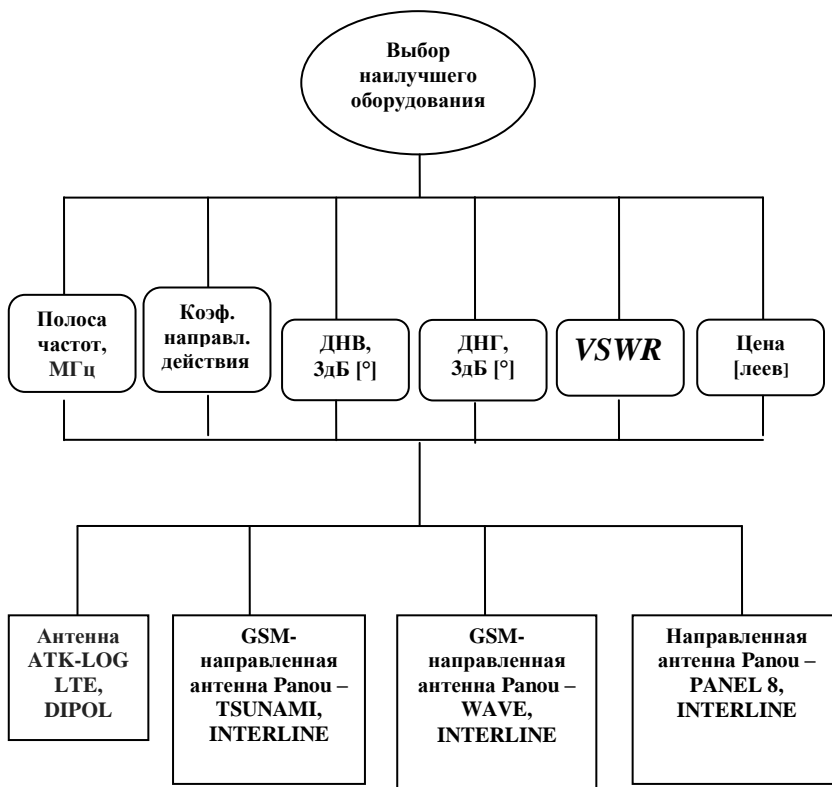


Рисунок 2.1. Представление иерархии решения

2.2.3. Составление матриц решений и нормализованных матриц для каждого критерия

Составление матриц решений начинается с попарного сравнения антенн, присвоения им квалификации и определения степени предпочтения одной антенны по отношению к другой:

- 1 – равноценные объекты;
- 2 – один объект предпочтительнее другого;
- 3 – один объект умеренно предпочтителен;
- 4 – от умеренно предпочтительного к сильно предпочтительному;
- 5 – сильно предпочтителен;
- 6 – от сильно предпочтительного к чрезвычайно предпочтительному;
- 7 – чрезвычайно предпочтителен;
- 8 – от чрезвычайно предпочтительного к крайне предпочтительному;
- 9 – крайне предпочтителен.

Сравнение проводится по одному параметру, например – по полосе частот [МГц]. Модели антенн сравниваются попарно и им присваиваются оценки согласно вышеприведенной шкале.

Сначала сравнивается антенна ATK-LOG LTE с GSM-направленной антенной типа Panou – TSUNAMI, и исходя из ширины **полос частот** второй присваивается оценочная квалификация 6. Сравнивая антенну ATK-LOG LTE, Dipol с GSM-направленной антенной Panou – WAVE, ей присваивается квалификация 1, а антенну ATK-LOG LTE, Dipol с направленной антенной Panou – PANEL 8, вторая получает квалификацию 9 и т.д. По диагонали матрицы расположены одноименные варианты, поэтому везде проставляется квалификация 1. Для заполнения всей матрицы необходимо иметь в виду, что если объект А в два раза лучше объекта В, то объект В составляет половину от объекта А. Так, если А получил квалификацию 2, тогда В получит квалификацию $\frac{1}{2}$.

Фактор F_1 – полоса частот

Чем шире полоса частот, тем антенна эффективнее, так как может принимать большее количество длин волн.

Таблица 2.3. Заполнение матрицы решений для параметра
полоса частот

Полоса частот [МГц]	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
V ₁	1	1/6	1	1/9
V ₂	6	1	6	1/3
V ₃	1	1/6	1	1/9
V ₄	9	3	9	1
Полоса частот [МГц]	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
V ₁	1	0,16	1	0,11
V ₂	6	1	6	0,33
V ₃	1	0,16	1	0,11
V ₄	9	3	9	1
Итого:	17	4,32	17	1,55

После того, как были рассчитаны итоговые суммы по столбцам, можно рассчитать нормализованную матрицу (табл.2.4). Элементы этой матрицы имеют следующие значения:

$$a_{11} = 1/17 = 0,06;$$

$$a_{21} = 6/17 = 0,35;$$

$$a_{31} = 1/17 = 0,06;$$

$$a_{41} = 9/17 = 0,53.$$

$$a_{12} = 0,16/4,32 = 0,04;$$

$$a_{22} = 1/4,32 = 0,23;$$

$$a_{32} = 0,16/4,32 = 0,04;$$

$$a_{42} = 3/4,32 = 0,69.$$

$$a_{13} = 1/17 = 0,06;$$

$$a_{23} = 6/17 = 0,35;$$

$$a_{33} = 1/17 = 0,06;$$

$$a_{43} = 9/17 = 0,53.$$

$$a_{14} = 0,11/1,55 = 0,07;$$

$$a_{24} = 0,33/1,55 = 0,21;$$

$$a_{34} = 0,11/1,55 = 0,07;$$

$$a_{44} = 1/1,55 = 0,64.$$

Таблица 2.4. Нормализованная матрица для параметра
полоса частот

Полоса частот [МГц]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	0,06	0,04	0,06	0,07
V₂	0,35	0,23	0,35	0,21
V₃	0,06	0,04	0,06	0,07
V₄	0,53	0,69	0,53	0,64

Для определения приоритетности антенн по параметру *полоса частот* рассчитываются средние значения по строкам:

$$V_1: (0,06+0,04+0,06+0,07)/4 = 0,0575;$$

$$V_2: (0,35+0,23+0,35+0,21)/4 = 0,285;$$

$$V_3: (0,06+0,04+0,06+0,07)/4 = 0,0575;$$

$$V_4: (0,53+0,69+0,53+0,64)/4 = 0,5975.$$

Таким образом, определены оценочные факторы для 4-х анализируемых антенн. Для антенны ATK-LOG LTE оценочный фактор равен 0,0575, для GSM-направленной антенны Panou – TSUNAMI фактор равен 0,285, для GSM-направленной антенны Panou – WAVE - 0,0575 и для направленной антенны Panou – PANEL 8 - 0,5975.

Фактор F₂ – коэффициент направленного действия

Коэффициент направленного действия показывает увеличение мощности антенны при передаче или приеме сигналов. Это – выигрыш по мощности, он измеряется в децибелах (дБ).

Чем больше этот выигрыш, тем эффективнее антенна.

Рассчитываются оценочные факторы для параметра *коэффициент направленного действия*.

Составляется матрица решений (табл. 2.5).

Таблица 2.5. Составление матрицы решений для параметра
КНД – выигрыш по мощности

КНД[дБ]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	7	1/3	1/2
V₂	1/7	1	1/9	1/8
V₃	3	9	1	2
V₄	2	8	1/2	1
КНД [дБ]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	7	0,33	0,5
V₂	0,14	1	0,11	0,12
V₃	3	9	1	2
V₄	2	8	0,5	1
Итого:	6,14	25	1,94	3,62

После того, как были рассчитаны итоговые суммы по столбцам, можно рассчитать нормализованную матрицу (табл. 2.6).

$$a_{11} = 1/6,14 = 0,16;$$

$$a_{21} = 0,14/6,14 = 0,02;$$

$$a_{31} = 3/6,14 = 0,49;$$

$$a_{41} = 2/6,14 = 0,33.$$

$$a_{13} = 0,33/1,94 = 0,17;$$

$$a_{23} = 0,11/1,94 = 0,06;$$

$$a_{33} = 1/1,94 = 0,52;$$

$$a_{43} = 0,5/1,94 = 0,26.$$

$$a_{12} = 7/25 = 0,28;$$

$$a_{22} = 1/25 = 0,04;$$

$$a_{32} = 9/25 = 0,36;$$

$$a_{42} = 8/25 = 0,32.$$

$$a_{14} = 0,5/3,62 = 0,14;$$

$$a_{24} = 0,12/3,62 = 0,03;$$

$$a_{34} = 2/3,62 = 0,55;$$

$$a_{44} = 1/3,62 = 0,28.$$

Таблица 2.6. Нормализованная матрица для параметра
КНД – выигрыш по мощности

КНД [дБ]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	0,16	0,28	0,17	0,14
V₂	0,02	0,04	0,06	0,03
V₃	0,49	0,36	0,52	0,55
V₄	0,33	0,32	0,26	0,28

Для определения приоритетности антенн по параметру *КНД – выигрыш по мощности*, рассчитываются средние значения по строкам:

$$V_1: (0,16+0,28+0,17+0,14)/4 = 0,19;$$

$$V_2: (0,02+0,04+0,06+0,03)/4 = 0,04;$$

$$V_3: (0,49+0,36+0,52+0,55)/4 = 0,48;$$

$$V_4: (0,33+0,32+0,26+0,28)/4 = 0,29.$$

Таким образом, определены оценочные факторы для 4-х анализируемых антенн. Для антенны ATK-LOG LTE оценочный фактор равен 0,19, для GSM-направленной антенны Rapou – TSUNAMI фактор равен 0,04, для GSM-направленной антенны Rapou – WAVE - 0,48 и для направленной антенны Rapou – PANEL 8 - 0,29.

***Фактор F₃ – диаграмма направленности в
вертикальной плоскости (ДНВ) -3дБ [°]***

Рассчитываются оценочные факторы для параметра *диаграмма направленности в вертикальной плоскости*. Наиболее эффективной будет антенна, у которой угол раскрытия больше, так как она может принимать большее количество волн.

Составляется матрица решений (табл. 2.7).

Таблица 2.7. Матрица решений для параметра
диаграмма направленности в вертикальной плоскости

ДНВ – ЗдБ [°]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	1/9	1/5	1/6
V₂	9	1	7	6
V₃	5	1/7	1	1/2
V₄	6	1/6	2	1
ДНВ – ЗдБ [°] V	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	0,11	0,2	0,17
V₂	9	1	7	6
V₃	5	0,14	1	0,5
V₄	6	0,17	2	1
Итого:	21	1,42	10,2	7,67

После того, как рассчитаны итоговые значения по столбцам, переходим к расчету нормализованной матрицы (табл. 2.8):

$$a_{11} = 1/21 = 0,05;$$

$$a_{21} = 9/21 = 0,43;$$

$$a_{31} = 5/21 = 0,24;$$

$$a_{41} = 6/21 = 0,29.$$

$$a_{13} = 0,2/10,2 = 0,02;$$

$$a_{23} = 7/10,2 = 0,67;$$

$$a_{33} = 1/10,2 = 0,09;$$

$$a_{43} = 2/10,2 = 0,19.$$

$$a_{12} = 0,11/1,42 = 0,08;$$

$$a_{22} = 1/1,42 = 0,70;$$

$$a_{32} = 0,14/1,42 = 0,09;$$

$$a_{42} = 0,17/1,42 = 0,12.$$

$$a_{14} = 0,17/7,67 = 0,02;$$

$$a_{24} = 6/7,67 = 0,78;$$

$$a_{34} = 0,5/7,67 = 0,07;$$

$$a_{44} = 1/7,67 = 0,13.$$

Таблица 2.8. Нормализованная матрица для параметра *диаграмма направленности в вертикальной плоскости*

ДНВ – ЗдБ [°]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	0,05	0,08	0,02	0,02
V₂	0,43	0,7	0,67	0,78
V₃	0,24	0,09	0,09	0,07
V₄	0,29	0,12	0,19	0,13

Для определения приоритетности по параметру *ДНВ* рассчитываются средние значения по строкам матрицы:

$$V_1: (0,05+0,08+0,02+0,02)/4 = 0,04;$$

$$V_2: (0,43+0,7+0,67+0,78)/4 = 0,65;$$

$$V_3: (0,24+0,09+0,09+0,07)/4 = 0,12;$$

$$V_4: (0,29+0,12+0,19+0,13)/4 = 0,18.$$

Итак, определены оценочные факторы для 4-х анализируемых антенн. Для антенны ATK-LOG LTE оценочный фактор равен 0,04, для GSM-направленной антенны Panou – TSUNAMI фактор равен 0,65, для GSM-направленной антенны Panou – WAVE - 0,12 и для направленной антенны Panou – PANEL 8 - 0,18.

Фактор F₄ – диаграмма направленности в горизонтальной плоскости (ДНГ) - ЗдБ [°]

Рассчитываются оценочные факторы для параметра *диаграмма направленности в горизонтальной плоскости*.

Составляется матрица решений (табл. 2.9).

Таблица 2.9. Матрица решений для параметра
диаграмма направленности в горизонтальной плоскости

ДНГ – ЗдБ[°]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	1/9	1/4	1/2
V₂	9	1	6	8
V₃	4	1/6	1	3
V₄	2	1/8	1/3	1
ДНГ – ЗдБ [°]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	0,11	0,25	0,5
V₂	9	1	6	8
V₃	4	0,17	1	3
V₄	2	0,13	0,33	1
Итого:	16	1,41	7,58	12,5

После того, как рассчитаны итоговые значения по столбцам, переходим к расчету нормализованной матрицы (табл. 2.10):

$$a_{11} = 1/16 = 0,06;$$

$$a_{21} = 9/16 = 0,56;$$

$$a_{31} = 4/16 = 0,25;$$

$$a_{41} = 2/16 = 0,13.$$

$$a_{13} = 0,25/7,58 = 0,03;$$

$$a_{23} = 6/7,58 = 0,79;$$

$$a_{33} = 1/7,58 = 0,13;$$

$$a_{43} = 0,33/7,58 = 0,04.$$

$$a_{12} = 0,11/1,41 = 0,08;$$

$$a_{22} = 1/1,41 = 0,71;$$

$$a_{32} = 0,17/1,41 = 0,12;$$

$$a_{42} = 0,13/1,41 = 0,09.$$

$$a_{14} = 0,5/12,5 = 0,04;$$

$$a_{24} = 8/12,5 = 0,64;$$

$$a_{34} = 3/12,5 = 0,24;$$

$$a_{44} = 1/12,5 = 0,08.$$

Таблица 2.10. Нормализованная матрица для параметра *диаграмма направленности в горизонтальной плоскости*

(ДНГ) – ЗдБ [°]	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	0,06	0,08	0,03	0,04
V₂	0,56	0,71	0,79	0,64
V₃	0,25	0,12	0,13	0,24
V₄	0,13	0,09	0,04	0,08

Для определения приоритетности по параметру *ДНГ* рассчитываются средние значения по строкам матрицы:

$$\mathbf{V_1: (0,06+0,08+0,03+0,04)/4 = 0,05;}$$

$$\mathbf{V_2: (0,56+0,71+0,79+0,64)/4 = 0,68;}$$

$$\mathbf{V_3: (0,25+0,12+0,13+0,24)/4= 0,19;}$$

$$\mathbf{V_4: (0,13+0,09+0,04+0,08)/4 = 0,09.}$$

Итак, определены оценочные факторы для 4-х анализируемых антенн. Для антенны ATK-LOG LTE оценочный фактор равен 0,05, для GSM-направленной антенны Panou – TSUNAMI фактор равен 0,68, для GSM-направленной антенны Panou – WAVE - 0,19 и для направленной антенны Panou – PANEL 8 - 0,09.

Фактор F_5 – VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

VSWR относится к “отраженной волне”, т.е. к отношению волн, переданных передатчиком в сторону антенны, и теми, что возвратились к передатчику. Любой передатчик (радиостанция) выделяет определенную передаваемую мощность, часть которой возвращается от антенны к станции. Откалибровать антенну означает принять все возможные меры, с тем чтобы возвращенных волн было как можно меньше, т.е чтобы значение этого параметра было по

возможности наименьшим. Эффективность антенны при этом будет больше.

Составляется матрица решений для параметра V_{SWR} (табл. 2.11):

Таблица 2.11. Матрица решений для параметра V_{SWR}

V_{SWR}	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	1/6	3	3
V₂	6	1	9	9
V₃	1/3	1/9	1	1
V₄	1/3	1/9	1	1
V_{SWR}	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	1	0,16	3	3
V₂	6	1	9	9
V₃	0,33	0,11	1	1
V₄	0,33	0,11	1	1
Итого:	7,66	1,38	14	14

На основе итоговых результатов рассчитывается нормализованная матрица (табл. 2.12):

$$a_{11} = 1/7,66 = 0,13;$$

$$a_{21} = 6/7,66 = 0,78;$$

$$a_{31} = 0,33/7,66 = 0,04;$$

$$a_{41} = 0,33/7,66 = 0,04.$$

$$a_{13} = 3/14 = 0,21;$$

$$a_{23} = 9/14 = 0,64;$$

$$a_{33} = 1/14 = 0,07;$$

$$a_{43} = 1/14 = 0,07.$$

$$a_{12} = 0,16/1,38 = 0,12;$$

$$a_{22} = 1/1,38 = 0,72;$$

$$a_{32} = 0,11/1,38 = 0,08;$$

$$a_{42} = 0,11/1,38 = 0,08.$$

$$a_{14} = 3/14 = 0,21;$$

$$a_{24} = 9/14 = 0,64;$$

$$a_{34} = 1/14 = 0,07;$$

$$a_{44} = 1/14 = 0,07.$$

Таблица 2.12. Нормализованная матрица для параметра *VSWR*

VSWR	V₁	V₂	V₃	V₄
V₁	0,13	0,12	0,21	0,21
V₂	0,78	0,72	0,64	0,64
V₃	0,04	0,08	0,07	0,07
V₄	0,04	0,08	0,07	0,07

Для определения приоритетности по параметру *VSWR* рассчитываются средние значения этого параметра для четырех антенн по линиям матрицы:

$$V_1: (0,13+0,12+0,21+0,21)/4 = 0,17;$$

$$V_2: (0,78+0,72+0,64+0,64)/4 = 0,69;$$

$$V_3: (0,04+0,08+0,07+0,07)/4 = 0,07;$$

$$V_4: (0,04+0,08+0,07+0,07)/4 = 0,07.$$

Так определены оценочные факторы для анализируемых антенн. Для ATK-LOG LTE фактор равен 0,17; для антенны GSM-направленная типа Panou – TSUNAMI значение фактора равно 0,69; для GSM-направленной антенны типа Panou – WAVE - 0,07 и для направленной антенны типа Panou – PANEL 8 - 0,07.

Фактор F₆ – цена

Цена не является решающим фактором, однако в большинстве случаев, особенно для зарождающихся фирм, упор делается именно на этот фактор из-за дефицита финансовых ресурсов.

Рассчитываются оценочные факторы для параметра *цена*. Составляется матрица решений (табл. 2.13).

Таблица 2.13. Матрица решений для параметра *цена*

Цена	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
V ₁	1	1/7	1/4	3
V ₂	7	1	5	9
V ₃	4	1/5	1	6
V ₄	1/3	1/9	1/6	1
Цена	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
V ₁	1	0,14	0,25	3
V ₂	7	1	5	9
V ₃	4	0,2	1	6
V ₄	0,33	0,11	0,17	1
Итого:	12,33	1,45	6,42	19

Имея итоговые значения по столбцам, можно рассчитать элементы нормализованной матрицы (табл. 2.14):

$$a_{11}= 1/12,33=0,08;$$

$$a_{21}= 7/12,33=0,57;$$

$$a_{31}= 4/12,33=0,32;$$

$$a_{41}= 0,33/12,33=0,03.$$

$$a_{13}= 0,25/6,42=0,04;$$

$$a_{23}= 5/6,42=0,78;$$

$$a_{33}= 1/6,42=0,16;$$

$$a_{43}= 0,17/6,42=0,03.$$

$$a_{12}= 0,14/1,45=0,09;$$

$$a_{22}= 1/1,45=0,67;$$

$$a_{32}= 0,2/1,45=0,14;$$

$$a_{42}= 0,11/1,45=0,08.$$

$$a_{14}= 3/19=0,16;$$

$$a_{24}= 9/19=0,47;$$

$$a_{34}= 6/19=0,32;$$

$$a_{44}= 1/19=0,05.$$

Таблица 2.14. Нормализованная матрица для параметра *цена*

Цена	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
V ₁	0,08	0,09	0,04	0,16
V ₂	0,57	0,67	0,78	0,47
V ₃	0,32	0,14	0,16	0,32
V ₄	0,03	0,08	0,03	0,05

Для определения приоритетности антенн по этому параметру рассчитываются средние значения элементов матрицы по строкам:

$$V_1: (0,08+0,09+0,04+0,16)/4=0,09;$$

$$V_2: (0,57+0,67+0,78+0,47)/4 = 0,62;$$

$$V_3: (0,32+0,14+0,16+0,32)/4 = 0,24;$$

$$V_4: (0,03+0,08+0,03+0,05)/4 = 0,05.$$

Итак, определены оценочные факторы для последнего параметра – *цена*. Для антенны ATK-LOG LTE фактор равен 0,09; для GSM-направленной антенны типа Panou – TSUNAMI фактор равен 0,62; для GSM-направленной антенны типа Panou – WAVE - 0,24 и для антенны Panou – PANEL 8- 0,05.

Таблица 2.15. Оценочные факторы для анализируемых антенн

<div> <div>Модель</div> <div>V_i</div> <div>Фактор</div> <div>F_j</div> </div>	V_1	V_2	V_3	V_4
F_1	0,0575	0,285	0,0575	0,5975
F_2	0,19	0,04	0,48	0,29
F_3	0,04	0,65	0,12	0,18
F_4	0,05	0,68	0,19	0,09
F_5	0,17	0,69	0,07	0,07
F_6	0,09	0,62	0,24	0,05

2.2.4. Определение уровня важности оценочных факторов

Для определения степени важности параметров берутся во внимание результаты анализа в целом.

Таблица 2.16. Матрица решений для всех 6-ти оценочных факторов

Оценочный фактор F_j	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
F_1	1	3	$1/2=0,5$	$1/2=0,5$	7	$1/6=0,17$
F_2	$1/3=0,33$	1	$1/4=0,25$	$1/4=0,25$	6	$1/7=0,14$
F_3	2	4	1	1	8	$1/5=0,2$
F_4	2	4	1	1	8	$1/5=0,2$
F_5	$1/7=0,14$	$1/6=0,17$	$1/8=0,125$	$1/8=0,125$	1	$1/9=0,11$
F_6	6	7	5	5	9	1
Итого:	11,47	19,17	7,875	7,875	39	1,82

Значения элементов матрицы нормализуются следующим образом:

$$a_{11} = 1/11,47=0,09;$$

$$a_{21} = 0,33/11,47=0,03;$$

$$a_{31} = 2/11,47=0,17;$$

$$a_{41} = 2/11,47=0,17;$$

$$a_{51} = 0,14/11,47=0,01;$$

$$a_{61} = 6/11,47=0,52.$$

$$a_{14} = 0,5/7,875=0,06;$$

$$a_{42} = 0,25/7,875=0,03;$$

$$a_{34} = 1/7,875=0,13;$$

$$a_{44} = 1/7,875=0,13;$$

$$a_{54} = 0,125/7,875=0,02;$$

$$a_{64} = 5/7,875=0,63.$$

$$\begin{aligned}a_{12} &= 3/19,17=0,16; \\a_{22} &= 1/19,17=0,05; \\a_{32} &= 4/19,17=0,21; \\a_{42} &= 4/19,17=0,21; \\a_{52} &= 0,17/19,17=0,01; \\a_{62} &= 7/19,17=0,37.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_{15} &= 7/39=0,18; \\a_{25} &= 6/39=0,15; \\a_{35} &= 8/39=0,21; \\a_{45} &= 8/39=0,21; \\a_{55} &= 1/39=0,03; \\a_{56} &= 9/39=0,23.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_{13} &= 0,5/7,875=0,06; \\a_{23} &= 0,25/7,875=0,03; \\a_{33} &= 1/7,875=0,13; \\a_{43} &= 1/7,875=0,13; \\a_{53} &= 0,125/7,875=0,02; \\a_{63} &= 5/7,875=0,63.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a_{16} &= 0,17/1,82=0,09; \\a_{26} &= 0,14/1,82=0,08; \\a_{36} &= 0,2/1,82=0,11; \\a_{46} &= 0,2/1,82=0,11; \\a_{56} &= 0,11/1,82=0,06; \\a_{66} &= 1/1,82=0,55.\end{aligned}$$

Таблица 2.17. Нормализованная матрица

Оценочный фактор F_j	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6
F_1	0,09	0,16	0,06	0,06	0,18	0,09
F_2	0,03	0,05	0,03	0,03	0,15	0,08
F_3	0,17	0,21	0,13	0,13	0,21	0,11
F_4	0,17	0,21	0,13	0,13	0,21	0,11
F_5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,06
F_6	0,52	0,37	0,63	0,63	0,23	0,55

Для определения приоритетности параметров анализируемых антенн, рассчитываются средние значения элементов матрицы по строкам:

$$F_1: (0,09+0,16+0,06+0,06+0,18+0,09)/6 = 0,11;$$

$$F_1: (0,03+0,05+0,03+0,03+0,18+0,08)/6 = 0,06;$$

$$F_1: (0,17+0,21+0,13+0,13+0,21+0,11)/6 = 0,16;$$

$$F_1: (0,17+0,21+0,13+0,13+0,21+0,11)/6 = 0,16;$$

$$F_1: (0,01+0,01+0,02+0,02+0,03+0,06)/6 = 0,15;$$

$$F_1: (0,52+0,37+0,63+0,63+0,23+0,55)/6 = 0,49.$$

Итак, определены значения оценочных факторов по 6-ти параметрам:

F₁: полоса частот – 0,11;

F₂: КНД – выигрыш по мощности – 0,06;

F₃: ДНВ – 0,16;

F₄: ДНГ – 0,16;

F₅: VSWR – 0,15;

F₆: цена – 0,49.

2.2.5. Расчет определяющих факторов для каждого варианта и выбор оптимального варианта

Общая оценка будет получена умножением оценочных факторов параметров и оценочных факторов моделей антенн с учетом анализируемых параметров (табл. 2.15):

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	·	0,11	
V ₁	0,057	0,19	0,04	0,05	0,17	0,09		0,06	0,157
V ₂	0,285	0,04	0,65	0,68	0,69	0,62		0,16	0,653
V ₃	0,057	0,48	0,12	0,19	0,07	0,24	x	0,16	0,212
V ₄	0,597	0,29	0,18	0,09	0,07	0,05		0,15	0,160
								0,49	

$$F_{d1}=0,575 \times 0,11 + 0,19 \times 0,06 + 0,04 \times 0,16 + 0,05 \times 0,16 + 0,17 \times 0,15 + 0,09 \times 0,49 = 0,063 + 0,011 + 0,006 + 0,008 + 0,025 + 0,044 = 0,157.$$

$$F_{d2}=0,285 \times 0,11 + 0,04 \times 0,06 + 0,65 \times 0,16 + 0,68 \times 0,16 + 0,69 \times 0,15 + 0,62 \times 0,49 = 0,031 + 0,002 + 0,104 + 0,109 + 0,104 + 0,303 = 0,653.$$

$$F_{d3}=0,057 \times 0,11 + 0,48 \times 0,06 + 0,12 \times 0,16 + 0,19 \times 0,16 + 0,07 \times 0,15 + 0,24 \times 0,49 = 0,006 + 0,029 + 0,019 + 0,03 + 0,01 + 0,118 = 0,212.$$

$$F_{d4}=0,597 \times 0,11 + 0,29 \times 0,06 + 0,18 \times 0,16 + 0,09 \times 0,16 + 0,07 \times 0,15 + 0,05 \times 0,49 = 0,066 + 0,017 + 0,029 + 0,014 + 0,01 + 0,024 = 0,160.$$

Результаты расчетов показывают, что наибольший оценочный фактор характеризует вторую модель, т.е. GSM-направленную антенну типа Рarou – TSUNAMI, INTERLINE. Следовательно, этот тип антенны является оптимальным, исходя из соотношения *цена/качество*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Olaru S. Managementul întreprinderii. Sibiu, Editura universităţii „Lucian Blaga”, 2011.
2. http://cbradio.atmedia.ro/unde_radio.html
3. Căruţaşu V. Matematici aplicate în management. Sibiu, Editura „ADALEX”, 2006.
4. Dobre I., Bădescu A., Păuna L. Teoria deciziei. Bucureşti, Editura Academiei de Studii Economice, 2007.