

«Оптимизация и математические методы принятия решений»

ст. преп. каф. СС и ПД
Владимиров Сергей Александрович

Лекция 6

Векторный анализ эффективности процесса принятия решений, проблемы и методы их преодоления.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

ВВЕДЕНИЕ

УЧЕБНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Постановка задачи векторного анализа эффективности процесса принятия решений.
2. Проблемы векторного анализа эффективности процесса принятия решений в сетях связи и методы их преодоления.
3. Общий алгоритм векторного анализа эффективности функционирования сети связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Литература:

1. Щекотихин В.М., Терентьев В.М. Прикладная математика.- Орел: Академия ФАПСИ, 2002.
2. Терентьев В.М. Методика обоснования требований к показателям качества АСМКРС. -Л.: ВАС, 1991.
3. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. – М.: МО СССР, 1989.
4. Терентьев В.М., Санин Ю.В. Анализ эффективности функционирования автоматизированных сетей многоканальной радиосвязи. - С-Петербург: ВАС, 1992.
5. Терентьев В. М., Илюхин А. А., Куцакин А. И., Осипов А. Н. Основы построения сетей спутниковой связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Орел: Академия Спецсвязи России, 2004.

Введение

Проблемам оценки эффективности сложных целенаправленных систем, систем обмена информацией и принятия решений посвящено большое количество работ, анализ которых позволяет выделить несколько этапов в развитии теории эффективности. К начальному этапу можно отнести период до середины 70-х годов, когда анализ эффективности функционирования систем передачи информации шел по пути оценки отдельных их свойств и где результатом оценки эффективности выступали оценки отдельных ПК сетей. Начиная с 1975 года, анализ эффективности функционирования начал проводиться как комплексная оценка совокупности свойств сетей связи. Окончательно теория эффективности, как самостоятельное направление в науке, оформилась к началу 80-х годов. Применительно к системам связи, наиболее продуктивной явилась методология вероятностного анализа эффективности, развитая в работах Г.Б.Петухова [3].

**Постановка задачи векторного анализа эффективности
процесса принятия решений.**

Понятие «эффективность (результативность) операции», совершаемой объектом, связано с целым рядом составляющих его частных понятий:

- объект управления, его вектор состояния $\Rightarrow X=(x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t))$,
- процесс функционирования (операция), $\Rightarrow U=(u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t))$,
- цель, функция $\Rightarrow F(x_1, x_2, \dots, x_m) \rightarrow \min(\max), \quad x_i \in X$,
- задача, определить $u(t)$ при функционале $J = \int_0^T F(u_j(t)) dt \rightarrow \min, \quad u_j(t) \in U$,
- свойство,
- качество (x) ,
- показатель качества,
- система показателей качества и требования к ним,
- показатель эффективности $(\Phi(\vec{Y}(x); \vec{Y}_{\text{тр}}))$,
- критерий оценки эффективности $(I(\Phi(\vec{Y}); \Phi_{\text{тр}}))$.

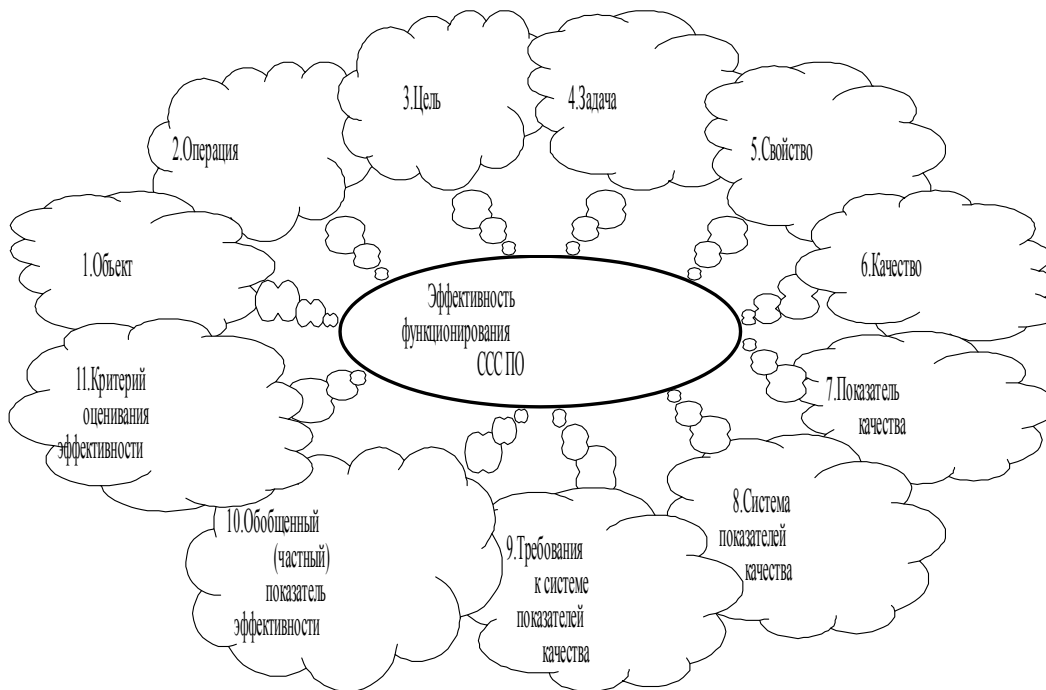


Рисунок 1. Основные понятия теории эффективности решений.

Обобщенный показатель эффективности функционирования (ПЭФ) системы по всем показателям качества - вероятность достижения цели $P_{\text{вып } \Phi} = P(Y_i \in Y_i^{\text{доп}})$.

Критерий оценивания эффективности – совокупность условий, определяющих цели анализа эффективности: пригодность, превосходство или оптимальность исследуемого процесса функционирования ССС ПО.

При оценивании качества любого объекта, описываемого n -мерным векторным показателем, реализуется совокупность критериев, каждый из которых в общем случае может принадлежать одному из классов:

- классу $\{G\}$ критериев пригодности;
- классу $\{S\}$ критериев превосходства;
- классу $\{0\}$ критериев оптимальности.

Многокритериальный характер требований к качеству связи и управления, учет протекающих в системе связи процессов приводят к постановке векторной задачи анализа - эффективности функционирования систем связи.

***Проблемы векторного анализа эффективности процесса
принятия решений и методы их преодоления.***

Анализ этапов развития методов оценки эффективности позволяет сделать вывод о достаточной общности, объективности и возможности проведения аналитических расчетов большой размерности, основанных на векторном подходе к формированию ОПЭФ.

Наличие множества различных и зачастую противоречивых частных показателей качества СС порождает следующие основные проблемы векторного подхода к анализу эффективности ее функционирования:

- необходимость *сокращения исходной размерности* вектора частных показателей качества,
- их *нормирование* и последующую *свертку (скаляризацию)* в обобщенный показатель эффективности функционирования (ОПЭФ) [1].

Процесс нормализации включает этапы перехода к единой размерности (безразмерности), сведения к одной точке отсчета и переход к равноценным шкалам (одному масштабу). Достаточно полно все перечисленные этапы могут быть выполнены при использовании линейного преобразования частных показателей качества

$$\vec{Y}_n^i(\vec{x}; k) = c_n Y_n(\vec{x}; k) + d_n, \quad (1)$$

где $c_n = \frac{1}{Y_n^{\max}(\vec{x}; k) - Y_n^{\min}(\vec{x}; k)}$ – масштабный коэффициент;

$d_n = \frac{Y_n^0(\vec{x}; k)}{Y_n^{\max}(\vec{x}; k) - Y_n^{\min}(\vec{x}; k)}$ – коэффициент сдвига, корректирующий начало отсчета;

\vec{Y}_n^i , Y_n^{\max} , Y_n^{\min} – нормированное, наибольшее и наименьшее значения показателя качества.

Использование данного преобразования позволяет:

- *привести все показатели к нулевой точке отсчета,*
- *их изменение ограничивается отрезком $[0, 1]$,*
- *делает все показатели безразмерными.*

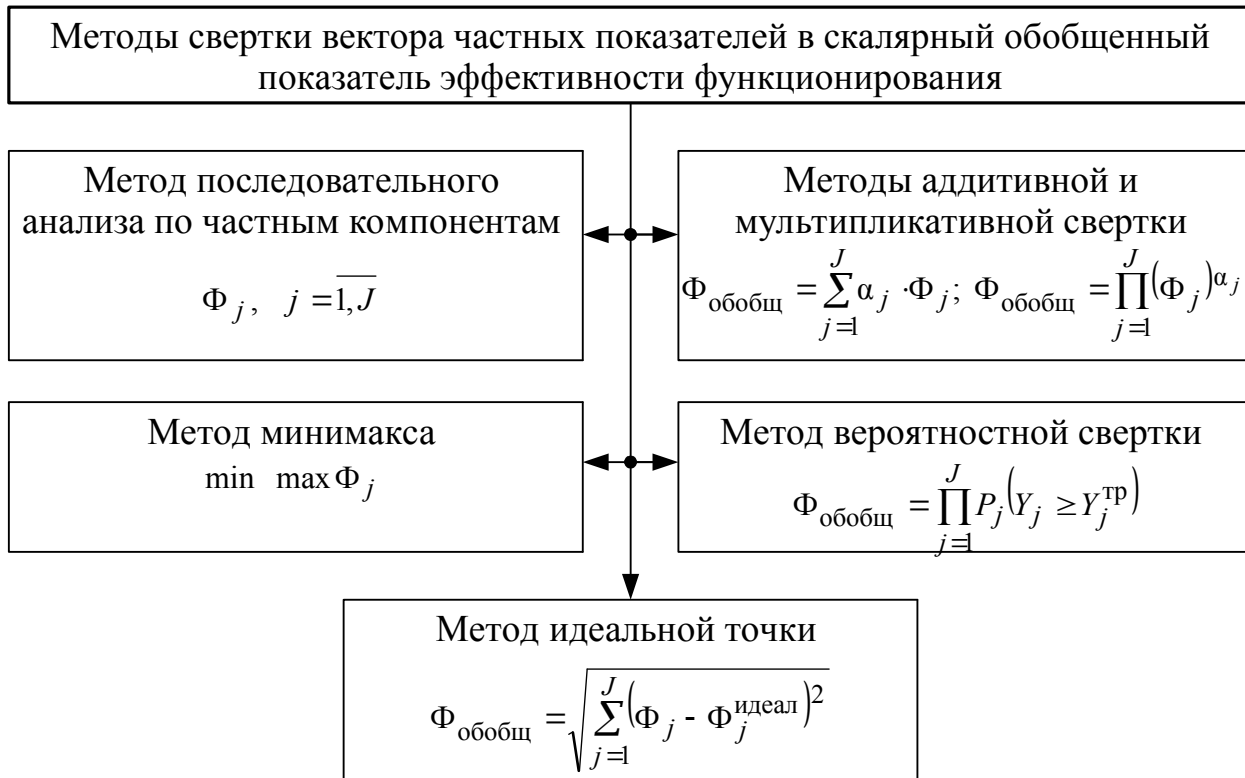


Рис. 2. Основные методы свертки вектора ЧПЭФ в скалярный ОПЭФ

Общий алгоритм анализа эффективности функционирования СС включает в себя следующие этапы:

- *определение системы показателей качества (СПК) СС, отражающей все ее основные свойства при использовании по назначению (обычно формируются три группы показателей: временные, показатели основного функционального эффекта и экономические);*
- *формулировку оперативно-технических требований (ОТТ) к каждому из показателей качества;*
- *нормализацию компонентов пространства показателей качества, введение меры в пространство критериев и выбор метода свертки векторного показателя эффективности в обобщенный скалярный показатель эффективности;*
- *проведение оценки частных показателей технико-экономической эффективности и обобщенного показателя эффективности функционирования сети;*
- *формулировку выводов об эффективности (технико-экономической целесообразности) принятых решений и определение выигрыша в технико-экономических показателях сети при использовании разработанных решений.*

Конкретизируем основные этапы общего алгоритма оценки эффективности функционирования применительно к СС.

1. В СПК функционирования СС должны входить четыре иерархически связанных частных системы показателей качества (СПК): СПК ИО, СПК У, СПК СИО, СПК СУ. Учитывая определяющую значимость СПК ИО для оценки эффективности СС, следует рассмотреть ее более детально.

Процесс информационного обмена в сетях связи характеризуется такими свойствами (качествами), как достоверность, своевременность, безопасность, экономичность. Каждое из этих свойств может быть определено количественно с помощью отдельного показателя качества (ПК).

2. Следующим этапом оценки эффективности функционирования СС является определение требований (пороговых или предельных значений) к показателям качества функционирования \vec{Y}' [4,5]. В основу формирования системы оперативно-технических требований к СС могут быть положены разработанные МСЭ-Т (*ITU*) рекомендации и стандарты.
3. Третьим этапом оценки является этап формирования частных показателей эффективности функционирования СС.

С учетом случайного характера большинства факторов, определяющих эффективность функционирования сети связи частные показатели эффективности ее функционирования (ЧПЭФ) определяются как совместная вероятность достижения предъявляемых к показателям качества требований:

$$P_{\text{вып } \phi} = P(Y_{\phi} \leq \vec{Y}'_{\phi}) = \int_0^{Y'_{\phi 1}} \dots \int_0^{Y'_{\phi r}} \omega(Y_{\phi 1}, \dots, Y_{\phi r}) d\vec{Y}_{\phi}, \quad (2.10)$$

где \vec{Y}_{ϕ} – СПК функционирования СС;

$Y'_{\phi i}$ – требуемое значение вектора ПК СС;

$\omega(Y_{\phi 1}, \dots, Y_{\phi m})$ – совместная плотность распределения вероятностей значений вектора показателей качества \vec{Y}_{ϕ} .

Обычно ЧПЭФ СС формулируются в виде вероятностей выполнения следующих требований к качеству услуг:

- по достоверности (надежности связи), т. е. вероятности того, что величина отношения сигнал/шум на входе линейного устройства не будет меньше допустимого значения $P(h_{c/ш}^2 \geq h'_{c/ш}{}^2)$ (2.11) во всех направлениях сети;
- своевременности, т.е. вероятности того, что время доставки сообщения в любом направлении сети не превысит предельного значения $P(t_{\partial} \leq t'_{\partial})$ (2.12);
- помехозащищенности, т. е. вероятности того, что отношение сигнал/шум в линии связи любого направления связи будет меньше предельного значения $P(h_{рп}^2 < h'_{рп}{}^2)$; (2.13);
- экономичности, т. е. вероятности того, что затрачиваемые сетью физические или экономические ресурсы на производство услуг (на бит передаваемой информации в любом из направлений связи) не превысят заданных значений $P(\vec{Z}_c \leq \vec{Z}'_c)$. (2.14).

Основная трудность использования вероятностной свертки заключается в необходимости априорного задания многомерных плотностей распределения вероятностей значений показателей качества и их многократном интегрировании, что значительно упрощается при переходе к аппарату условных вероятностей [1,3].

Несомненным преимуществом метода вероятностной скаляризации является автоматическое решение при его применении проблемы нормализации пространства частных показателей эффективности.

Заключительным этапом оценки эффективности является формулировка и оценка обобщенного показателя эффективности функционирования (ОПЭФ) СС.

Это определяет целесообразность использования ОПЭФ, полученного на основе введения в векторное нормированное пространство ЧПЭФ евклидовой метрики – суммы квадратов отклонений ЧПЭФ от идеальных (требуемых) их значений. При этом обобщенный показатель эффективности функционирования записывается в виде [1]:

$$\Phi_{\text{обобщ}}^{\text{эф}} = \sqrt{\sum_{j=1}^J (\Phi_j - \Phi_j^{\text{идеал}})^2}, \quad (2.15)$$

где Φ_j – значение j -го ЧПЭФ СС;

$\Phi_j^{\text{идеал}}$ – идеальное значение j -го ЧПЭФ СС.

Вывод

Задачу оценки эффективности функционирования автоматизированных систем связи (СС) целесообразно решать в следующие два этапа.

Этап 1 – анализ частных вероятностных показателей эффективности функционирования СС:

$P(t_{\partial} \leq t'_{\partial})$ – вероятности своевременной доставки;

$P(h_{\text{с/ш}}^2 \geq h_{\text{с/ш}}^{2'} = f_d^{-1}(P'_{\text{ош.б}}))$ – надежности связи;

$P(h_{\text{рп}}^2 < h_{\text{рп}}^{2'})$ – помехозащищенность;

вероятности обеспеченности ресурсами (полосой частот и мощностью, пространственными и временными ресурсами, прочими материальными и экономическими ресурсами).

Этап 2 – анализ обобщенного показателя эффективности функционирования СС, полученного на основе метода идеальной точки.

Данное решение позволяет сохранить достаточно высокую чувствительность ОПЭФ к отдельным ПК при большой размерности СПК.

Общий алгоритм векторного анализа эффективности функционирования сети связи

В алгоритме можно выделить следующие группы блоков:

- вспомогательных расчетов;
- анализа частных вероятностных показателей эффективности функционирования СС;
- анализа ОПЭФ, полученного на основе метода идеальной точки,
- формулировки выводов по критерию пригодности.

Заключение

Овладение методами оценки эффективности функционирования ИТКС позволяет оценить вклад отдельных ее подсистем в выполнение задач, поставленных перед ИТКС в целом, оптимизировать подход к решению задач обоснования оперативно-технических требований, разработки структуры автоматизированной системы управления ИТКС и распределения ресурсов ИТКС между ее подсистемами.

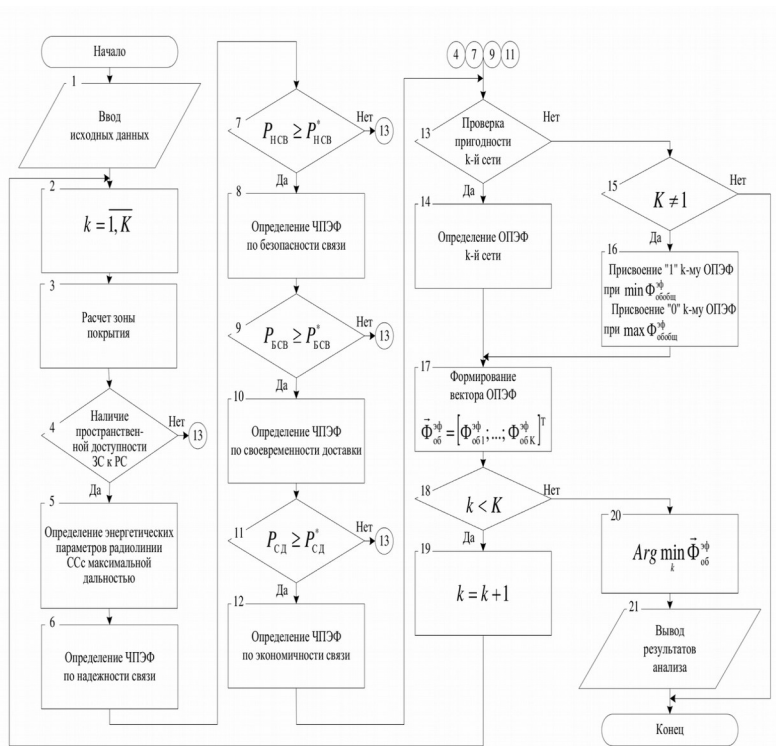


Рисунок 3. Обобщенный алгоритм векторного анализа эффективности функционирования СС.