

СЕТИ И СИСТЕМЫ СВЯЗИ

УДК 007.681.578.2

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ И СИСТЕМ СВЯЗИ

О. Э. Кильдишева, генеральный директор ОАО «РИМП», к. т. н, доцент; kildisheva@rimr.ru

Ключевые слова: уровень развития, метод анализа иерархий, матрица попарных сравнений, существенные свойства, шкала Саати.

Введение. Представленная на рынке техника связи должна удовлетворять определенным стандартам. В зависимости от области применения это могут быть мировые (международные), европейские, государственные, отраслевые (межотраслевые) и другие стандарты, устанавливающие комплекс норм, правил и требований к объекту стандартизации.

Между тем соблюдение стандартов необходимое, но недостаточное условие для того, чтобы продукция предприятия связи имела успех на рынке. Помимо этого она должна обладать наилучшими потребительскими свойствами и иметь приемлемую цену. Под потребительскими свойствами техники связи ОПК понимаются прежде всего ее тактико-технические характеристики, а также простота в освоении и обслуживании, надежность, удобство в эксплуатации и др.

Для систем и процессов связи обобщенной характеристикой является качество связи — совокупность существенных свойств, определяющих ее пригодность для удовлетворения нужд потребителей. Существенными характеристиками систем связи различного назначения могут быть пространственный размах, разветвленность, устойчивость, пропускная способность, доступность, способность оказывать различные виды услуг и т. д.

Для отдельных образцов техники связи набор существенных количественных и качественных параметров определяет облик созданного или разрабатываемого образца и его качество. Такой набор характерен для каждого типа образца (приемник, передатчик, антенна, радиостанция и др.) и зависит от его назначения.

В зависимости от цели оценки качества системы или образца техники связи они [образцы] могут быть лучшими в мире, в стране, в отрасли, среди множества рассматриваемых образцов, а могут в чем-то уступать лучшим образцам. Это и определяет уровень развития систем и техники связи, для оценки которого необходимо разработать *количественный метод определения уровня развития средств и систем связи*. При этом под методом (от греч. *methodos* — путь исследования, теория, учение) будем понимать последовательность решения конкретной задачи — совокупность приемов или операций теоретического (или практического) освоения (познания) действительности.

Последовательность решения задачи. На первом этапе необходимо:

- определить набор количественных (измеряемых) и качественных (не измеряемых инструментальными средствами) характеристик, составляющих сущность данного типа техники связи;
- определить теоретически достижимые (количественные) пределы значений характеристик на данном этапе развития науки;

- определить предельно достижимые значения этих характеристик с помощью современных технологий;
- оценить (измерить) реальные значения этих характеристик для существующих или разрабатываемых образцов техники;
- оценить степень отклонения реальных значений характеристик от идеальных, отвечающих последнему слову техники, и дать интегральную оценку этого отклонения с учетом степени важности каждой из характеристик;
- установить последовательность операций для достижения поставленной цели — определения уровня развития каждого образца техники связи (F_l) из заданного множества. Для этого используем выражение [1]:

$$F_l = \sum_{i=1}^n k_i (f_{oi} - f_{il}), \quad (1)$$

где $l = 1; i = 1; n$ — количество существенных характеристик, определяющих качество образца; f_{oi} — уровень (значение) i -й характеристики, соответствующий лучшему образцу (потенциально достижимому в мире, в стране, в отрасли, среди множества рассматриваемых); f_{il} — значение i -й характеристики рассматриваемого l -го образца, системы; k_i — значимость i -й характеристики в облик рассматриваемых образцов, системы. При этом

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1; 0 \leq k_i \leq 1.$$

Численные значения k_i в выражении (1), как правило, определяются с помощью матрицы попарных сравнений, значения элементов которой находятся с использованием 9-балльной (1—9) шкалы Саати [2], согласно которой элементам матрицы присваиваются значения:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{соответствует эквивалентности сравниваемых характеристик} \\ 3 - i\text{-я характеристика немного важнее } j\text{-й} \\ 5 - i\text{-я характеристика существенно важнее } j\text{-й} \\ 7 - i\text{-я характеристика значительно важнее } j\text{-й} \\ 9 - i\text{-я характеристика абсолютно важнее } j\text{-й.} \end{cases}$$

Кроме того, элементам матрицы могут быть присвоены промежуточные значения $a_{ij} = \{2, 4, 6, 8\}$, при этом

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}; i, j = \overline{1, n}.$$

На основе данного подхода можно получить числовое значение для качественной характеристики значимости (табл. 1) с помощью лингвистической переменной, имеющей такие градации, как очень высокая значимость (ОВ), высокая (В), средняя (С), низкая (Н), очень низкая (ОН).

Этот подход используется не только для получения числовых значений качественных характеристик, но и для количественных характеристик с широким диапазоном значений, например для характеристики достоверности с помощью вероятности ошибки на символ:

Таблица 1

	ОВ	В	С	Н	ОН	$\sqrt[5]{\prod_{i=1}^5 Pa_{ij}}$	ВЛП*
ОВ	1	2	3	4	5	2,6	0,42
В	1/2	1	2	3	4	1,64	0,26
С	1/3	1/2	1	2	3	1	0,16
Н	1/4	1/3	1/2	1	2	0,61	0,1
ОН	1/5	1/4	1/3	1/2	1	0,58	0,06
Σ	2,28	4,08	6,83	1,05	15	6,28	1

* Вектор локальных приоритетов.

$$\left| \begin{matrix} \text{ОВ} & \text{В} & \text{С} & \text{Н} & \text{ОН} \\ 10^{-12} & 10^{-9} & 10^{-6} & 10^{-3} & 10^{-2} \\ 0,42 & 0,26 & 0,16 & 0,10 & 0,06 \end{matrix} \right|. \quad (2)$$

Таким образом, любую — как качественную, так и количественную — характеристику системы или образца техники связи можно отобразить на числовой оси. Для приведения числовых характеристик к единому масштабу и диапазону измерений нормируют измеряемые параметры к единице путем деления числового значения характеристики на максимальное значение для характеристик, стремящихся к максимуму, а для характеристик, стремящихся к минимуму, подобная операция проводится для обратных величин.

В качестве параметров идеального образца выбирается лучшее (максимальное или минимальное) значение из потенциально достижимых или предельно необходимое (оптимальное) при данном состоянии науки и технологий, соответствующее лучшим мировым или отечественным образцам либо лучшим образцам из числа сравниваемых. В этом случае f_{oi} в формуле (1) всегда равны 1, а f_{ii} изменяются от 0 до 1, т.е. $0 \leq f_{ii} \leq 1$.

Поскольку характеристики f_{ii} (показатели, критерии) при оценке образца имеют различную значимость (важность, ценность), встает задача получения значений их приоритетов (k_i), которая решается экспертным путем с помощью метода парных сравнений. При этом задается вопрос: какой из показателей (критериев) более важен для данного типа оборудования?

Если показатели имеют сложную структуру, используется метод анализа иерархий (МАИ) [2], а если взаимные зависимости (или то и другое одновременно) — метод аналитических сетей (МАС) [3].

Пример определения уровня развития образца техники связи. В качестве примера определим уровень коротковолнового адаптивного комплекса связи, одной из областей применения которого является обеспечение управления

Таблица 2

	K_1	K_7	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	$\sqrt[7]{\prod_{i=1}^7 Pa_{ij}}$	ВЛП
K_1	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,28	0,18
K_7	0,91	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,64	0,17
K_2	0,83	0,91	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,09	0,15
K_3	0,77	0,83	0,91	1	1,1	1,2	1,3	1	0,14
K_4	0,71	0,77	0,83	0,91	1	1,1	1,2	0,92	0,13
K_5	0,67	0,71	0,77	0,83	0,91	1	1,1	0,84	0,12
K_6	0,62	0,67	0,71	0,77	0,83	0,91	1	0,78	0,11
Σ	5,51	5,99	6,52	7,11	7,74	8,41	9,1	7,09	1

связью в оперативно-стратегическом звене управления ВС РФ, и сравним его с комплексами аналогичного назначения отечественного и иностранного производства.

Необходимо отметить сложности в получении исходных данных для проведения подобных оценок. Как правило, эти данные публикуются в виде рекламных проспектов и не всегда соответствуют данным испытаний на трассах. Стоимость изделий также иногда выставляется заниженной либо не публикуется, либо определяется как договорная. Более достоверной является цена, заявленная на тендерах, но и она оговаривается возможностью корректировки, вызванной дополнительными требованиями заказчика.

Выберем в качестве основных следующие характеристики: пропускную способность — K_1 ; достоверность (вероятность ошибки на символ) — K_2 ; надежность (среднее время наработки комплекса на отказ) — K_3 ; разведзащищенность — K_4 ; помехозащищенность — K_5 ; удобство в эксплуатации и эксплуатации — K_6 ; цену — K_7 (табл. 2).

Некоторые из этих показателей можно измерить (пропускная способность, цена) или получить на основе обработки статистических данных (достоверность, надежность). Для определения разведзащищенности и помехоустойчивости необходимо разработать соответствующие модели, а такой показатель, как удобство эксплуатации, можно определить только экспертным путем — либо с использованием матриц парных сравнений, либо с помощью прямой оценки по шкале лингвистических оценок, причем о значении количественных оценок лингвистической переменной договариваются заранее.

Составим матрицу парных сравнений критериев, задав вопрос: какой из критериев важнее при оценке комплекса? Для этой матрицы принимаем «мягкую» шкалу, которая в большей степени соответствует смыслу решаемой задачи [1].

Пусть имеются четыре образца сравниваемых комплексов, характеристики которых заданы в табл. 3.

Таблица 3

Образец, комплекс, модель	Критерий						
	K_1 , бит/с	K_7 , у.е.	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
Модель 1	9600	20	10—12	В	В	В	ОВ
Модель 2	9600	18	10—9	ОВ	С	С	В
Модель 3	4800	14	10—6	С	ОВ	ОВ	С
Модель 4	4800	16	10—9	С	В	ОВ	Н
Относит. важность критериев	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11

Переведем в соответствии с (2) значения показателей достоверности в значения лингвистической переменной и, пронормировав значения показателей (критериев), сведем их в табл. 4.

Таблица 4

Критерий	K_1	K_7	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
Модель 1	1	0,7	1	0,62	0,62	0,62	1
Модель 2	1	0,78	0,62	1	0,38	0,38	0,62
Модель 3	0,5	1	0,38	0,38	1	1	0,38
Модель 4	0,5	0,875	10,62	0,38	0,62	1	0,24
Коэффициент важности критериев (k_i)	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11

Вычислим значения F_l по формуле (1):

$$F_1 = 0,18(1 - 1) + 0,17(1 - 0,7) + 0,15(1 - 1) + 0,14(1 - 0,62) + 0,13(1 - 0,62) + 0,12(1 - 0,62) + 0,11(1 - 1) = 0,199;$$

$$F_2 = 0,17(1 - 0,78) + 0,15(1 - 0,62) + 0,13(1 - 0,38) + 0,12(1 - 0,38) + 0,11(1 - 0,62) = 0,296;$$

$$F_3 = 0,18 \cdot 0,5 + 0,15 \cdot 0,62 + 0,14 \cdot 0,62 + 0,11 \cdot 0,62 = 0,338;$$

$$F_4 = 0,18 \cdot 0,5 + 0,17 \cdot 0,125 + 0,15 \cdot 0,38 + 0,14 \cdot 0,62 + 0,13 \cdot 0,38 + 0,11 \cdot 0,78 = 0,388.$$

Полученные значения F_l показывают отклонение l -го варианта комплекса от идеального или эталонного образца, обладающего наилучшими из представленных характеристик, имеющих в столбцах вес, равный 1. Характеристики идеального образца должны иметь следующие значения: $K_1 = 9600$ бит/с; $K_2 \leq 10^{-12}$; $K_3 =$ очень высокая (ОВ); $K_4 =$ очень высокая (ОВ); $K_5 =$ очень высокая (ОВ); $K_6 =$ очень высокое (ОВ); $K_7 = 14$ у.е.

Содержательная интерпретация этого результата такова.

Лучшей является модель 1, и она на 20 % хуже идеального образца. Модель 2 хуже на 29 %, модель 3 — на 34 %, а модель 4 — на 39 %. В этом примере характеристики идеального образца формировались путем выбора из четырех представленных вариантов.

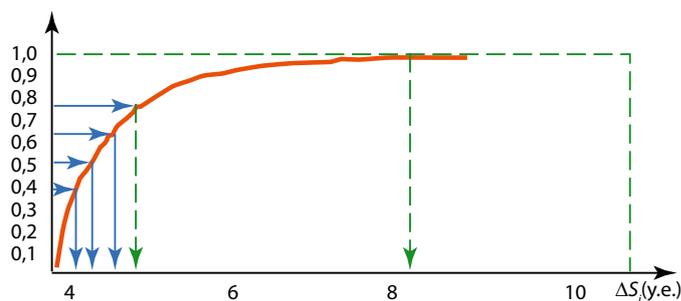
Очевидно, что при желании и необходимости каждую из моделей при соответствующих затратах, вызванных изменением конструкций и технологий, со временем можно довести до состояния идеального образца. При этом изменится цена модели, а идеальные характеристики будут относиться уже к прошедшему времени, так как конкуренты тоже не будут терять времени. Совершенствовать модели можно двумя путями: улучшать характеристики, по которым образцы являются лидерами, либо «подтягивать хвосты» по характеристикам, по которым образцы отстают. Но это уже другая задача.

Оценим сравниваемые комплексы без учета их цены по формуле (1):

$$F_1 = 0,148; F_2 = 0,254; F_3 = 0,338; F_4 = 0,367.$$

Видим, что приоритеты не изменились.

Далее для каждой характеристики каждой модели необходимо установить зависимость ее приращения по натуральной шкале или шкале лингвистической переменной от вкладываемых $f_i(S)$ средств (см. рисунок), т.е. определить, сколько стоит один шаг приращения значения харак-



теристики или, в общем случае, приращение полезности от вкладываемых средств [1]. Данные для построения подобных характеристик получают либо экспериментальным путем, либо на основе опыта предыдущих разработок.

Допустим, мы имеем зависимости для всех характеристик, идентичные зависимостям, представленным на рисунке. Задача заключается в выборе комплекса, который с наименьшими затратами можно довести до «идеального», т.е. имеющего лучшие характеристики из заданного множества комплексов лучших в стране, в мире, потенциально достижимых. Для этого используем выражение

$$S_{\text{общ}l} = \sum_{i=1}^6 \Delta S_i (f_{oi} - f_{il}),$$

где $S_{\text{общ}l}$ — общая величина вкладываемых средств, необходимых для достижения всеми характеристиками l -й модели уровня идеальных; $l = 1, 4$; $i = 1, 6$; f_{il} — имеющийся уровень i -й характеристики l -й модели; f_{oi} — идеальный (лучший) уровень i -й характеристики; $\Delta S_i (f_{oi} - f_{il})$ — затраты, необходимые для достижения i -й характеристикой заданного уровня (f_i) при фактическом состоянии f_{il} .

Для рассматриваемого примера определим величину вкладываемых средств:

$$S_{\text{общ}1} = \Delta S_3(1 - 0,62) + \Delta S_4(1 - 0,62) + \Delta S_5(1 - 0,62) = 3,4 + 3,4 + 3,4 = 10,2;$$

$$S_{\text{общ}2} = \Delta S_2(1 - 0,62) + \Delta S_6(1 - 0,62) + \Delta S_4(1 - 0,38) + \Delta S_5(1 - 0,38) = 2 \cdot 3,4 + 2 \cdot 4,4 = 15,6;$$

$$S_{\text{общ}3} = \Delta S_1(1 - 0,5) + \Delta S_2(1 - 0,38) + \Delta S_3(1 - 0,38) + \Delta S_6(1 - 0,38) = 4,3 + 3 \cdot 4,4 = 17,5;$$

$$S_{\text{общ}4} = \Delta S_1(1 - 0,5) + \Delta S_2(1 - 0,62) + \Delta S_4(1 - 0,62) + \Delta S_3(1 - 0,38) + S_6(1 - 0,24) = 4,4 + 2 \cdot 3,4 + 4,4 + 4,6 = 20,2.$$

То есть для доведения характеристик каждого образца до идеальных (достижимых) суммарные затраты с учетом первоначальной цены составят:

$$M_1 = 20 + 10,2 = 30,2; M_2 = 33,6; M_3 = 31,5; M_4 = 36,2.$$

Таким образом, приоритеты моделей с учетом затрат на модернизацию изменились: модель 3 с третьего места перешла на второе, а модель два со второго на третье.

Выводы. Разработан метод, представляющий последовательность операций для получения новых системных знаний о совокупности объектов — степени их развития, мере соответствия по множеству количественных и качественных показателей, составляющих качество объекта (образца техники связи).

Предложенный метод определения уровня развития средств и систем связи позволяет оценить меру близости рассматриваемого образца к лучшим образцам отечественной, мировой или потенциально достижимой техники. Мера определяется как взвешенное суммарное процент-

ное отклонение основных количественных и качественных характеристик образца с учетом их значимости для данного вида техники от идеального прототипа.

Показано, что при выборе образца для доведения его до требуемого уровня важны не только мера его близости к идеальному образцу, но и общая сумма затрачиваемых средств на создание базового образца и доведение его до идеального состояния.

Полученные оценки справедливы при допущении, что значения характеристик идеального образца не будут изменяться за время модернизации.

Однако у лидеров производства есть стремление «ухода в отрыв» там, где они впереди, либо «подтягивание хвостов» — улучшение характеристик там, где они отстают, либо то и другое. Количественная оценка этих стратегий требует дальнейших исследований.

Метод позволяет не только оценить уровень развития образца, но и в дальнейшем определить пути его совершенствования.

УДК 621.391

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

П. О. Абаев, аспирант РУДН; pavel@sci.pfu.edu.ru

А. Б. Хатунцев, аспирант МТУСИ; antkh@mail.ru

Ключевые слова: сеть связи следующего поколения (NGN), сеть сигнализации, время установления соединения.

На современном этапе развития телекоммуникаций международными организациями по стандартизации в области электросвязи регламентированы требования к качеству передачи сигнальных сообщений в сетях NGN. В условиях нашей страны значительная доля голосовых сообщений будет циркулировать в гибридных сетях с коммутацией каналов (КК) и пакетов (КП) длительное время. Для гибридных сетей связи требования к качеству передачи сигнальных сообщений из конца в конец не регламентированы.

В статье предлагается метод оценки вероятностно-временных характеристик сквозных сигнальных сообщений в таких сетях с целью поддержания качества предоставления голосовых услуг на должном уровне.

Введение. Отличительной особенностью сигнализации в сетях NGN является отсутствие необходимости в выделении канальных ресурсов для передачи сигнального трафика, который обслуживается на базе общих транспортных механизмов, реализованных в сетях передачи данных. Понятие «сеть сигнализации в NGN» обозначает совокупность всех соединений сигнализации, обеспечивающих передачу сигнального трафика. Под сигнальным трафиком понимается трафик, создаваемый сообщениями протоколов, организующих процедуры установления, поддержания, модификации и разъединения соединений.

Сеть сигнализации состоит из узлов, в которых реализованы сигнальные протоколы, и звеньев сети, соединяющих эти узлы [1—4]. Операторы связи позиционируют сети NGN как надстройку над существующими телефон-

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лобов С. А., Чемиринко В. П.** Методология и технология обоснования программ создания и развития систем и техники связи ВМФ. — СПб.: 24 ЦНИИ МО, 2006. — 310 с.
2. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Сов. радио, 1989.
3. **Саати Т.** Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. — М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
4. **Буренок В. М., Ляпунов В. М., Мудров В. И.** Теория и практика планирования и управления развитием вооружения. — М., 2005.
5. **Нейман Джон фон, Моргенштерн О. М.** Теория игр и экономическое поведение/Пер. с англ. под ред. и с добавлениями Н. Н. Воробьева. — М.: Наука, 1970.

Получено 06.10.10

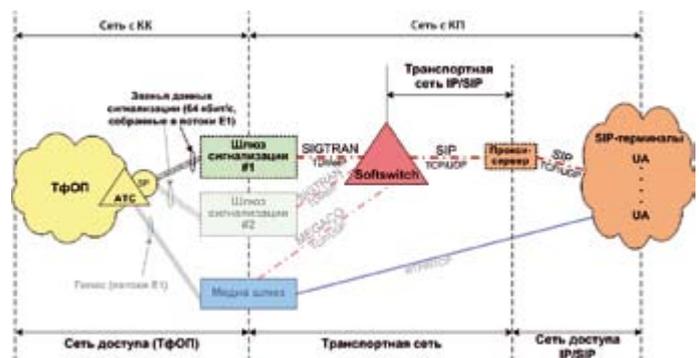


Рис. 1

ными сетями общего пользования (ТфОП) и IP-сетями. Поэтому нагрузка от абонентов сети ТфОП концентрируется в шлюзах, которыми управляют гибкие коммутаторы (Softswitch). Данный подход называется многоуровневым, поскольку шлюз находится на уровнях транспорта и доступа, а Softswitch — на уровне управления.

Постановка задачи. На рис. 1 показана типичная схема сети NGN, условно разделенная на три подсети: сеть доступа с КК (ТфОП), транспортная сеть и сеть доступа с КП, функционирующая по протоколам IP и SIP. Сигнальное взаимодействие в сети NGN осуществляется под управлением гибкого коммутатора посредством протокола MEGACO для медиа-шлюзов и протокола Sigtran для сигнальных шлюзов.

В статье рассматриваются соединения сигнализации в предположении, что при установлении соединений в сети применяются ОКС-7, Sigtran и протокол установления сеан-