

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ
В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ АУДИТА
ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**(Члены Академии проблем качества Румянцев И. Л., Глинник О.С.,
Козлов Г.С.)**

В настоящей статье дано описание и способы построения многофакторных моделей, предназначенных для решения следующих задач:

- выполнение системотехнического анализа объектов различного назначения;
- аудит объектов с точки зрения технической, эргономической, экономической и прочих видов состоятельности.

В качестве математической модели предлагается использовать дерево разукрупнения (граф декомпозиции) объекта. Такой способ интерпретации изучаемых объектов имеет следующие преимущества:

- наглядность и простота представления;
- наличие теоретических разработок по использованию теории обращения с указанными моделями (теория графов);
- возможность преобразования графа в матрицу, что делает решение задач исследования более компактными (использование методов матричной алгебры);
- возможность использования математической модели для решения задач информатики;
- возможность «информационного облегчения» решаемых задач.

Далее попытаемся сузить масштаб рассуждений и проведем описание методологии решения одной задачи-аудита объекта.

В общем случае задача представляет собой систематический и независимый процесс для получения результатов аудита и его объективной оценки с целью определения степени соответствия аудита существующим или заданным критериям аудита.

При аудите предполагается существование объекта, который подвергается аудиту (объект аудита) и субъекта аудита, т.е. организации, или оператора-эксперта, которые проводят этот аудит.

Объектом аудита может быть, как система в целом (техническая, экономическая, организационная), так и ее внутренние элементы (материальные компоненты, процессы, внутренние связи).

Главная задача, решаемая при планировании аудита, состоит в сопоставлении «информационной емкости» объекта аудита и возможностей оператора-эксперта по переработке информации об объекте.

При этом, возможности оператора-эксперта находятся в определенном временном интервале (условно будем считать единичным временным интервалом один рабочий день).

Будем увеличивать возможности оператора, умножая его дневные возможности на число дней аудита.

Математическая постановка задачи (в упрощенном виде) выглядит следующим образом:

1. Объект аудита (к примеру предприятие) представлено объемом информации m - единиц сложности.
2. Возможности оператора-эксперта в осваиваемом объеме информации при аудите равны n - единиц в день.

Значит, для того, чтобы освоить информацию об объекте, потребуется m/n дней аудита, или же m/n операторов-экспертов, чтобы освоить информацию об объекте за один день.

Для решения поставленной задачи необходимо определить возможный объем информации объекта аудита и объем осваиваемой информации оператора-эксперта. Для решения этой задачи необходимо интерпретировать объект аудита объект и субъект (оператора-эксперта) одинаковыми расчетными единицами. Принимаем за расчетную единицу объема информации **байты** или **биты**.

Выполним техническое описание объекта аудита. Будем считать, что объект аудита промышленное предприятие, реализующее все этапы жизненного цикла выпускаемого изделия.

Очень важно уяснить, для какого вида аудита будет применяться создаваемая математическая модель.

Скажем, для финансового аудита эта модель будет включать в основном финансово-экономический блок (бухгалтерия, плановый и договорной отделы, юридическую службу, коммуникационные элементы и т.п.).

Для технического аудита потребуется развернутая картина предприятия, включая производственно-технологический комплекс, инфраструктуру и т.п.

Выполним оценку предприятия с точки зрения результативности ее системы менеджмента качества (СМК).

По определению стандартов ИСО, система менеджмента качества, это «совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов», предназначенная «для руководства и управления организацией применительно к качеству».

Попытаемся описать стандартную «совокупность элементов» предприятия, имеющего функционирующую СМК.

Совокупность элементов предприятия описаны Генри Фордом в книге "Моя жизнь, мои достижения".

К указанной совокупности относятся:

- производственный элемент, с помощью которого разрабатывается и производится продукция и (или) услуги;
- технологический элемент. Устанавливает порядок и методы разработки и производства продукции и (или) услуг;
- инфраструктура. Обеспечивает условия для разработки и производства продукции и (или) услуг;
- персонал. Выполняющий разработку и производство продукции и (или) услуг.

Перечисленная совокупность элементов предприятия представляет **первый** уровень разукрупнения исследуемого предприятия.

Каждый, из перечисленной совокупности элементов предприятия, в свою очередь, может быть разукрупнен на ряд более мелких элементов (это **второй** уровень разукрупнения исследуемого предприятия).

К примеру, производственный элемент включает:

- средства производства (станки, обрабатывающие комплексы, компьютеры, слесарные принадлежности и т.п.);
- средства измерений;
- испытательное оборудование.

Инфраструктура включает:

- рабочие помещения (цеха...);
- системами жизнеобеспечения;
- оборудование для обеспечения логистики продукции на территории предприятия;
- система связи;
- и т.д.

Персонал включает:

- административно-управляющий персонал;
- инженерно - технический состав;
- обеспечивающий персонал.

Последующее разукрупнение элементов исследуемого предприятия, образует **третий** уровень разукрупнения.

Так, испытательное оборудование включает:

- оборудование для проведения климатических испытаний;
- оборудование для проведения механических испытаний;
- оборудование для проведения функциональных испытаний;
- и т.д.

Можно и далее продолжать разукрупнение до следующих уровней. Степень разукрупнения (декомпозиции) определяется целевым предназначением создаваемой математической модели.

Для оценки СМК предприятия, уровень разукрупнения должен быть таким, чтобы выбранная совокупность элементов предприятия позволяла оценить степень реализации требований СМК, обозначенных в стандартах ИСО.

Так, для оценки работоспособности и состояния оборудования, достаточен **второй** уровень разукрупнения. Для оценки работоспособности и состояния персонала достаточно проанализировать существующие на предприятии категории персонала.

Технический аудит может потребовать разукрупнение до **пятого или шестого** уровня разукрупнения (узлы, детали, персональные данные рабочих и служащих).

Итак, модель объекта, в интересах аудита СМК, может быть представлена многоуровневым «деревом декомпозиции» (рисунок № 1).

Рисунок № 1



Самый низкий уровень разукрупнения представляет собой совокупность элементов, адекватных решаемой задаче. Будем называть указанные элементы «висячими вершинами» дерева декомпозиции, или «дерева-графа».

Таким образом рассматриваемая задача может быть решена как задача «теории графов».

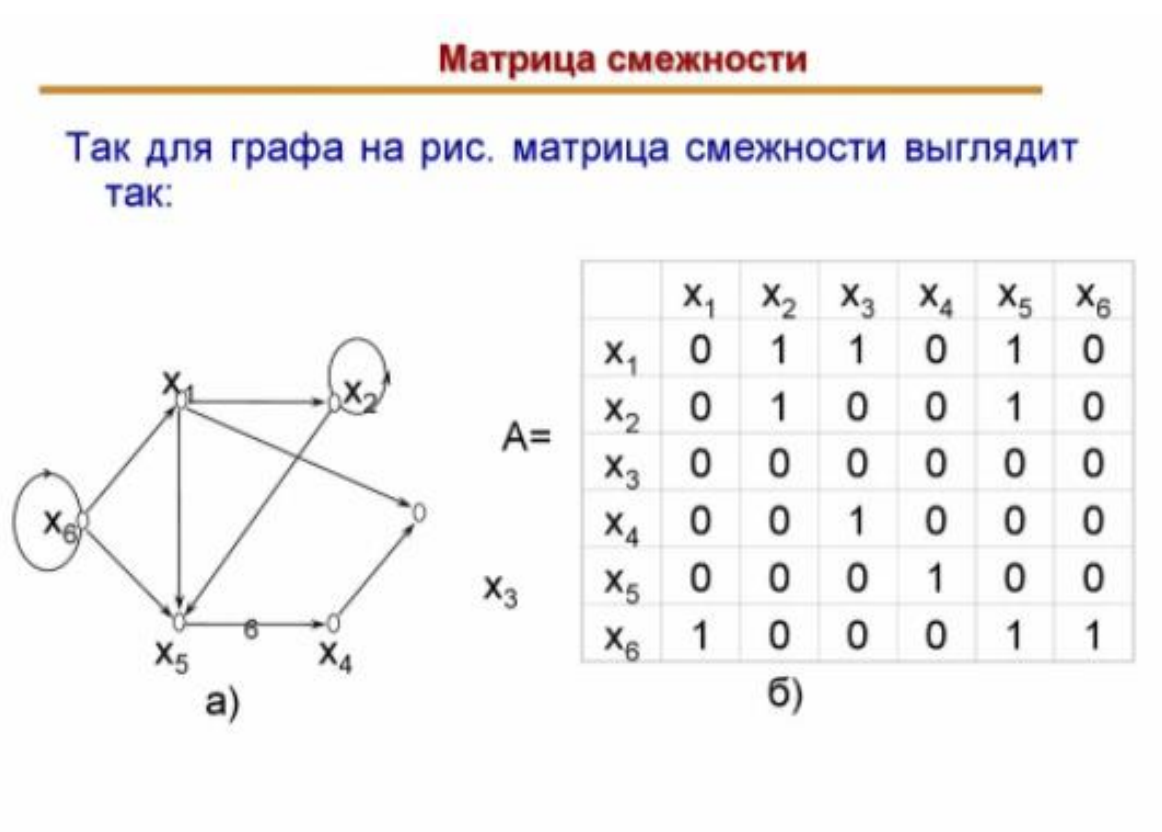
Преимущества решения методом «теории графов»:

1. Наглядность.
2. Возможность трансформации «дерева-графа» в матрицу. Что позволяет эффективно использовать аппарат «матричной алгебры».

Матрица исследуемого предприятия может иметь вид «матрицы смежности». Возможный вид «матрицы смежности» представлена на рисунке № 2.

Вершины графа, из которого получена «матрицы смежности», носят наименование «висячих вершин».

Рисунок № 2



Носителями информации в графе являются висячие вершины, т.е. объем информации об предприятии будет пропорционален количеству висячих вершин графа.

Использование «матрицы смежности» позволяет, за счет определения идентичных, тождественных или смежных вершин, сильно упростить процесс расчета.

Оценим информационную емкость построенного «дерева-графа»:

1. Определение информационной емкости каждой единичной вершины. Самый простой способ оцифровки висячих вершин - это соотнесение отображаемых вершинами объектов с требованиями, предъявляемыми к соответствующим элементам исследуемого предприятия. В самом простом варианте, информационная емкость одного элемента равной одному «биту», когда можно охарактеризовать информацию двухзначным значением – соответствует он требованиям или не соответствует (да-нет).
2. Можно усложнить интерпретацию информационной емкости элемента, ставя задачей оценивать не одно, а несколько требований, относящихся к элементу. В этом случае его информационная емкость увеличивается в несколько раз (X бит).

По данным исследований, проведенным в кандидатской диссертации И.Л.Румянцева, количество висячих вершин факторной модели радиолокационной станции дальнего обнаружения представлена тысячами висячих вершин, т.е. информационная емкость радиолокационной станции дальнего обнаружения составляет миллионы бит.

Оценить способность человеческого мозга по переработке информации в тех же единицах (битах) очень сложно.

Исследованию этого вопроса посвящены книги Физиология человека: Пер. с англ./ Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса и Наглядная физиология / С. Зильбернагель, А. Деспопулос; пер. с англ. В этих книгах авторы пришли к выводу: «Все, что касается человека, не может быть точно измерено. Что уж

говорить о такой сложной и до конца не изученной теме, как человеческое восприятие. Сведения об объемах человеческого восприятия отличаются в различных источниках на порядки. Это может говорить о том, что точных результатов получить невозможно в настоящее время, т.к. эта область недостаточно изучена».

Таким образом, построить информационное поле взаимодействия человека с машиной в принятых информационных единицах на настоящий момент невозможно.

Стало быть, придется изыскивать другие пути решения поставленной задачи.

Один из возможных путей - это экспериментальное определение возможностей человека. В частности, могут быть построены регрессионные зависимости между показателем сложности «машины» (анализируемого объекта) и человека, взаимодействующего с этим объектом. Такое исследование проводилось в рамках научно-исследовательской (НИР), проведенной Научно-исследовательским испытательным полигоном (в/ч 29139) и в диссертационной работе И.Л.Румянцева «Определение количества и квалификации персонала, обслуживающего сложную техническую систему».

Полученные в результате исследования данные дают надежду на успех решения задачи через определение трудозатрат на аудит предприятия.

Пусть функция T_a - обозначает количество времени (в днях, или часах), необходимого для осуществления аудита. Аргументами указанной функции будут характеристики сложности исследуемого объекта (S_o) и характеристики аудитора (V_a). Тогда искомым функционал будет иметь вид:

$$T_a = F(S_o, V_a, t).$$

В материалах исследований рамках научно-исследовательской (НИР), проведенной Научно-исследовательским испытательным полигоном (в/ч 29139) и в диссертационной работе И.Л.Румянцева «Определение количества и квалификации персонала, обслуживающего сложную техническую систему»

были выбраны показатели сложности объекта (So) и совокупности характеристик оператора (аудитора).

К показателям сложности объекта исследования (радиолокационной системы) были отнесены:

- количество элементов нижнего уровня разукрупнения (в случае РЛС это активные элементы-микросхемы, электрорадиоэлементы) - Кэ;
- количество элементов индикации - Ки;
- количество функционально законченных узлов (ФЗУ) – Кф;
- количество конструктивно законченных узлов (КЗУ), к которым относятся ячейки, блоки шкафы и т.п. - Кк;
- степень совпадения ФЗУ и КЗУ, которое может быть определено отношением «совпадающих» ФЗУ И КЗУ к общему количеству ФЗУ - Кфк.

Для обеспечения соизмеримости перечисленных показателей целесообразно ввести их балльную оценку по пятибалльной шкале, установив диапазоны оценок. Скажем, в диапазоне от 0 до 100 Кэ присваивается один балл, т.е. строится оценочная таблица. Присвоением баллов должны заниматься эксперты, хорошо представляющие объект исследования.

К оценочным показателям-характеристикам аудиторов (операторов) были отнесены:

- уровень образования (лицей, колледж, институт), показатель Хо;
- стаж работы на объектах, подобным исследуемому, показатель Хс;
- коммуникативность (умение устанавливать контакты, быть адекватным в любом коллективе), показатель Хк.

Как и в случае с аппаратурой, для обеспечения соизмеримости перечисленных показателей, целесообразно ввести их балльную оценку по пятибалльной шкале, установив диапазоны оценок. Следуя выше приведенным

рассуждениям, используя возможности экспертов можно построить оценочную таблицу и для аудиторов (операторов).

С учетом предыдущих рассуждений можно конкретизировать формулу уравнения регрессии, используемую для определения времени, требуемого для проведения аудита.

$$T_a = F(K_э, K_и, K_ф, K_к, K_{фк}, X_о, X_с, X_к, t).$$

Выводы.

В настоящей статье:

- 1) Дано описание и способы построения многофакторных моделей, предназначенных для решения следующих задач:
 - системотехнический анализ объектов различного назначения;
 - аудит объектов с точки зрения технической, эргономической, экономической и прочих видов состоятельности.
- 2) В качестве моделей предлагается дерево разукрупнения (граф декомпозиции) объекта. Показаны преимущества применения такого способа интерпретации изучаемых объектов.
- 3) Сформулирована задача определения ресурсного обеспечения для проведения аудита сложных организационно-технических систем (количества и квалификации аудиторов).
- 4) Показана невозможность (в настоящее время) решить эту задачу в терминах информатики, т.е. создать единое «информационное поле», где сложность исследуемого объекта и возможности оператора (аудитора) оценивались бы в одинаковых единицах.
- 5) Для решения поставленной задачи предложено использовать регрессионный анализ. Приведен пример формирования уравнения регрессии. Показан перечень факторов, являющихся аргументами уравнения регрессии и определен путь обработки данных о значениях этих факторов.