

## ПРОЦЕССЫ ВЫБОРА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Галина Гайворонская

**Аннотация:** *Выполнен анализ условий использования теории принятия решений при проектировании информационных сетей. Предложенная методика используется на кафедре информационно-коммуникационных технологий Одесской государственной академии холода при выполнении курсового проектирования и подготовке выпускных квалификационных работ при получении квалификации магистров и специалистов специальности «Компьютерные системы и сети»*

**Ключевые слова:** *информационная сеть, векторные и скалярные критерии, эффективность функционирования сети.*

**Ключевые слова классификации ACM:** *H. Information Systems - H.1 MODELS AND PRINCIPLES, E. Data - E.0 GENERAL.*

---

### Введение

В учебном плане специальности «Компьютерные системы и сети» направления обучения «Компьютерная инженерия» большое внимание уделяется не только принципам функционирования информационных сетей различного назначения, но и проектированию этих сетей. При этом структурно-логическая цепочка сетевых дисциплин включает следующие дисциплины: «Основы теории передачи информации», «Коммуникационные технологии», «Локальные компьютерные сети», «Глобальные компьютерные сети», «Информационные сети», «Мультисервисные сети следующего поколения», «Сети доступа пользователя», «Администрирование компьютерных сетей», «Проектирование компьютерных сетей», «Сетевые информационные технологии» и для магистерской подготовки «Оптимальный синтез информационных сетей». Изучение этих дисциплин сопровождается курсовым проектированием и выполнением расчетно-графических заданий (РГЗ). И здесь весьма важным является использование теории принятия решений (ТПР), поэтому для бакалавров введен предмет «Теория принятия решений», а для магистров «Информационная поддержка систем принятия решений». Изучение этих дисциплин позволило ввести инструментарий ТПР не только в процесс курсового проектирования и выполнение РГЗ, но и разработать два цикла лабораторных работ (ЛР), в которых с использованием обучающей компьютерной программы «*SMPR*», любезно предоставленной профессором д.т.н. А.Ф. Волошиным, студенты получают навыки применения методов ТПР при создании компьютерных сетей и доступа.

Методологическая основа применения методов ЛПР при проектировании информационных сетей предложена в этой работе, кроме того вашему вниманию предлагается еще две статьи, обобщающие опыт использования программы «*SMPR*» при использовании методов ТПР в условиях неопределенности и риска при проектировании компьютерных сетей и применении многокритериальных методов выбора технологий сетей доступа.

---

### Процесс выбора вариантов развития информационных сетей

Модели информационных сетей (ИС) на разных уровнях абстракции формально не выводимы друг из друга, поэтому установление связи между ними является в некотором роде искусством, которым должен владеть проектировщик. Процессы выбора являются основополагающими, как при создании новых технологий, так и при проектировании и модернизации ИС. К процедуре выбора обращаются на всех

этапах и уровнях исследования, выбирая какие условия и ограничения существенны, а какими можно пренебречь, какие показатели определяющие, а какие можно не учитывать. По своей глубинной сути выбор всегда многокритериален и таит в себе столько же неопределенности и зависимости от личности лица, принимающего решение (ЛПР), сколько и строгой логики. Если под ЛПР понимать человека, имеющего цель, служащую мотивом постановки задачи выбора и её решения [1], то для него среди многообразия проблем в теории выбора можно выделить две главных: «Как сравнивать альтернативы между собой?» и «Как осуществлять выбор по многим показателям приемлемости?». И первый, и второй вопросы вряд ли смогут решить только математики. Выбор неотделим от человека, от окружающей его жизни, от ее социальных, экономических сторон, от уровня развития техники и технологий. А это значит, пока все аспекты проблемы не будут формализованы, однозначного решения проблем сравнения альтернатив и их выбора мы не получим. Процесс выбора носит в этом плане принципиально субъективный характер. Тем не менее, понимая всю сложность и нечеткость подсознательных оценок, которые мы закладываем в основу выбора, вполне естественно стремление создать формально-логический аппарат, который на первых порах, не заменяя интуицию, в значительной мере облегчал бы решение проблемы.

Постановка задачи выбора наилучшего проектного решения предполагает наличие правила, позволяющего сравнивать качество возможных альтернатив. В простейшем случае такое правило может быть задано скалярной функцией на множестве возможных вариантов, а наилучшее решение определяется из условий экстремума этой функции. Однако в практических задачах построение такой функции вызывает серьезные затруднения. К тому же формирование целевых функций на начальных этапах выбора приводит к максимальному субъективизму и заранее запрограммированному результату, исключая широкий поиск возможных кандидатов на оптимальность по менее сильным критериям.

В качестве примера рассмотрим процесс выбора вариантов развития информационных сетей. Обычно моделируемые варианты развития сети, называемые сценариями эволюции, выбираются проектировщиком. Ограничения такого подхода состоят в том, что есть возможность пропустить в процессе выбора вариантов наиболее подходящее решение, то есть не предусмотреть моделирование сценария, который в итоге может оказаться оптимальным. Поэтому возникает задача выбора

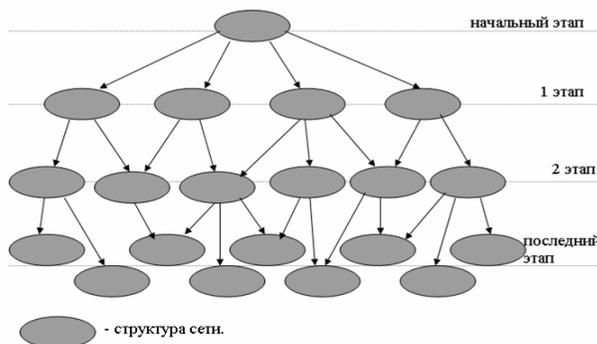


Рис. 1. Первый способ моделирования

предыдущем этапе, рис. 1. Недостатком этого подхода являются высокая трудоемкость, т.к. на каждом этапе рассматриваются все возможные варианты построения сети. Кроме того, он требует больших затрат времени, не гарантируя определение оптимального варианта, поскольку ключевой вариант может быть утерян при анализе результатов промежуточных этапов. К тому же расчет сетей даже средних размеров вручную практически невозможен, поскольку предъявляются очень большие требования к

моделируемых сценариев эволюции сети [2]. Проанализируем варианты решения этой задачи, предполагая, что модернизация сети происходит поэтапно и оцениваются результаты оптимизации на каждом этапе эволюции сети по критерию минимальной стоимости, при обеспечении заранее оговоренных требований [3].

При использовании первого подхода после анализа результатов синтеза сети на каждом этапе производится анализ следующего этапа с учетом всех вариантов полученных на

вычислительным ресурсам, необходимы сложные алгоритмы и программы анализа сценариев эволюции ИС.

Второй способ предполагает, что варианты построения сети анализируются на каждом этапе, и для анализа на последующих этапах выбирается один или несколько лучших решений предыдущего этапа (рис. 2).

Третий способ предполагает определение лучшего варианта построения сети на конечном этапе и поиск возможных путей синтеза выбранной структуры сети, а

затем анализ этих путей по заданному критерию, рис. 3. Преимущества этого подхода: простота реализации, меньшие требования к вычислительным ресурсам, меньше время расчетов и возможность

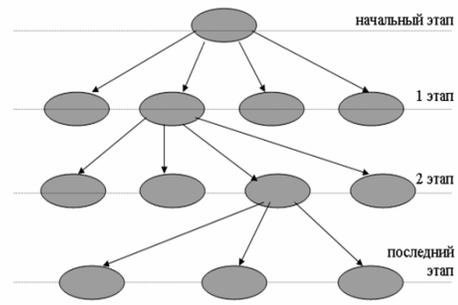


Рис. 2 Второй способ моделирования

получения лучшего варианта построения сети.

Однако далеко не всегда есть возможность априори определить требуемую структуру сети.

А если бы такая возможность и существовала, нет гарантии, что эта заранее заданная структура будет оптимальной и в конце исследуемого периода, так как невозможно предсказать какие новые возможности могут

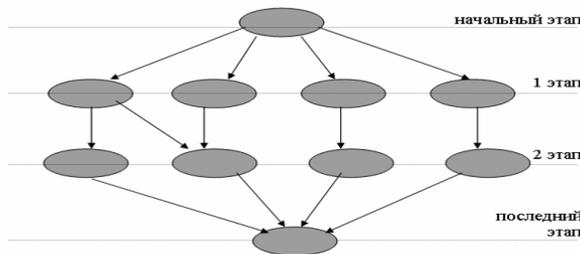


Рис. 3 Третий способ моделирования

появиться в результате технического прогресса.

В ряде реальных задач проектирования целесообразно на множестве альтернатив формировать несколько скалярных функций или критериев оценки, задаваемых неметрическими постановками или отношениями порядка. При таких условиях задача переходит в разряд многокритериальных. Основная особенность таких многокритериальных задач состоит в том, что их решением является не единственная точка, а целое множество эффективных точек, удовлетворяющих поставленной задаче.

В практическом проектировании технический объект рассматривается с точки зрения различных ситуаций его жизненного цикла. Оценки такого рода требуют использования моделей поиска рациональных вариантов, которые учитывали бы максимальное число его особенностей. И здесь процедуры выбора дают возможность выявить рациональные решения и позволяют разрешить компромиссы с учетом нескольких показателей. С другой стороны, всякое проектирование многовариантно по своему существу, а это требует многоаспектной, многокритериальной оценки возможных вариантов проектов с целью выбора наиболее целесообразного решения. В большинстве случаев инженерный выбор производится и по многим характеристикам, и по многим вариантам. Поэтому актуализируется задача автоматизации процедур выбора. При этом выделяются два принципиально неодинаковых подхода и две различные архитектуры построения систем автоматизированного выбора. Первый связан с выбором альтернатив при многовариантном анализе на вновь сформированных множествах альтернатив, а второй предназначен для создания автоматизированных систем выбора по справочным данным.

### Решение проблемы выбора при синтезе информационных сетей

Решение проблемы выбора при синтезе ИС или при их проектировании возможно только, если разработчик имеет полное описание исходного множества альтернатив (ИМА), из которого будет производиться выбор и располагает достаточной информацией о целях этой процедуры, и принятом принципе оптимальности. При этом каждый вариант может описываться набором внешних характеристик, условно подразделяемых на показатели приемлемости, условия и ограничения. Исходные данные обосновываются путем всестороннего рассмотрения наложенных условий, назначения сети и требований, предъявляемых к синтезируемой сети. При этом имеется в виду получение эффективных решений, под которыми обычно понимается степень наибольшего соответствия варианта своему назначению, не забывая, что эффективность – это субъективное понятие, отражающее представление исследователя или проектировщика о качестве работы сети.

При решении технических задач выбора в формализованной постановке представление об их качестве характеризуют принципом оптимальности, который задается теми или иными критериями предпочтения (оптимальности) и набором условий и ограничений.

В формализованной постановке под задачей выбора будем понимать пару

$$\langle \text{ОП}, \Omega \rangle, \quad (1)$$

где ОП - принцип оптимальности, выражаемый формализовано через функцию выбора  $C$ ;  $\Omega$  - заданное множество вариантов.

Угловые скобки в (1) имеют значение, поскольку указывают на линейный порядок в паре, т.е. на приоритет, входящих в неё членов. Вначале – цель операции, а потом состав субъектов, над которыми будет проводиться эта операция. Тогда решением задачи выбора является множество  $\Omega_0$ , полученное с помощью принципа оптимальности:  $\Omega_0 = C(\Omega)$ . Принцип оптимальности, задаваемый функцией выбора  $C$ , состоит из требований по допустимости –  $C_d$  и критериальных требований  $C_k$ . Для функции выбора критериальных требований и требований по допустимости характерны следующие соотношения  $C = C_k \cup C_d$ ;  $C_k \cap C_d = \emptyset$ . Первая запись показывает, что объединение множеств критериальных требований и требований по допустимости представляет собой, собственно, функцию выбора. А второе выражение утверждает, что их пересечение пусто, т.е. те характеристики, которые уже задействованы в критериальных требованиях, не могут быть одновременно условиями и ограничениями.

Постановка задачи, на основе которой формируются функции выбора, формально может быть представлена набором условий, ограничений и показателей приемлемости.

$$\text{ПЗ} = \{\{Y_z\}, \{O_p\}, \{k_i\}\};$$

$$z = \{1, Z\}; \quad p = \{1, P\}; \quad I = \{1, M\}.$$

Условия  $\{Y_z\}$  и ограничения  $\{O_p\}$  обычно задаются, отношениями  $R = R_{\text{усл}} \cup R_{\text{огр}}$ , причем  $R_{\text{усл}} = \{\langle = \rangle, \langle \neq \rangle, \langle \approx \rangle\}$  – для условий,  $R_{\text{огр}} = \{\langle \ll \rangle, \langle \gg \rangle, \langle \leq \rangle, \langle \geq \rangle, \langle \ll \ll \rangle, \langle \gg \gg \rangle\}$  – для ограничений. Требования по допустимости  $C_d$  представляют собой множество всех наложенных условий и ограничений на характеристики объекта выбора. Показателем приемлемости (ПП)  $k_i$  варианта является, его числовая характеристика, связанная с его качеством строго монотонной зависимостью - чем больше (меньше) величина  $k_i$ , тем лучше вариант при прочих равных условиях. При решении задач выбора в процессе проектирования объект обычно характеризуется не одним, а совокупностью показателей приемлемости  $\{k_i\}$ :  $I = \overline{1, M}$ .

Так как любая задача синтеза или проектирования новых объектов должна формулироваться в терминах условий, ограничений и показателей приемлемости, то и выбор вариантов подсистем и компонентов в процессе ее решения на всех уровнях и этапах должен проводиться по совокупности этих требований. В отличие от ПП варианта – т.е. его характеристики, которая в процессе выбора может монотонно изменяться (минимизироваться или максимизироваться), критерием выбора вариантов является правило, задающее цель операции и позволяющее формализовано осуществлять операции сравнения и усечения исходных множеств альтернатив.

Иногда критерий выбора может быть сведен к минимизации или максимизации одного показателя качества и тогда их смысловое содержание совпадает. Но в большинстве случаев такое упрощение не оправдано и проектировщик должен решать задачу выбора по совокупности показателей приемлемости. Решение задач выбора по совокупности ПП приводит к формированию векторных или скалярных критериев. И если скалярные критерии принципиально могут привести к единственному варианту решения, то векторные (критерий Слейтера и Парето) позволяют лишь отбросить заведомо худшие варианты и выявить нехудшие, эффективные по Парето или по Слейтеру. Главная отличительная черта векторных критериев – это объективность, т.к. на ПП в них не накладываются никакие условия и ПП в таких векторных критериях ортогональны (независимы). Если скалярная функция выбора задается как некоторый функционал – комплексный ПП, отражающий суммарный полезный (целевой) эффект, то говорят об интегральном или обобщенном критерии сравнения альтернатив. Если же ПП рассматриваются ЛПР как независимые функции, то речь идет о задаче выбора в векторном пространстве и такие задачи выбора, соответственно, называются векторными задачами выбора по совокупности ПП. Часто в литературе, не совсем правомерно, такие задачи и называют многокритериальными. На самом же деле, при более глубоком рассмотрении, проблема многокритериальности (т.е. использования нескольких правил сравнения вариантов) возникает в случае формирования нескольких последовательных моделей и/или процедур выбора, которые по мере получения промежуточных результатов уточняют «траекторию» движения к цели. Многокритериальность в этом смысле связывают с несколькими правилами сравнения альтернатив (несколькими критериями), которые шаг за шагом решают задачу выбора. Лишь в этом случае можно говорить о действительно многокритериальной задаче.

Проектирование любой сети базируется на предположении, что может существовать некоторое множество вариантов материальных структур, способных одновременно удовлетворять всем предъявляемым к ним требованиям. В теории исследования операций [4] пара  $\langle C, \Omega \rangle$  может трактоваться по-разному:

1. Если  $C$  и  $\Omega$  априори неизвестны ЛПР и могут варьироваться, то такая постановка является **задачей принятия решений**.
2. Задача с заданным множеством альтернатив  $\Omega$  и варьируемым принципом оптимальности  $C$  трактуют как **задачу выбора**.
3. Задачу с известными  $\Omega$  и  $C$  называют **общей задачей оптимизации**.

---

### **Выбор показателей эффективности для вариантов синтезируемых структур сетей**

---

При решении задачи поиска оптимальных структур сети необходимо выбрать показатели, по которым оценивается эффективность сравниваемых вариантов структур [5]. В общем случае оптимизация ТС может производиться по различным показателям (см., например, [5-9]). К их числу относятся:

- а) стоимостные показатели: затраты на реализацию сети в целом, суммарная стоимость сети на конечном этапе, минимальный прирост стоимости на промежуточных этапах, затраты на канал-километр линейных

сооружений и систем передачи в сети, затраты на коммутационное и управляющее оборудование; на стоимость передачи единицы информации по сети и т. д.;

б) надежностные показатели сети;

в) структурные показатели сети: суммарная длина линий, число канала-километров, число транзитов (среднее или максимальное и т. д.);

г) показатели качества обслуживания в сети;

д) обобщенные показатели эффективности ИС.

Как показывает опыт разработки и эксплуатация сложных систем, успех их оптимизации зависит не столько от адекватности модели процесса ее функционирования и совершенства используемого математического аппарата для получения точных и достоверных результатов оценки характеристик системы, сколько от выбранного показателя эффективности системы [8].

К настоящему времени отсутствует системная проработка выбора показателя для оценки эффективности ИС. Это объясняется отставанием в комплексном решении проблемы оценки эффективности и для достаточно давно разрабатываемых и эксплуатируемых сетей, и тем более модернизируемых сетей и создаваемых на их основе сетей следующего поколения. Используются отдельные, часто не стыкуемые и противоречивые показатели, применяемые на различных этапах исследования и проектирования сетей и их элементов и удобные для решения узких локальных задач, но практически не пригодные для решения задач оценки эффективности ИС в целом.

Эффективность функционирования ИС характеризуют следующими показателями: пропускная способность, загрузка сети, вероятностно-временные характеристики качества обслуживания пользователей и надежность. В повышении пропускной способности заинтересованы пользователи, поскольку от нее зависит качество их обслуживания. Загрузка сети – показатель, в повышении которого в наиболее заинтересованы разработчики сети и сетевые операторы. Надежность сети определяет степень достоверности предыдущих показателей и характеристик, является одинаково важной для пользователей, разработчиков и операторов, и обязательно входит в оценку эффективности функционирования сети. Иногда надежность учитывается при оценке пропускной способности и качества обслуживания сети.

К показателям качества обслуживания относятся задержки сообщений  $\bar{t}_s$  в сети, что объясняется тем, что показатель  $\bar{t}_s$  в неявном виде отражает и значение пропускной способности, важное для пользователей, и загрузку отдельных элементов и сети в целом, важную для разработчиков системы. При этом загрузка сети и среднее время задержки  $\bar{t}_s$  находятся в противоречии, заключающемся в тенденции максимально использовать оборудование системы с минимальными временными потерями при обслуживании пользователей сети. Среднее время доступа в сеть  $\bar{t}_o$ , в совокупности с  $\bar{t}_s$ , определяет суммарную задержку сообщений, оцениваемую пользователями сети.

Для пользователя важным является и время реакции  $\bar{t}_p$  системы на запрос. Этот показатель используется при оценке систем телеобработки и разделения времени, однако, для анализа и синтеза ИС, он менее эффективен. Время реакции отражает не только процесс передачи информации, но и ее обработку, и является более общим, чем среднее время пребывания сообщений в сети. Однако сеть содержит широкий спектр оборудования различной производительности, следовательно, время реакции может зависеть от задач пользователя, которые могут требовать разные ресурсы сети. Таким образом, время реакции слабо отражает качество функционирования сети, кроме того, в случае необходимости при оценке какой-либо конкретной сети время реакции может быть получено с помощью показателя среднего время пребывания сообщений с учётом анализа времени обработки вызова. При этом время  $\bar{t}_s$  в ИС,

работающих в диалоговом режиме, не должно превышать времени хранения информации в оперативной памяти мозга человека, то есть 1-2 сек.

Поиск решения проблемы многокритериальной оптимизации обычно осуществляется конструированием составных критериев в виде различных функционалов от исходных характеристик и показателей системы, и таким образом задача сводится к монокритериальной, при которой открывается возможность широкого использования математических методов теории принятия решений: математического программирования, теории статистических решений, различных численных методов оптимизации [10].

В работе [11] предлагается использование стратифицированных критериев, связывающих различные уровни абстрагирования, а именно: функциональный и физический. Обычно неполнота исходной постановки проблемы эффективности вытекает из стремления к упрощению четко не сформулированной задачи и к использованию привычных описательных категорий. Целью выбора стратифицированного критерия с использованием морфологического, функционального и информационного описания является построение модели оценки эффективности, включающей как саму ИС в качестве системы, так и метасистему, включающую и пользователей этой сети (уровни 5-7 модели взаимодействия открытых систем, ВОС). Причем физический показатель выбирается так, чтобы он нес и функциональную нагрузку, т. е. учитывал вклад системы в деятельность метасистемы. Используя стратифицированный подход можно построить следующую цепочку показателей: функция эффективности работы сети – функция стоимости – функция времени.

### Выбор метода сравнения альтернатив

Теперь на основании выполненного анализа выберем и обоснуем корректный метод выбора из альтернативных стратегий эволюции ИС. Для этого рассмотрим множество возможных стратегий эволюции  $\Omega_0$ . Предполагая исследуемый период времени конечным и дискретным, а топологию сети стационарной, можно утверждать конечность  $\Omega_0$ . Более того, если формализовать и конкретизировать понятие стратегии эволюции, то можно последовательно перечислить все возможные стратегии эволюции ИС. Это обеспечит априорную известность  $\Omega_0$ . Таким образом, задача определения оптимальной стратегии эволюции сети сводится к задаче выбора.

Введем для каждой  $i$ -ой стратегии развития  $\omega_i \in \Omega_0$  три показателя приемлемости, предложенные в предыдущем подразделе – эффективность, стоимость и период модернизации сети  $k_1(\omega_i)$ ,  $k_2(\omega_i)$  и  $k_3(\omega_i)$ .

Задачи выбора проектных решений по совокупности ПП и по безусловным критериям предпочтения в П- и S-постановках возникают как вспомогательный аппарат принятия решений при недостаточной априорной информации. Главная ценность паретовской оптимизации заключается в выявлении противоречий между ПП и построении на множестве проектных альтернатив частичного упорядочения, концевые вершины которого являются «претендентами» на наилучшее соответствие по целевым устремлениям. Эта постановка позволяет отсеять заведомо худшие решения и оставить для анализа эффективные альтернативы, дальнейшее усечение которых проводится с помощью дополнительной информации, например, условных критериев предпочтения. Применить данный подход в нашем случае, можно задав на множестве  $\Omega_0$  отношение частичного порядка

$$\omega_i < \omega_j \Leftrightarrow \begin{cases} k_m(\omega_i) \leq k_m(\omega_j) \quad \forall m = \overline{1,3}, \\ \exists m^* : k_{m^*}(\omega_i) < k_{m^*}(\omega_j), \end{cases}$$

а, для частичного сужения множества альтернатив выбора, используя критерий Парето. Полученное множество максимальных в смысле заданного порядка элементов  $\Omega_1 \subseteq \Omega_0$ , обязательно будет содержать все стратегии эволюции, которые могут быть получены при применении более сильных критериев. Отброшенными окажутся только те, не оптимальность которых можно утверждать с уверенностью. Это легко видеть из сути подхода Парето.

Оценим возможность применения неметрических критериальных постановок для решения поставленной задачи. Исходя из предпосылки, что при синтезе сети тот или иной ее элемент должен быть, выбран как единственный, приходим к выводу, что существует приоритетная цель, которая определенным образом связана с другими ПП, но на начальных стадиях проектирования неизвестна ЛПР. Для получения дополнительной информации и снятия неопределенности в выборе целей принято использовать ЛПР с более высоких уровней проектирования и располагающее более полными сведениями о целях выбора [12].

Далее, путем ранжирования ПП, применяем более сильные критерии. В данном случае этот порядок определяется в соответствии с порядком индексов при  $k$ . Лексикографическая условная критериальная L-постановка, задающая предпочтения посредством ранжирования ПП, позволяет «доопределить» задачу выбора и сузить поиск оптимальных решений концевыми вершинами на вложенных линейных порядках альтернатив. При этом приоритет целей помогает в формализованном выборе не множества, единственного решения, вероятность появления которого значительно возрастает.

Введем для каждого ПП величину «уступки»  $\Delta_i$ , определяющей насколько далеко могут уйти искомые решения от оптимальности по некоторому показателю, чтобы приблизиться к оптимуму по совокупности всех показателей. Метод последовательного выбора оптимальных вариантов с помощью «уступок» по сравнению с т, и S-постановками приводит к более определенным результатам и позволяет увидеть пути разрешения частных противоречий «уступками» в достижении лучших решений по наиболее важным целям. Скалярный выбор оптимального варианта по одному ПП является частным случаем лексикографии с минимальной силой  $L(W/k1)$  из всех возможных L-постановок. Концевые элементы в линейном порядке альтернатив определяют наилучшие решения. Эта критериальная постановка возможна при ярко выраженных приоритетах одного ПП перед другими.

Однако в исследуем случае невозможно выделить выраженный приоритет одного из вышеназванных показателей, следовательно, применение скалярного выбора оптимального варианта по одному показателю качества сужает решение задачи. Применив к альтернативам из множества  $\Omega_1$   $\Delta$ -критерий, получим еще более узкое множество  $\Omega_2$ , подмножество  $\Omega_1$  и  $\Omega_0$ . Легко видеть, что набор элементов, входящих в  $\Omega_2$  во многом зависит от выбора величин  $\Delta_i$  и утверждать объективность выбора решений  $\Omega_2$  из  $\Omega_1$  уже нельзя. Тем не менее использование  $\Delta$ -критерия позволяет свести к минимуму число альтернатив выбора, претендующих на оптимальность.

Для выбора единственного из решений  $\Omega_2$  может применяться либо интегральный критерий  $W(\omega_i) = \alpha_1 k_1(\omega_i) + \alpha_2 k_2(\omega_i) + \alpha_3 k_3(\omega_i)$ , где  $\alpha_i, i = \overline{1,3}$  – весовые коэффициенты, задаваемые для каждого из ПП, либо его частный случай, учитывающий влияние только одного показателя. Отыскать минимум функции  $W$  можно с определенной долей точности, (в основном зависящей от качества подбора величин  $\Delta_i$  и  $\alpha_i$ ) утверждать, что оптимальное решение задачи синтеза сети найдено.

Однако при практическом применении описанного подхода возникает ряд проблем. Метрические постановки в виде интегрального скалярного критерия должны применяться на самых последних этапах

выбора, когда ЛПР уже имеет достаточную информацию для ее реализации. Когда исследовав  $\pi$ - и  $L$ -решения, изучив проектную ситуацию, появляются убедительные основания для введения компромиссов в пространстве ПП и осознанном назначении их «весов» в обобщенной целевой функции аддитивного или мультипликативного типа. Опасность не увидеть всей проектной ситуации и априорный субъективизм заставляет осторожно подходить к применению «сверток» на ранних этапах выбора, несмотря на заманчивость получения единственного решения.

Основной целью исследования систем любого вида является анализ изменения выходных параметров и их влияния на общий показатель эффективности системы в целом. Понятие эффективности технических систем по существу отождествляется с их экономической эффективностью [13]. В качестве основного показателя при решении задач оптимизации сетей в настоящее время выбирают показатели, связанные с оценкой затрат на выполнение ими основной целевой функции [14]. Если в задачах оптимизации ИС используются стоимостные показатели, то надежность, структурные и качественные характеристики выступают в качестве ограничивающих факторов.

Учитывая специфику ИС, характеризуемых высокой стоимостью и наличием ряда жестких требований к значениям внешних параметров, в качестве показателя оценки на этапе синтеза сетевой структуры целесообразно использовать затраты на создание и эксплуатацию сети на каждом этапе ее модернизации. Однако при этом необходимо учитывать реальную стоимость денег в каждый конкретный момент времени, для чего экономический анализ должен выполняться с учетом дисконтного коэффициента.

Показатель времени косвенно учитывается заданием периода исследования и сильно коррелирован с типом технологии внедряемой на исследуемой сети. Особенно тесной становится эта корреляция в последние годы, в связи с все возрастающими темпами появления новых технологий. Однако эти темпы существенно отличаются для технологий, используемых на различных сегментах сети [15]. Наиболее консервативным остается пока коммутационное оборудование, смена поколений которого происходит существенно реже, чем, например, оборудования доступа. В связи с этим, функцию времени сложно формализовать, поэтому исследуемый период выбирается проектировщиком в зависимости от типа внедряемого оборудования, и функций, выполняемых им на модернизируемой сети [16].

---

## Выводы

---

На основании выполненного анализа, при синтезе информационных сетей оптимальное решение выбирается по экономическим показателям. При этом экономической характеристикой сети служит стоимость модернизации на каждом из рассматриваемых этапов развития. Использование в качестве критерия технико-экономических показателей объясняется тем, что большие системы, к которым относятся и ИС, в настоящее время невозможно синтезировать, не учитывая материальные затраты. Кроме того, все более важным становится показатель действительной стоимости денег, определяемой коэффициентом дисконтирования. По этим причинам, в качестве критерия выбора предлагается использовать реальные затраты на создание, модернизацию и эксплуатацию сети. В работах по финансовому менеджменту, управлению проектами, проектному анализу и инвестиционной деятельности такие затраты называют текущей или действительной стоимостью денег [17].

Использование в этом случае безусловных показателей предпочтения, таких как  $\pi$ -критерий Парето или  $S$ -критерий Слейтера, затрудняется тем что множество альтернатив выбора, то есть возможных стратегий

развития сети, хоть и конечно и изначально известно, но очень велико. Если бы это было не так, то задача поиска оптимальной стратегии по критерию стоимости не было бы столь сложна и объемна – для ее решения достаточно было бы перебрать все возможные альтернативы и выбрать среди них ту, которая отвечает минимальной стоимости. Использование условных критериев, таких как лексикографический  $L$ -критерий и  $\Delta$ -критерий с уступками, сопряжено с проведением сразу нескольких исследований по сложности сравнимых со сложностью оптимизации стратегии развития по критерию стоимости [18]. Кроме того  $\Delta$ -критерий предполагает наличие заранее заданных «уступок», являющихся субъективной величиной. Если все же предположить, что последовательное сужение исходного множества альтернатив проведено, то решение задачи оптимального синтеза информационной сети по критерию минимальной стоимости теряет смысл, в силу узости множества альтернатив выбора.

Таким образом с использованием теории принятия решения предложена общая структура оптимального проектирования информационных сетей, положенная в основу курсового и дипломного проектирования, выполняемого на кафедре информационно-коммуникационных технологий Одесской государственной академии холода при получении квалификации бакалавров, специалистов и магистров специальности «Компьютерные системы и сети».

---

### Благодарности

---

Работа опубликована при финансовой поддержке проекта ITHEA XXI Института информационных теорий и приложений FOI ITHEA Болгария [www.ithea.org](http://www.ithea.org) и Ассоциации создателей и пользователей интеллектуальных систем ADUIS Украина [www.aduis.com.ua](http://www.aduis.com.ua).

---

### Литература

---

1. Кандырин Ю.В. Автоматизированный многокритериальный выбор альтернатив в инженерном проектировании / Кандырин Ю.В. //– М.: МЭИ, 1992. – 52 с.
2. Гайворонская Г.С. Один из подходов к синтезу топологической структуры телекоммуникационной сети / Гайворонская Г.С. // Вісник ДУІКТ. – 2006. – Т. 4, №2. – С. 119-122.
3. Гайворонская Г.С. Оптимизация выбора сценария эволюции местной телефонной сети / Гайворонская Г.С. // Зв'язок. – 2002. – №1. – С. 51-53.
4. Тищенко М. А., Горячев А. П. Исследование функций. – М.: МИФИ, 2004. – 231 с.
5. Захаров Г. П. Эффективность систем связи // Электросвязь. – 1967. – №12. – С. 33–41.
6. Давыдов Г. Б., Рогинский В. Н., Толчан А. Д. Сети электросвязи. – М.: Связь, 1977. – 380 с.
7. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Построение сетей интегрального обслуживания. – Л.: Машиностроение, 1990. – 332 с.

8. Давыдов Г. Б. Некоторые проблемы оптимизации развития сетей // Электросвязь. – 1985. – №2. – С. 1-5.
9. Умрихин Ю. Д. Проектирование систем передачи данных и сетей ЭВМ. – М.: М-во радиопром-сти, 1991. – 107 с.
10. Пяткин Е. Г. Критерий эффективности сети связи и его использование для синтеза структуры сети // Построение устройств управления сетями связи. – М.: 1977. – С. 131-132.
11. Окунев Ю. Б., Плотников В. Г. Принципы системного подхода к проектированию в технике связи. – М.: Связь, 1996. – 183 с.
12. Нариньяни А. С. Неоднозначность в системах представления и обработки знаний // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. – 1986. – №5. – С. 3-28.
13. Просветов Г. И. Математические модели в экономике. – М.: РДЛ, 2006. – 151 с.
14. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В. В. Поповский, С. О. Сабурова, В. Ф. Олейник та ін. / За заг. ред. В. В. Поповського. – Харків: ТОВ «Компанія СМШТ», 2006. – 564 с.
15. Гайворонская Г. С. Инфокоммуникации: Учеб. пособие. – Одесса: ОДАХ, 2006. – 90 с.
16. Гайворонская Г. С. Введение цифрового коммутационного оборудования на местной телефонной сети // Зв'язок. – 2000. – Ч. 2, №5. – С. 31-34.
17. Тарасюк Г. М. Управління проектами: Навч. посіб. – К.: Каравела, 2004. – 344 с.
18. Подиновский В. В. Коэффициенты важности критериев в задачах принятия решений. Порядковые или ординальные коэффициенты важности // Автоматика и телемеханика. – 1978. – №10. – С. 130-141.

**Информация об авторах**

---



**Галина Гайворонская** – Институт информационных технологий Одесской государственной Академии холода, д.т.н., профессор, заведует кафедрой информационно-коммуникационных технологий; ул. Дворянская, 1/3, Одесса-26, 65026, Украина; тел. (048)-720-91-48, e-mail: gayvoronska@osar.odessa.ua

Главные области научных исследований: оптимизация переходных периодов при эволюции информационных сетей. Потoki вызовов, нагрузка и межузловое тяготение в сетях. Проблемы создания перспективных сетей доступа. Проблема построения полностью оптических сетей и систем коммутации.