



Digitally signed by
Library TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity
of this document

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 ofset. 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, θ_0 | 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:

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

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: $a_{12}\{C_3\} = 0,1$; $a_{13}\{C_1; C_2\} = 0,3 + 0,3 = 0,6$;

$a_{14} = 0$; $a_{21}\{C_2\} = 0,2$; $a_{22}\{C_5\} = 0,25$; $a_{23}\{C_4\} = 0,15$;

$a_{24}\{C_1; C_3\} = 0,3 + 0,1 = 0,4$;

$a_{31}\{C_1; C_3; C_4\} = 0,3 + 0,1 + 0,15 = 0,55$;

$a_{32}\{C_2; C_5\} = 0,2 + 0,25 = 0,45$; $a_{33}\{0\} = 0$; $a_{34}\{0\} = 0$;

$a_{41}\{0\} = 0$; $a_{42}\{C_1; C_3\} = 0,3 + 0,15 = 0,45$;

$a_{43}\{C_2; C_3; C_5\} = 0,2 + 0,1 + 0,25 = 0,55$; $a_{44}\{0\} = 0$.

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:

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

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

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

4. Рассчитывается сводная функция для каждого критерия:

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

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

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

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

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: **$V_3 P V_1 P V_4 P V_2$** .

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 |
|---|------------|---------------|------------------------|
| Модем <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

| V_i Факторы, F_i | Антенна АТК- LOG LTE, V_1 | GSM- направлен- ная антенна типа Panou – TSUNAMI, V_2 | GSM- направлен- ная антенна типа Panou – WAVE, Apple V_3 | GSM- направлен- ная антенна типа Panou – PANEL 8 V_4 |
|--------------------------------------|---|--|--|---|
| 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.

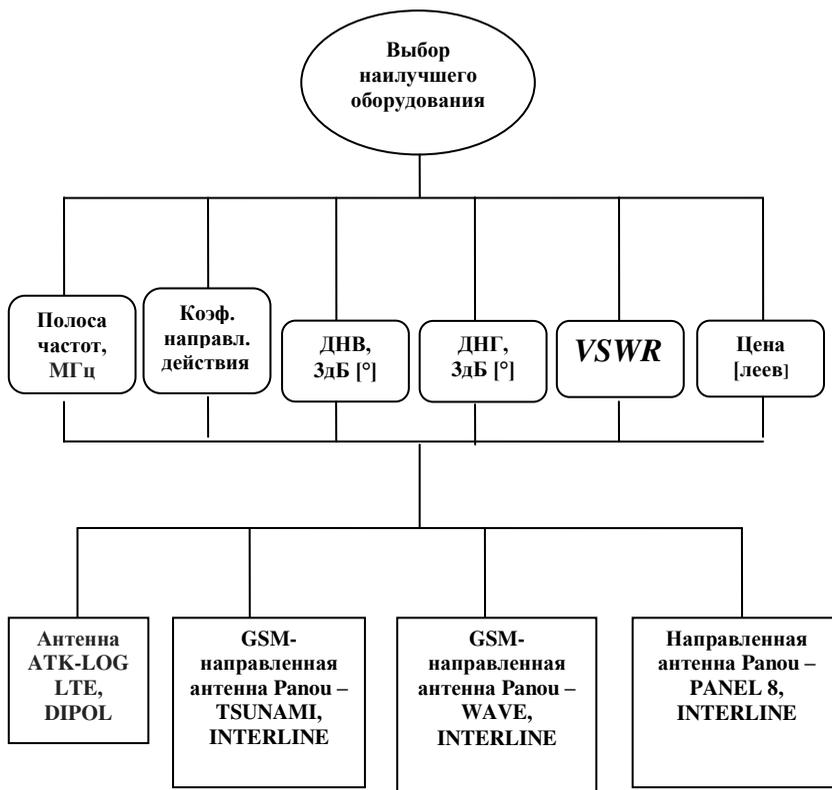


Рисунок 2.1. Представление иерархии решения

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] | V₁ | V₂ | V₃ | V₄ |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| V₁ | 1 | 1/6 | 1 | 1/9 |
| V₂ | 6 | 1 | 6 | 1/3 |
| V₃ | 1 | 1/6 | 1 | 1/9 |
| V₄ | 9 | 3 | 9 | 1 |
| Полоса частот [МГц] | V₁ | V₂ | V₃ | V₄ |
| V₁ | 1 | 0,16 | 1 | 0,11 |
| V₂ | 6 | 1 | 6 | 0,33 |
| V₃ | 1 | 0,16 | 1 | 0,11 |
| V₄ | 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 [°] | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V ₁ | 1 | 1/9 | 1/4 | 1/2 |
| V ₂ | 9 | 1 | 6 | 8 |
| V ₃ | 4 | 1/6 | 1 | 3 |
| V ₄ | 2 | 1/8 | 1/3 | 1 |
| ДНГ – ЗдБ [°] | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ |
| V ₁ | 1 | 0,11 | 0,25 | 0,5 |
| V ₂ | 9 | 1 | 6 | 8 |
| V ₃ | 4 | 0,17 | 1 | 3 |
| V ₄ | 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 [°] | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V ₁ | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 0,04 |
| V ₂ | 0,56 | 0,71 | 0,79 | 0,64 |
| V ₃ | 0,25 | 0,12 | 0,13 | 0,24 |
| V ₄ | 0,13 | 0,09 | 0,04 | 0,08 |

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

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

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

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

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

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 F₅ – 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 style="text-align: center;"> Модель V_i </div> <div style="text-align: center;"> Фактор F_j </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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$a_{12} = 3/19,17 = 0,16;$$

$$a_{22} = 1/19,17 = 0,05;$$

$$a_{32} = 4/19,17 = 0,21;$$

$$a_{42} = 4/19,17 = 0,21;$$

$$a_{52} = 0,17/19,17 = 0,01;$$

$$a_{62} = 7/19,17 = 0,37.$$

$$a_{15} = 7/39 = 0,18;$$

$$a_{25} = 6/39 = 0,15;$$

$$a_{35} = 8/39 = 0,21;$$

$$a_{45} = 8/39 = 0,21;$$

$$a_{55} = 1/39 = 0,03;$$

$$a_{56} = 9/39 = 0,23.$$

$$a_{13} = 0,5/7,875 = 0,06;$$

$$a_{23} = 0,25/7,875 = 0,03;$$

$$a_{33} = 1/7,875 = 0,13;$$

$$a_{43} = 1/7,875 = 0,13;$$

$$a_{53} = 0,125/7,875 = 0,02;$$

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

$$a_{16} = 0,17/1,82 = 0,09;$$

$$a_{26} = 0,14/1,82 = 0,08;$$

$$a_{36} = 0,2/1,82 = 0,11;$$

$$a_{46} = 0,2/1,82 = 0,11;$$

$$a_{56} = 0,11/1,82 = 0,06;$$

$$a_{66} = 1/1,82 = 0,55.$$

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 | 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 Ранои – TSUNAMI, INTERLINE. Следовательно, этот тип антенны является оптимальным, исходя из соотношения *цена/качество*.

ЛИТЕРАТУРА

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