# Оглавление

[Введение 3](#_Toc356833193)

[1. Анализ предметной области 4](#_Toc356833194)

[1.1 Принципы построения интерактивных систем проектирования 4](#_Toc356833195)

[1.1.1. Стратегии проектирования 4](#_Toc356833196)

[1.1.2. Модель задачи принятия решений 5](#_Toc356833197)

[1.2. Методы оценки качества проектных решений 7](#_Toc356833198)

[1.2.1. Статистические методы 7](#_Toc356833199)

[1.2.2. Эмпирические методы 8](#_Toc356833200)

[1.3. Программные средства анализа статистических данных 9](#_Toc356833201)

[2. Постановка задачи 13](#_Toc356833202)

[3. Техническое задание 14](#_Toc356833203)

[3.1. Основание для разработки 14](#_Toc356833204)

[3.2. Назначение дипломного проекта 14](#_Toc356833205)

[3.3. Результаты разработки 14](#_Toc356833206)

[3.4. Требования к программному продукту 15](#_Toc356833207)

[4. Анализ применимости критериев 15](#_Toc356833208)

[4.1. Определения 15](#_Toc356833209)

[4.2.Непараметрические критерии 16](#_Toc356833210)

[4.2.1. Преимущества и недостатки непараметрической статистики 16](#_Toc356833211)

[4.2.2. Обоснование выбора непараметрических критериев 17](#_Toc356833212)

[4.3. Процесс выбора решений 20](#_Toc356833213)

[4.3.1.Векторный критерий и отношение предпочтения 20](#_Toc356833214)

[4.3.2. Множество недоминируемых решений. 23](#_Toc356833215)

[4.3.3. Множество Парето 24](#_Toc356833216)

[4.3.4. Понятия относительной важности критериев 26](#_Toc356833217)

[4.4. Экспертные оценки 27](#_Toc356833218)

[4.5. Классификация методов поддержки принятия решений 29](#_Toc356833219)

[4.6. Построение решающего правила 31](#_Toc356833220)

4.6.1. Функция полезности 31

4.6.2. [Итеративные методы 24](#_Toc356833216)

4.6.3. Лексикографический метод 32[**\_Toc356833216**](#_Toc356833216)

4.6.4. Метод квазиоптимизации 33[**\_Toc356833216**](#_Toc356833216)

[5. Разработка алгоритма выбора 35](#_Toc356833221)

[5.1. Выбор методов решения 35](#_Toc356833222)

[5.2. Выявление различий в уровне исследуемого признака 40](#_Toc356833223)

[6. Разработка пользовательского интерфейса 46](#_Toc356833224)

[6.1. Организация ввода информации 46](#_Toc356833225)

[6.2. Реализация приложения 48](#_Toc356833226)

[7.Технология применения средств автоматизации программирования 50](#_Toc356833227)

[7.1. Понятие формы 51](#_Toc356833228)

[7.2.Элементы управления 52](#_Toc356833229)

[7.3.Объектная модель MS Excel 53](#_Toc356833230)

[7.4. Программирование доступа к данным 54](#_Toc356833231)

[8. ОХРАНА ТРУДА 56](#_Toc356833232)

[8.1. Пожарная безопасность 56](#_Toc356833233)

[8.2. Оценка пожарной опасности промышленных предприятий 59](#_Toc356833234)

[8.3. Расчет защитного зануления 61](#_Toc356833235)

[9. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 63](#_Toc356833236)

[9.1. Влияние шума на производительность труда 65](#_Toc356833237)

[9.2. Микроклимат в рабочей зоне 71](#_Toc356833238)

[9.3. Влияние влажности на работоспособность человека 74](#_Toc356833239)

[10. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НА ЭВМ 75](#_Toc356833240)

[Заключение 79](#_Toc356833241)

[Литература 79](#_Toc356833242)

# Введение

Комплексная задача проектирования предполагает исследование целостной картины для получения данных об информационных потоках и процессах принятия решений в различных ситуациях. Изменение целей, состояния внешней среды требует необходимости адаптации проектируемой системы путем изменения ее свойств, структуры и параметрической настройки элементов для более эффективной реализации ее функциональных возможностей. Для этого необходим тщательный анализ состава структурных компонентов проектируемой системы, наличия средств построения моделей этих компонентов и оценки целесообразности их применения

Для оценки качества проектируемой системы используется набор, как правило, противоречивых показателей, поэтому оптимизационные задачи являются многокритериальными и предполагают наличие эвристических процедур для их решения. Это требует непосредственного участия проектировщика в процессе принятия решений. Использование интерактивных систем проектирования, в которых организован активный диалог человека и ЭВМ, дает возможность значительно улучшить подход к проектированию, известный как «интуитивное» проектирование. Однако, данный подход во многом схож со способом проектирования «проб и ошибок», что недопустимо при проектировании больших систем, так как ведет к неоправданным затратам. Поэтому одной из важнейших задач является оценка разработки и реализации проекта на начальных стадиях проектирования.

В дипломном проекте рассмотрены общие задачи проектирования, а также методы оценки качества проекта на начальных стадиях проектирования.

# 1. Анализ предметной области

## 1.1 Принципы построения интерактивных систем проектирования

Эффективность интерактивных систем проектирования определяется способом организации взаимодействия человека и компьютера, условиями работы проектировщика и способами представления промежуточных и конечных результатов. Общие требования организации таких систем [1]:

Система моделей должна предоставлять лицу, принимающему решения (ЛПР), возможность отображать различные ситуации, возникающие при решении проблемы;

Возможность построения структурных моделей без проведения натурных экспериментов;

Возможность организации оперативных процедур поиска решений;

Способность подстройки диалога к предметной области и уровню подготовки пользователя;

Возможность организации диалога в естественной для пользователя форме.

### 1.1.1. Стратегии проектирования

Рассмотрим вопросы общей стратегии проектирования технологических систем в условиях виртуальной системы, которая подразумевает общую направленность и основные принципы разработки архитектуры проектируемой системы. Наиболее часто используется стратегия функционального синтеза и декомпозиции, которая реализуется в виде схем [2]:

По принципу «снизу-вверх»;

По принципу «сверху-вниз».

Функциональная декомпозиция по первой схеме заключается в первоначальном представлении системы в виде гипотетического объекта, выполняющего определенный набор функций. Этот набор представляется как сложная функция F, далее путем разложения F на множество подфункций F1, F2 . . . получают следующий уровень иерархии. Продолжая этот процесс, получим все остальные уровни.

Функциональный синтез по второй схеме предполагает наличие исходных функций (объектов, реализующих данные функции) нижнего уровня, группируя эти функции, получают агрегированные объекты более высокого уровня иерархии до получения требуемого объекта.

Использование данных стратегий ставит ряд проблем, связанных со сложностью оценки структур, полученных в результате декомпозиции или синтеза. При этом необходимо:

получение достоверных оценок качества проектных решений;

минимизация избыточности проектных решений;

увеличение степени преемственности стандартизованных, как наиболее предпочтительных, проектных решений;

сокращение сроков и трудоемкости процесса проектирования.

Далее рассматриваются подходы к организации оценки процесса проектирования, соответствующие сформулированным выше требованиям.

### 1.1.2. Модель задачи принятия решений

В общем виде модель задачи принятия решения может быть пред­ставлена [4]: <*M,X,K,S, f,P,r>,* где: *М -* постановка задачи; *X —* множество решений; *К -* множество критериев, характеризующих принимаемое решение; *S* - множество шкал критериев; f — отображение множества допустимых решений в множестве векторных оценок; *Р -* система предпочтений ЛПР; *r -*решающее правило.

Постановка задачи характеризует цели лица, принимающего ре­шение, например, найти предпочтительное решение или множеств допустимых. Множество решений *X* представляет собой совокупность решений, удовлетворяющих имеющимся ограничениям и рассматрива­емых как возможные способы достижения поставленной цели. Это мно­жество определяется имеющимся множеством альтернатив.

Каждое решение приводит к выбору какого-либо варианта, который оценивается по совокупности критериев *(k1(x), k2(x), . . , ,kn(x))* Совокупность представлена в виде вектора *К(х) = (kt (х),... ,k n (x)).*

Для каждого из критериев *kt(x)* должна быть задана или построена шкала *Sj,* представляющая собой множество упорядоченных оценок. Шкалы *Slt S2, . . . , Sn,* образующие множество оценок, в общем случае могут быть различ­ных типов.

Декартово произведение Y = S1x S2 х . . . х Sn образует множество векторных оценок. Каждое решение измеряется по шкале S1, S2, ... , Snт.е. каждому решению *х* из множества *X* ставится в соответствие *п-* мер­ная векторная оценка *S =*(S1, . . . , *Sn),* где Sj - некоторое значение j-го критерия по шкале *Sj.* Таким образом, множеству допустимых решений *X* ставится в соответствие множество допустимых векторных оценок *D С Y с* помощью отображения *f:X→D.*

Под *системой предпочтений* ЛПР понимается совокупность его пред­ставлений о преимуществах и недостатках сравниваемых решений. В многокритериальной модели система предпочтений задается совокуп­ностью *Р* множеств с отношениями предпочтений. Отношения предпоч­тения можно задать следующим образом: решение *X,* предпочтительнее *Хг (Xt>Xt),* если *K(Xt) > К(Х2),* т.е. если среди равенств и неравенств *ki (X1) ≥ ki(X2)*  найдется хотя бы одно строгое неравенство. Если же *К(Х1) =К(Х2),* то решения *Х1* и *Х2* считаются эквивалентными: *Xt ~Х2.*

На практике данное условие выполняется редко, лишь при согласова­нии всех критериев, т.е. увеличение одного соответствует увеличению других и наоборот. В общем случае обычна ситуация, когда решение, обеспечивающее увеличение значения критерия, приво­дит к уменьшению другого. Очевидно, что в этом случае принимаемое ре­шение должно основываться на некоторых условиях компромисса меж­ду критериями.

Решающее правило *r* (метод принятия решения) представляет собой принцип векторных оценок и вынесения суждений о предпочтительности одних из них по отношению к другим; оно может быть задано в виде аналитического выражения, алгоритма или словесной формулировки. Решающее правило формулируется на основе выявления системы пред­почтений ЛПР. На рис. 1. представлена схема задачи принятия решений.

 Рисунок 1. Процесс принятия решений

## 1.2. Методы оценки качества проектных решений

### 1.2.1. Статистические методы

В основе статистических методов оценки лежит понятие различных шкал [5].

Порядковая шкала – это шкала, классифицирующая по принципу «больше – меньше». Если в шкале наименований было безразлично, в каком порядке расположены классифицирующие ячейки, то в порядковой шкале они образуют последовательность от ячейки «самое малое значение» к ячейке «самое большое значение» (или наоборот).

Ячейки в порядковых шкалах часто называют классами («низкий», «большой» и т.п.). В порядковой шкале должно быть не менее трех классов. В порядковой шкале мы не знаем расстояний между классами, а знаем лишь, что они образуют последовательность. От классов легко перейти к числам, просто пронумеровав классы.

Интервальная шкала – это шкала, классифицирующая по принципу «больше на определенное количество единиц – меньше на определенное количество единиц». Каждое значение признака отстоит от другого на равном расстоянии.

По литературным источникам [3] равноинтервальными считаются лишь шкалы в единицах стандартного отклонения и процентильные шкалы, при условии, что распределение значений в стандартизирующей выборке было нормальным.

Для построения большинства интервальных шкал используется метод на известном правиле «трех сигм». Примерно 98% всех значений признака при нормальном распределении укладывается в диапазон *M* ± 3σ. Можно построить шкалу в единицах долей стандартного отклонения, которая будет охватывать весь возможный диапазон изменения признака, если крайний слева и крайний справа интервалы останутся открытыми.

Другой способ построения равноинтервальной шкалы – группировка интервалов по принципу равенства накопленных частот. При нормальном распределении признака в окрестностях среднего значения группируется большая часть всех наблюдений, поэтому в этой области среднего значения интервалы оказываются уже, а по мере удаления от центра распределения они увеличиваются. Следовательно, такая процентильная шкала является равноинтервальной только относительно накопленной частоты.

Шкала равных отношений – это шкала, классифицирующая объекты пропорционально степени выраженности измеряемого свойства. В шкалах отношений классы обозначаются числами, которые пропорциональны друг другу. Это предполагает наличие абсолютной нулевой точки отсчета. По отношению к показателю частот можно применять все арифметические операции.

### 1.2.2. Эмпирические методы

Основная трудность в процес­се принятия решения обоснована наличием значительного числа крите­риев, характеризующих принимаемое решение. Поэтому ЛПР стремит­ся выбрать такой вариант, который представляется ему наилучшим в соответствии с его системой предпочтений.

Однако система предпочтений лица, принимающего решения, слабоструктурирована, т.е. не позволяет полностью проанализировать все альтернативы, установить их существенность, сформулировать крите­рий выбора наилучшей альтернативы. Поэтому необходимо провести определенную структуризацию задачи принятия решения, позволяю­щую уточнить систему предпочтений ЛПР, а уже затем осуществить выбор [4].

Для выявления и уточнения предпочтений ЛПР и выбора решения, согласованного с этими предпочтениями, строится многокритериаль­ная модель для проведения объективного анализа. Эта модель долж­на быть логически непротиворечивой, содержать описание всех важней­ших элементов задачи принятия решений; давать возможность исполь­зования реальной информации о задаче, получаемой от ЛПР, быть прос­той и удобной для анализа и использования лицом, принимающим решение.

## 1.3. Программные средства анализа статистических данных

Статистические данные востребованы разными отраслями производства, но для решения многих статистических задач не обязательно обладать большими математическими знаниями. Для решения многих задач существуют всевозможные программы, для управления которыми не обязательно обладать соответствующими математическими знаниями. Для таких случаев существуют подобные пакеты программ.

Различные по объему и качеству реализованной статистики, области возможного применения, пользовательскому интерфейсу, цене, требованиям к оборудованию и т.п., они отражают многообразие потребностей обработки данных в различных областях человеческой деятельности.

Компьютерные системы для анализа данных - пакеты статистических программ - считаются наукоемкими программными продуктами, но, пожалуй, наиболее широко применяются в практической и исследовательской работе в самых разнообразных областях.

На сегодняшний день Международный рынок насчитывает около тысячи (илидаже более) пакетов, решающих задачи статистического анализа данных в среде операционных систем Windows, DOS, OS/2.

В настоящее время, по перечисленным выше причинам, число статистических пакетов, получивших распространение в России, достаточно велико и спрос на них продолжает возрастать.

Из зарубежных пакетов это STATGRAPHICS, SPSS, SYSTAT, BMDP,SAS, CSS, STATISTICA, S-plus, и т.п.

Из отечественных можно назвать такие пакеты, как STADIA, ЭВРИСТА, МИЗОЗАВР, ОЛИМП:Стат-Эксперт, Статистик-Консультант, САНИ, КЛАСС-МАСТЕР и т.д.

Как ориентироваться в этом многообразии, если даже справочники, содержащие только краткие описания пакетов, представляют из себя объёмные тома?

Большую часть статистических пакетов можно разбить на две группы — это статистические пакеты общего назначения и специализированные программные продукты.

Универсальные пакеты – отсутствие прямой ориентации на специфическую предметную область, предлагают широкий диапазон статистических методов. В них отсутствует ориентация на конкретную предметную область. Они обладают дружественным интерфейсом. Из зарубежных универсальных пакетов наиболее распространены BAS, SPSS, Systat, Minilab, Statgraphics, STATISTICA.

Специализированные пакеты - как правило, реализуют несколько статистических методов или методы, применяемые в конкретной предметной области. Чаще всего это системы, ориентированные на анализ временных рядов, корреляционно-регресионный, факторный или кластерный анализ. Применять такие пакеты целесообразно в тех случаях, когда требуется систематически решать задачи из этой области, для которой предназначен специализированный пакет, а возможностей пакетов общего назначения недостаточно. Из российских пакетов более известны STADIA, Олимп, Класс-Мастер, КВАЗАР, Статистик-Консультант; американские пакеты – ODA, WinSTAT, Statit и т.д.

Статистический пакет в идеале должен удовлетворять определенным требованиям:

модульность;

ассистирование при выборе способа обработки данных;

использование простого проблемно-ориентированного языка для формулировки задания пользователя;

• автоматическая организация процесса обработки данных и связей с модулями пакета;

• ведение банка данных пользователя и составление отчета о результатах проделанного анализа;

• диалоговый режим работы пользователя с пакетом;

• совместимость с другим программным обеспечением.

Следует заметить что развитие СПП обычно идет поэтапно, на каждом из них создается вариант пакета, все в большей степени удовлетворяющий перечисленным выше требованиям. При этом, если создание есть результат разработки, то на каждом этапе пакет, с одной стороны, должен представлять собой готовую к использованию программную продукцию, а с другой – входить составной частью в более поздние стадии развития пакета.

Существующая классификация статистических пакетов предлагает делить их на четыре группы:

. интегрированные методо-ориентированные пакеты общего назначения;

. специализированные методо-ориентированные пакеты;

. предметно- (или проблемно-) ориентированные пакеты;

. обучающие программы.

Рассмотрим пакеты первых двух групп поскольку именно они "обслуживают" весьма широкий спектр прикладных задач.

Объемы обрабатываемых данных в пакете SРSS ограничиваются только величиной памяти вашего компьютера. Этот пакет также весьма удобен для работы с данными сложной структуры, когда необходимо делать их всевозможные срезы, как, например, в комплексном социологическом исследовании.

Следует отметить, что продвижение западных продуктов в российской аудитории наталкивается на ряд ограничений в связи с неадекватностью культурно-исторической ситуации.

Большинство из таких статистических пакетов имеют следующие недостатки:

. Требуют наличие профессиональных навыков и высокой квалификации, широкого первоначального статистического образования, доступной литературы и консультационных служб. Поэтому они содержат мало экранных подсказок и требуют внимательного изучения документации на английском языке.

Представляют сложности для быстрого освоения и использования. Отсутствие подробной документации, доступной для начинающих и информативной для специалистов-статистиков (исключение SPSS).

Требуют больших финансовых затрат, так как немаловажное значение имеет цена пакета. Профессиональные западные статистические пакеты (SРSS,SAS,BMDР и т.д.) обычно стоят от 1 до 10 тыс. долларов и более. Мало кто готов заплатить такие деньги.

Пакет SРSS – универсальный статистический пакет фирмы SРSS Inc. (СА). Версии системы SРSS существуют для различных платформ – Windows, ОS/2, Macintоsh, UNIX, и др. Все они совместимы между собой по принципу работы, командному языку и форматам файлов. Версия SРSS для Windows продолжает сохранять позиции лидирующего статистического пакета в мире. В России сейчас распространяется 11 версия SРSS для Windows на англ.языке и версия 10.1 на русском языке. Большая часть обширной документации переведена на русский язык.

Пакет SРSS предлагает удобные возможности управления данными, широкий спектр статистических функций, интегрированных графиков и отчетов. SРSS является модульной программой. Базовая система SРSS Ваsе предоставляет пользователям возможности для преобразования данных, функции работы с файлами, описательную статистику, дисперсионный анализ, корреляцию,линейную регрессию, средства построения графиков и подготовки отчетов и др.

Дополнительные модули пакета включают: анализ и конструирование таблиц, анализ временных рядов, анализ категорий, методы углубленного и расширенного статистического анализа и др. Документация к системе SРSS признана лучшей для систем подобного типа и может использоваться в качестве доступного учебника по прикладной статистике.

Пакет STATISTICA – универсальный статистический пакет фирмы StatSоft, Inc. Пакет был создан в начале 1990-х годов сразу для среды Windows. В пакете нашли отражение многие последние достижения теоретической и прикладной статистики. В настоящее время в России распространяется версия 5.5 этого пакета на русском языке с русской документацией и версия 6.0 на английском языке.

У пакета есть специальная версия для обучения основам статистических методов – Studеnt Еditiоn оf STATISTICA. Эта версия позволяет анализировать файлы данных, включающих не более 400 наблюдений, и представляет собой урезанный вариант пакета.

Основная версия пакета может дополнительно комплектоваться специализированными модулями: Роwеr Analysis (планирование статистических исследовании), Nеural Nеtwоrks (нейросетевой анализ) и др.

Помимо общих статистических и графических средств в системе имеются специализированные модули, например, для проведения социологических или биомедицинских исследований, решения технических и, что очень важно,промышленных задач: карты контроля качества, анализ процессов и планирование эксперимента. Работа со всеми модулями происходит в рамках единого программного пакета, для которого можно выбирать один из нескольких предложенных интерфейсов пользователя.

С помощью реализованных в системе STATISTICA мощных языков программирования, снабженных специальными средствами поддержки, легко создаются законченные пользовательские решения и встраиваются в различные другие приложения или вычислительные среды. Очень трудно представить себе, .что кому-то могут понадобиться абсолютно все статистические процедуры и методы визуализации, имеющиеся в системе STATISTICA, однако опыт многих людей, успешно работающих с пакетом, свидетельствует о том, что возможность доступа к новым, нетрадиционным методам анализа данных помогает находить новые способы проверки рабочих гипотез и исследования данных.

Пакет STATGRAРHICS – универсальный, многопрофильный пакет с хорошо методически продуманным меню-ориентированным интерфейсом пользователя. DОS версии этого пакета, по-видимому, были самыми распространенными в России из западных статистических пакетов.

В настоящее время распространяется версия STATGRAРHICS Рlus Vеrsiоn 5 для среды Windows. Пакет не русифицирован и его документация не переведена на русский язык. Однако работа пакета хорошо разобрана на примерах.

# 2. Постановка задачи

Одной из важнейших проблем на начальных стадиях проектирования является отсутствие достаточного количества информации для применения стандартных статистических методов и использования соответствующих критериев [6]. Поэтому необходимо рассмотреть альтернативные методы решение задачи принятия решений для данного круга проблем. При уточнении целесообразности проведения проектных работ необходимо учитывать тенденции изменения признаков проектируемой системы, влияющих на их качество. При этом предварительная оценка должна исчисляться на основе обоснованного анализа, как собственного опыта, так и на базе сравнительного анализа.

С этой точки зрения необходимо оценить количество информации, выбрать методы решения и критерии оценки. То есть требуется в соответствии с моделью принятия решений разработать методы подготовки и оценки альтернатив при ограниченном количестве информации. При достаточном количестве информации данная задача может быть решена известными методами [5], однако при отсутствии достаточного количества информации сформулируем задачу следующим образом:

Имеется множество альтернатив A и множество факторов K, по которым оцениваются отдельные альтернативы.

Используя эту информацию, необходимо получить оценку решения в ситуации и получить тенденции влияния отдельных факторов на качество результатов проектирования.

Для этого необходимо осуществить:

Выбор и обоснование критериев оценки качества проекта, что представляет собой задачу идентификации, успех решения которой зависит от соотношения двух факторов – объема априорной информации о прогнозируемом процессе и объема информации, полученной в ходе решения проблемы.

При этом в силу того, что на определенных этапах могут быть неизвестны все факторы, но используя знания, накопленные при наблюдениях исследуемого процесса, можно произвести оценку с достаточной степенью точности, что позволяет использовать алгоритмы и полученные на их основе программы для подготовки и принятия решений.

# 3. Техническое задание

## 3.1. Основание для разработки

Основанием для настоящего дипломного проекта служит задание на дипломное проектирование.

## 3.2. Назначение дипломного проекта

В настоящем дипломном проекте реализуется подсистема оценки тенденций изменения факторов при принятии проектных решений.

## 3.3. Результаты разработки

Результаты разработки должны включать:

1. Формирование запросов к базе данных для проведения проектных исследований

2. Формы для ввода информации.

3. Средства для формирования данных для принятия решений.

4. Средства для интеграции с графическими и текстовыми редак­торами.

5. Интерфейс конечного пользователя.

## 3.4. Требования к программному продукту

1. Разрабатываемое программное обеспечение должно осуществлять ведение базы данных и возможность обработки поступающей информации для оперативного принятия решений.

2. Программный продукт должен иметь интерфейс с основными приложениями MS Office.

3. Для системы должна быть предусмотрена возможность функционирования в локальной сети.

4. Система должна быть разработана в виде библиотеки запросов, форм, отчетов и макросов.

5. Система должна функционировать в стандартной конфигурации под управлением Windows XP или других поздних версиях Windows. Используемые программы и драй­веры не должны конфликтовать с драйверами сетевой операционной системы.

# 4. Анализ применимости критериев

## 4.1. Определения

В процессе принятия решений могут участвовать множество проектировщиков и привлеченных экспертов, выполняя различные роли. Человека, фактически осуществляющего выбор варианта действий, принято называть лицом, принимающим решения (ЛПР).

Эксперт – профессионал в той или иной области, к которому обращаются люди, включенные в процесс принятия решений, за оценками и рекомендациями.

Факторы - показатели, характеризующие привлекательность той или иной альтернативы для ЛПР, также называют признаками, атрибутами или показателями качества. Все они служат критериями выбора решения.

Статистическая гипотеза – любое утверждение относительно распределения Р, случайной величины Х, известное полностью или частично. Различают:

* Статистическая гипотеза, однозначно определяющая распределение Р, то есть , где H :{P=P0 }, P какой-то конкретный закон, называется простой.
* Статистическая гипотеза, утверждающая принадлежность распределения Pk некоторому семейству распределений, то есть вида , где ρ — семейство распределений, называется сложной.



Мощность критерия: вероятность отклонить гипотезу , если на самом деле верна альтернативная гипотеза . Мощность критерия является числовой функцией от альтернативной гипотезы .



## 4.2.Непараметрические критерии

 Непараметрическими критериями называют те приемы обработки экспериментальных данных, которые не рассматривают анализируемое статистическое распределение как функцию, их применение не предполагает  предварительного вычисления параметров распределения. Эти критерии сопоставляют не сами по себе полученные величины, а порядок их расположения, их соотношение по типу больше – меньше [6].

В большинстве  психолого-педагогических исследованиях для оценки  существенных различий  используют параметрический  t - критерий  Стьюдента, который основан на предположении, что сравниваемые выборки принадлежат нормальным распределениям совокупностей.   Между тем, в психологических исследованиях  распределения могут значительно отличаться от нормального. В этих случаях  и даже тогда, когда просто неизвестно, являются ли распределения нормальными, применение t – критерия является необоснованным и может привести к ошибочным заключениям. Именно поэтому все большее распространение получают непараметрические  критерии  различий, не зависящие от формы распределений. Их название  связано с тем, что эти критерии не требуют вычисления параметров известных распределений.

По сравнению со стандартными параметрическими процедурами, непараметрические статистические методы основываются на более слабых допущениях в отношении анализируемых данных.

### 4.2.1. Преимущества и недостатки непараметрической статистики

Существует определенное соотношение выгод и потерь, связанных с использованием непараметрических статистических критериев (НСК). вместо параметрических. Главным мотивом применения непараметрических методов служит нежелание делать допущения, необходимые для использования параметрических процедур. Дополнительным соображением в пользу выбора НСК. для части исследователей служит присущая некоторым (хотя далеко не всем!) таким критериям легкость применения и простота вычислений [9].

Однако с использованием непараметрических критериев связаны определенные неудобства и потери. Прежде всего, проверяемая с помощью непараметрического критерия нулевая гипотеза обычно не является в точности той же самой нулевой гипотезой, которая проверяется при использовании соответствующего параметрического критерия. Нулевая гипотеза при применении t-критерия для независимых выборок формулируется следующим образом: средние двух генеральных совокупностей равны. Нулевая гипотеза при использовании медианного критерия или критерия Манна-Уитни, которые можно было бы применить к тем же данным для определения того, будут ли две группы оценок «значимо различаться между собой», звучит иначе: две генеральные совокупности тождественны. А это предполагает, что выявление значимого различия могло оказаться следствием какого-то неизвестного нам сочетания различий в центральной тенденции, вариабельности и симметрии. Кроме того, непараметрические критерии могут быть нечувствительными к некоторым видам различий между совокупностями.

Другое. слабое место непараметрических критериев заключается в их относительно низкой статистической мощности по сравнению со стандартными параметрическими критериями. Мощность статистического критерия определяется как вероятность отклонения нулевой гипотезы в тех случаях, когда она является ложной. Непараметрические критерии обычно требуют больших объемов выборки, чтобы сравняться по статистической мощности с параметрическими критериями. Когда анализируемые данные более или менее соответствуют допущениям параметрических критериев, следует, по всей вероятности, использовать именно эти критерии.

Простых рецептов в отношении того, в каких ситуациях следует применять именно НСК, не существует. Чтобы сделать оптимальный выбор в конкретной ситуации, исследователь должен знать характеристики анализируемых данных и располагать информацией о доступных параметрических и непараметрических критериях.

### 4.2.2. Обоснование выбора непараметрических критериев

В большинстве НСК исходные оценки или результаты наблюдения заменяются другой переменной, содержащей меньше информации. Один важный класс непараметрических методов составляют критерии, использующие порядковые свойства данных. Другой важный класс образуют критерии, использующие только информацию о том, будет ли результат наблюдения выше или ниже некой фиксированной величины, скажем, медианы [9].

Еще один класс критериев основан на частоте появления «серий» («runs») в совокупности данных. Серия — ряд событий одного типа, появляющихся подряд как часть упорядоченной последовательности событий. Упорядочение может быть временным или основываться на величине оценок. Исследование серий может быть полезным при решении вопроса о случайном или неслучайном характере последовательности наблюдений.

Хотя существует огромное множество непараметрических критериев, которые можно применять в самых разных ситуациях, лишь немногие из часто встречающихся критериев допускают краткое описание.

Критерий знаков используется для сравнения групп с попарно связанными вариантами. В отличие от параметрического t-критерия для сопряженных пар, который предполагает использование фактических значений разностей элементов каждой пары, критерий знаков учитывает только знак (+ или —) этих разностей. Цель — определить, есть ли преобладание любого из знаков, а проверяемая нулевая гипотеза состоит в том, что вероятность появления «плюса» равна вероятности появления «минуса».

Медианные критерии для независимых групп и групп с попарно связанными вариантами предполагают сравнение нескольких выборок на основе отклонений от медианы. Проверяемая нулевая гипотеза состоит в том, что разные генеральные совокупности, из которых извлекаются сравниваемые выборки, являются идентичными. Существуют формы медианного критерия для независимых групп и групп с попарно связанными вариантами. В таблице 1 показаны сравнительные характеристики статистических критериев.

Таблица 1. Сравнительный анализ критериев

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Параметрические критерии | Непараметрические критерии |
| 1 | Позволяют прямо оценить различия в средних, полученные в двух выборках (t – критерий Стьюдента) | Позволяют оценить лишь средние тенденции, например, ответить на вопрос, чаще ли в выборке А встречаются более высокие, а в выборке Б – более низкие значения признака (критерии Q, U и др.) |
| 2 | Позволяют прямо определить различия в дисперсиях (критерий Фишера) | Позволяют оценить лишь различия в диапазонах вариативности признака (критерий ) |
| 3 | Позволяют выявить тенденции изменения признака при переходе от условия к условию (дисперсионный однофакторный план), но лишь при условии нормального распределения признака | Позволяют выявить тенденции изменения признака при переходе от условия к условию при любом распределении признака (критерии тенденций L и Q) |
| 4 | Позволяют оценивать взаимодействие двух и более факторов и их влияние на изменение признака (двухфакторный дисперсионный анализ) | Эта возможность отсутствует |
| 5 | Экспериментальные данные должны отвечать двум, а иногда трем, условиям:  А) значения признака измерены по интервальной шкале  Б) распределение признака является нормальным  В) в дисперсионном анализе должно соблюдаться требование равенства дисперсий в ячейке комплекса | Экспериментальные данные могут не отвечать ни одному из этих условий:  А) значения признаков могут быть представлены в любой шкале, начиная от шкалы наименований  Б) распределение признака может быть любым и совпадение его с каким-либо теоретическим законом распределения необязательно и не нуждается в проверке  В) требование равенства дисперсией отсутствует |
| 6 | Математические расчеты достаточно сложны | Математические расчеты по большей части просты и занимают мало времени (за исключением критериев  и λ) |
| 7 | Если условие 5 выполняется, параметрические критерии оказываются более мощными | Если условия 5 не выполняются, непараметрические критерии оказываются более мощными |

## 4.3. Процесс выбора решений

Прежде всего должен быть задан набор решений, из которого следует осуществлять выбор. Пусть - множество возможных решений. Природа самих решений при этом не играет никакой роли; это могут быть проектные решения, варианты поведения, политические или экономические стратегии и т.д.[4].

Принятие решений состоит в указании среди всех возможных такого решения, которое объявляется выбранным (*наилучшим*, или *оптимальным*). Но во многих случаях происходит выбор не одного, а целого ряда решений, являющегося определенным подмножеством множества возможных решений .

Пусть множество оптимальных (выбранных) решений . Оно и представляет собой решение задачи выбора. Решить задачу выбора означает найти множество , являющееся определенным подмножеством множества возможных решений, т.е.  (рис.2). В частности,  может быть и одноэлементным множеством.

OptX

Рисунок 2. Оптимальные решения

### 4.3.1.Векторный критерий и отношение предпочтения

Считается, что оптимальным является такое возможное решение, которое наиболее полно удовлетворяет желаниям, интересам или целям ЛПР. Стремление ЛПР достичь определенной цели нередко удается в математических терминах выразить в виде максимизации (или минимизации) некоторой числовой функции, заданной на множестве . Однако в более сложных ситуациях приходится иметь дело не с одной, а сразу с несколькими такими функциями. Так будет, например, когда какое-то явление, объект или процесс рассматривается с различных точек зрения и для формализации каждой точки зрения используется соответствующая функция. Если явление рассматривается в динамике, поэтапно и для оценки каждого этапа приходится вводить отдельную функцию, − в этом случае также приходится учитывать несколько функциональных показателей.

В ситуации, когда имеется несколько числовых функций , ≥, определенных на множестве , в зависимости от содержания задачи выбора, эти функции называют критериями оптимальности, критериями эффективности, целевыми функциями, показателями или критериями качества.

Например, задача выбора наилучшего проектного решения. В этой задаче множество  состоит из нескольких конкурсных проектов (разработка технологического процесса), а критериями оптимальности могут служить стоимость реализации проекта  и величина прибыли , которую обеспечит данное проектное решение. Если ограничить рассмотрение данной задачи лишь одним критерием оптимальности, практическая значимость решения такой задачи окажется незначительной. В самом деле, при использовании только первого критерия будет выбран самый дешевый проект, но его реализация может привести к недопустимо малой прибыли. С другой стороны, на построение самого прибыльного проекта, выбранного на основе второго критерия оптимальности, может просто не хватить имеющихся средств. Поэтому в данной задаче необходимо учитывать оба указанных критерия одновременно. Если же дополнительно стараться минимизировать нежелательные экологические последствия функционирования предприятия, то к двум указанным следует добавить еще один – третий критерий и т.д. Что касается ЛПР, осуществляющего выбор проекта, то в данной задаче таковыми являются конструктор и технолог.

Указанные выше числовые функции  образуют векторный критерий

,

который принимает значения в -мерном арифметическом пространстве . Это пространство называют критериальнымпространством или пространством оценок, а всякое значение  векторного критерия  при определенном  именуют векторной оценкой возможного решения . Все векторные оценки образуют в пространстве  множество возможных оценок:

* при некотором* .

Задача выбора, содержащая множество возможных решений  и векторный критерий , носит название многокритериальной задачи. Изучению свойств таких задач посвящена многочисленная литература.

С помощью векторного критерия лишь намечаются определенные цели, которые нередко оказываются весьма противоречивыми. Эти цели одновременно, как правило, достигнуты быть не могут, и поэтому требуется определенная дополнительная информация для осуществления компромисса. Иначе говоря, если ограничиться лишь указанными выше двумя компонентами – множеством возможных решений и векторным критерием, то задача выбора оказывается «недоопределенной». Эта «недоопределенность» сказывается затем в слабой логической обоснованности выбора оптимального решения на основе векторного критерия. Многочисленные процедуры выбора (процедуры построения множества ), предлагаемые в литературе по принятию решений, основанные лишь на знании векторного критерия, как правило, содержат элементы эвристики и потому не имеют строгого логического обоснования.

Для того чтобы осуществить обоснованный выбор, следует помимо векторного критерия располагать какими-то дополнительными сведениями о предпочтениях ЛПР. С этой целью необходимо включить в многокритериальную задачу еще один элемент, который позволил бы выразить и описать эти предпочтения.

Рассмотрим два возможных решения  и . Предположим, что после предъявления ЛПР этой пары решений, оно выбирает (отдает предпочтение) первому из них.

.

Знак  служит для обозначений предпочтений данного ЛПР.

Следует отметить, что не всякие два возможных решения  и  связаны соотношением  либо соотношением . Иначе говоря, не из любой пары решений ЛПР может сделать окончательный выбор. Вполне могут существовать такие пары, что ЛПР не в состоянии отдать предпочтение какому-то одному решению этой пары, даже если это − пара различных решений.

Описанная ситуация вполне соответствует реальному положению вещей. Более того, если бы от ЛПР требовалась способность в произвольной паре возможных решений уметь определять решение, более предпочтительное по сравнению с другим, то в таком случае теория, построенная на указанном «жестком» требовании к ЛПР, не представляла бы практического интереса. Подобные «всемогущие» ЛПР в жизни встречаются крайне редко!

Предположим, что ЛПР в процессе выбора ведет себя «достаточно разумно» и обсудим требования, которым в таком случае должно удовлетворять его отношение предпочтения.

Прежде всего следует помнить, что отношение предпочтения  по своей сути является отношением строгого предпочтения в том смысле, что выполнение соотношения  невозможно ни для какого возможного решения , поскольку ни одно решение не может быть лучше самого себя.

Рассмотрим ситуацию, когда первое решение предпочтительнее второго, а оно, в свою очередь, предпочтительнее некоторого третьего решения. В таком положении здравомыслящий человек при сравнении первого и третьего решения всегда выберет первое. Здесь происходит то же самое, что и при сравнении чисел с помощью строгого неравенства >. Например, если  и , то непременно выполнено . В терминах возможных решений это может быть сформулировано следующим образом: для любой тройки возможных решений  из выполнения соотношений  и  обязательно следует справедливость соотношения . Это свойство отношения предпочтения называют *свойством транзитивности*. Далее будем предполагать, что отношение предпочтения  обладает свойством транзитивности.

### 4.3.2. Множество недоминируемых решений

Постановка всякой задачи многокритериального выбора включает

* множество возможных решений 
* векторный критерий 
* отношение предпочтения .

Само ЛПР в постановку задачи многокритериального выбора не включено. В этом нет необходимости. Подразумевается, что все его устремления, вкусы, пристрастия и предпочтения, оказывающие влияние на процесс выбора, «материализованы» в терминах векторного критерия и отношения предпочтения.

Как указано выше, решение задачи многокритериального выбора заключается в отыскании множества оптимальных решений . Выясним, каким образом сведения об отношении предпочтения могут быть использованы в процессе решения задачи многокритериального выбора.

Рассмотрим два произвольных возможных решения  и . Для них имеет место один и только один из следующих трех случаев:

* справедливо соотношение , а соотношение  не выполняется;
* справедливо соотношение , а соотношение  не выполняется;
* не выполняется ни соотношение , ни соотношение .

Следует заметить, что четвертый случай, когда оба участвующих здесь соотношения  и  выполняются, невозможен, поскольку из этих соотношений благодаря транзитивности отношения  сразу вытекает противоречие .

При выполнении соотношения  (т.е. в первом случае) считается, что решение  *доминирует* решение , или что  доминируетсярешением.

Если из двух возможных решений одно доминируется другим, то, очевидно, доминируемое решение не может оказаться выбранным, оптимальным. Таким образом, всякое доминируемое решение можно исключить из списка решений, претендующих на роль оптимальных.

Исключение всех доминируемых решений приводит к множеству, которое носит специальное название и играет важную роль в принятии решений.

Множество недоминируемых решений определяется равенством

*не существует , такого, что* .

Поскольку удаление доминируемых решений из множества возможных решений не приводит к потере ни одного оптимального решения, то имеет место включение

,

показывающее, что выбор оптимальных решений следует производить только среди недоминируемых решений.

### 4.3.3. Множество Парето

В задаче многокритериального выбора, кроме множества возможных решений  и отношения предпочтения , присутствует также векторный критерий . Компонента  векторного критерия характеризует определенную цель ЛПР, а стремление достичь этой цели в математических терминах выражается в максимизации или минимизации этой компоненты на множестве . Для определенности всюду далее будем считать, что *ЛПР* заинтересовано в получении по возможности бóльших значений каждой компоненты ** векторного критерия.

Выбрав произвольное возможное решение  и вычислив значение векторного критерия  на этом решении, получим набор  чисел, образующий векторную оценку  данного решения . Таким образом, каждое возможное решение имеет свою собственную векторную оценку.

Теперь рассмотрим два произвольных возможных решения  и  вместе с соответствующими им оценками  и . Допустим, что эти оценки связаны соотношением

,

которое означает справедливость покомпонентных неравенств ≥ для всех номеров , причем , т.е. хотя бы для одного номера  верно строгое неравенство >.

Выполнение неравенства означает, что по всем компонентам первая векторная оценка «не хуже» (точнее говоря, не меньше) второй векторной оценки, причем, по крайней мере, какая-та одна компонента первой оценки «лучше» (строго больше) соответствующей компоненты второй оценки. Поскольку, как принято выше, ЛПР заинтересовано в достижении максимально возможного значения по каждому критерию, то в имеющейся ситуации ЛПР из двух представленных ему на выбор решений  и  явно выберет первое.

Другими словами, стремление ЛПР максимизировать каждую компоненту векторного критерия можно выразить в терминах следующего требования: отношение предпочтения  и векторный критерий  подчиняются аксиоме Парето, т.е. всякий раз из выполнения неравенства следует справедливость соотношения :

.

Если для некоторой пары возможных решений выполняется неравенство, то благодаря аксиоме Парето первое решение будет предпочтительнее второго. Значит, второе решение, ни при каких обстоятельствах не окажется оптимальным и его можно исключить из последующего процесса выбора. Исключение всех подобного рода решений приводит к множеству Парето.

Множество парето-оптимальных решений обозначается  и определяется равенством

 =  не существует , такого, что .

Установим теперь взаимосвязь между недоминируемыми и парето-оптимальными решениями. Если решение  не является парето-оптимальным, то для некоторого возможного решения  выполнено неравенство. Согласно аксиоме Парето отсюда следует, что , а значит,  – доминируемое решение. Таким образом, всякое решение, не являющееся парето-оптимальным, – доминируемое. Отсюда следует: любое недоминируемое решение должно быть парето-оптимальным. На теоретико-множественном языке этот факт можно выразить в виде включения . Отсюда получаем следующую связь между введенными выше множествами:

.

В результате формализации конкретных практических задач выбора становятся известными множество возможных решений  и векторный критерий . Знание векторного критерия и множества возможных решений позволяет найти множество Парето (решений и/или оценок). К настоящему времени свойства множества Парето изучены достаточно подробно (см. [1]), разработаны методы и алгоритмы его построения и все специалисты в области принятия решений единодушно полагают, что наилучшие решения многокритериальной задачи следует искать именно среди множества Парето. Поэтому построение множества Парето нередко считают первым необходимым шагом в решении любой многокритериальной задачи.

### 4.3.4. Понятия относительной важности критериев

**Определение 1.** Считается, что *i-й критерий  является более важным, чем j-й* критерий  () c положительными числовыми параметрами  и , если для всех , таких, что:





 для всех , кроме  и , выполняется соотношение .

В данном определении присутствует отношение предпочтения , связанное с ЛПР. У каждого ЛПР свое собственное отношение предпочтения, а значит, если для одного ЛПР i-й критерий важнее j-го, то для другого ЛПР этого может и не быть. Иначе говоря, введенное понятие относительной важности критериев носит «субъективный» характер, что хорошо согласуется с интуитивными представлениями об этом понятии.

Определение 2. Пусть i-й критерий важнее j-го с положительными параметрами  (). Число



называется коэффициентом относительной важности критерия i по сравнению с критерием j.

Очевидно, , причем чем ближе этот коэффициент к 1, тем бόльшая степень важности y i-го критерия по сравнению с j-м; и наоборот, чем ближе  к 0, тем меньше указанная степень важности. В «среднем» случае  ЛПР для получения «прибавки» по i-у критерию в размере  единиц готово пожертвовать тем же количеством  по j-у критерию. Подобным образом можно дать интерпретацию любого числового значения коэффициента .

Теперь, после того, как высказывание ‘i-й критерий важнее j-го критерия с коэффициентом относительной важности ” получило точный смысл, перейдем к обсуждению вопроса получения такой информации. С этой целью будем использовать метод экспертных оценок.

## 4.4. Экспертные оценки

При решении задач принятия решений во многих случаях необходимо проранжировать отдельные факторы по степени их важности. В дипломном проекте используется метод парных сравнений [7].

Эксперту предлагается проранжировать факторы попарно, т. е. каждой паре фак­торов xi и xj поставить в соответствие число



Выражение хi > хl означает, что i-й фактор более пред­почтителен при ранжировании, чем j-й. Знак = является знаком эквивалентности факторов с точки зрения ран­жирования (или отказа от ранжирования). Числа обладают очевидным свойством транзитивности.

Таким образом, каждый j-й эксперт свое мнение пред­ставляет в виде матрицы:

 , где N- количество экспертов, n – количество ранжируемых факторов i,l = 1,2, …., n, j = 1,2, …, N.

Группе экспертов предлагается отобразить свое мнение в виде следующей таблицы:



Далее строят усредненную матрицу размерностью nХn.

 ,

где  - среднее предпочтение i-го фактора 1-му. Это и есть мнение данной группы экспертов.

Определим согласованность экспертов. В каче­стве критерия согласованности выбрана дисперсия величин qlt. В силу того, что их среднее значение qlt равно нулю, получаем

,

где суммирование производится по всей матрице Q. Ма­ксимальное значение дисперсии Dmax будет иметь ме­сто при полной согласованности экспертов. Тогда, вводя критерий согласованности как отношение дисперсии средних предпочтений к максимальной дисперсии, полу­чаем:

,

Матрицы, представляющие мнение каждого эксперта, должны удовлетворять правилу транзитив­ности. При обнаружении противоречий они возвращают­ся соответствующему эксперту для исправления заме­ченных противоречий.

Для определения интересующих нас рангов ранжиру­емых факторов следует иметь правило вычисления ран­гов по матрице Q. Существует множество таких правил. В дипломном проекте использовано следующее правило:

величина qij вы­ражает степень предпочтения i-ro фактора j-му. Опреде­лим среднее предпочтение каждого фактора всем осталь­ным:

.

Первый ранг имеет фактор, среднее предпочтение которого максимально. Так, первый ранг имеет фактор . Аналогично образуются ранги остальных факторов.

Рассмотренное правило, однако, излишне усредняет предпочтения. Так, фактор, не имеющий явных (т. е. больших) предпочтений, которые легко обнаруживают эксперты, получит первый ранг только потому, что его второстепенность по отношению к другим факторам была не столь ярко выражена. Метод экспертных оценок позволяет ре­шать формально-неразрешимые проблемы. Правда, по­лученное решение всегда приближенно, но его можно уточнять, увеличивая число экспертов и учитывая их компетентность в решении этой проблемы.

## 4.5. Классификация методов поддержки принятия решений

В настоящее время существует множество различных методов поддержки принятия решений при множестве параметров. Одним из наиболее распространенных методов классификации на основе роли ЛПР [7]:

Методы поиска решений без участия ЛПР;

Методы, использующие предпочтения ЛПР для построения правила выбора единственного или небольшого числа парето-эффективных решений;

Интерактивные, также их называют итеративными, процедуры решения задачи с участием ЛПР;

Методы, основанные на аппроксимации паретовой границы и информировании ЛПР о ней в том или ином виде; далее ЛПР указывает наиболее предпочтительную точку на паретовой границе; по этой критериальной точке находят предпочтительное решение.

Методы первых двух групп основываются на построении решающего правила, т.е. правила нахождения одного или нескольких решений из допустимого множества решений. Отличие методов первой группы от методов второй группы состоит в том, что в первой группе решающее правило строится без участия ЛПР, а в методах второй группы используется информация о предпочтениях ЛПР.

Методы поиска решений без участия ЛПР строятся на основе использования либо некоторой аксиоматики, либо эвристических принципов. Обоснование выбора критерия оптимизации базируется на более или менее логичном содержательном объяснении того, почему выбирается тот или иной принцип свертки векторного критерия. Далее на основе этой свертки находится одно из допустимых решений и предъявляется ЛПР как наиболее подходящее. Если ЛПР соглашается с найденным решением, оно считается наилучшим.

Примеры эвристических принципов свертки критериев:

1. Принцип максимина.

=



1. Принцип квазиравенства



В данном случае лучшим считается решение, которому соответствуют значения всех критериев, отличающихся не более, чем на некоторую величину δ.

1. Принцип абсолютной уступки

, где I1-подмножество минимизируемых; I2-подмножество мажорируемых частных критериев I1I2=I;



В данном случае предполагается, что решение лучше , если сумма приращений увеличиваемых критериев ( не меньше, чем сумма абсолютной величины уменьшаемых ( критериев.



1. Максимизация ∑ критериев

.



Данные методы свертки критериев (эвристические методы) могут использоваться в том случае, если критерии решаемой задачи имеют одинаковую размерность.

## 

## 4.6. Построение решающего правила

4.6.1. Функция полезности

Наиболее распространенным подходом к построению решающего правила на основе предпочтений ЛПР является построение функции полезности (ценности), полностью отражающей предпочтения ЛПР по отношению к величинам частных критериев. В таком случае поиск решения сводится к нахождению допустимого решения, которое максимизирует значение функции полезности. Числовая функция u(x), определенная на множестве G, называется функцией полезности, соответствующей бинарному отношению предпочтения (> | ≥), если (х\* > х u(x\*) > u(x )| х\* ≥ х u(x\*) ≥ u(x)). Теоретически наиболее разработаны и практически наиболее важны методы, использующие функции полезности от значений частных критериев, имеющие аддитивную структуру, т.е. функции вида U(y) = ∑ Ui (yi). Наиболее часто используется простая линейная свертка критериев U(y) = ∑ciyi ; где сi – веса критериев, которые должен указать ЛПР. Однако эта функция имеет значительные недостатки. Наиболее очевидно то, что недостаточное значение одного критерия может быть компенсировано за счет избыточного значения другого [14].

4.6.2. Итеративные методы

Итеративные человеко-машинные многокритериальные методы возникли в 60-х годах XX века. Они принципиально отличались от других многокритериальных методов тем, что человеку было необходимо взаимодействовать с компьютерной программой. Методы такого типа получили название интерактивных, или диалоговых, процедур. Основная их особенность в том, что эти процедуры основаны на итерациях, в которых перемежаются действия человека и работа компьютерной программы, решающей вспомогательную задачу. Итеративная процедура строится таким образом, что человек анализирует результаты, полученные компьютером на очередной итерации, и высказывает свои предпочтения, которые реализуются в виде параметров задачи, решаемой на следующей итерации. Рассмотрим наиболее простые итеративные методы. Процедура, прежде всего приходящая в голову начинающим исследователям – итеративное назначение весов в линейной свертке критериев. Итерации такой процедуры выглядят следующим образом:

0-я итерация. Находится идеальная точка y\* и выбираются произвольные значения весов сi(0) =1, i= 1,…m. (k+1)-я итерация. Перед началом итерации должны быть заданы веса ci(k) для i = 1,…m.

Шаг 1. Компьютер решает задачу поиска , определяя точку максимума x(k+1)  и значение (х(k+1)) вектора критериев в этой точке.

Шаг 2. ЛПР сравнивает (x(k+1)), идеальную точку y\* и, может быть, полученный на предыдущей итерации вектор (x(k)). Если точка удовлетворяет ЛПР, то процедура завершена. В противном случае ЛПР назначает новые веса, после чего итерация завершается и осуществляется переход к следующей итерации. Итерации продолжаются до тех пор, пока не будет достигнут результат, удовлетворяющий ЛПР [15].

Недостатком данного метода является то, что ЛПР, хотя и достаточно просто указать для определенной точки, значение какого критерия он хотел бы улучшить, а какого уменьшить, однако в данной процедуре от него требуется значительно больше – изменить веса. Эта задача труднее для ЛПР, поскольку последствия изменения весов иногда предсказать довольно трудно. Например, ЛПР не может знать, на сколько нужно увеличить вес какого-либо критерия для того, чтобы значение критерия стало удовлетворительным. Таким образом, этот формально простой метод является достаточно сложным для ЛПР.

4.6.3. Лексикографический метод

В данном методе используется следующий алгоритм:

Шаг 0. На предварительном шаге ЛПР ранжирует частные критерии в порядке убывания их важности. Перенумеровав после этого критерии, можно считать, что первый критерий – самый важный.

Шаг 1. Решается задача поиска  и находится максимальное значение критерия φ1(х(1)).

Шаг 2. Решается задача поиска max φ2(x) при .

Найденное решение  максимизирует второй критерий, удовлетворяя при этом дополнительному ограничению, при выполнении которого достигается максимум по первому критерию[16] .

Эта процедура продолжается до тех пор, пока не будет максимизировано значение последнего из частных критериев, после чего процедура завершается. Обратим внимание на то, что лексикографический метод не приводит к бесконечной итеративной процедуре, останавливающейся, когда полученный результат устраивает ЛПР. Наоборот, описанная процедура имеет заранее известное ограниченное число шагов, которое не превышает числа частных критериев.

Рассмотрим недостатки этой процедуры. В лексикографическом методе зачастую возможностей выбора не остается уже после оптимизации по первому критерию, так что процесс сразу же останавливается. В этом случае задача многокритериальной оптимизации оказывается сведенной к однокритериальной задаче с наиболее важным критерием, причем значениями остальных критериев пренебрегают. Если же после оптимизации первого критерия и остается какая-то свобода действий, то ее может оказаться недостаточно для получения удовлетворительных значений остальных критериев.

4.6.4. Метод квазиоптимизации

Составляющие векторного критерия располагаются в соответствии с убыванием важности . На этой основе проводится последовательная оптимизация, не допускающая повышения значимости критериев. Практическая реализация производится следующим образом: ищется глобальный оптимум наиболее важного критерия, который затем используется как дополнительное ограничение. Далее ищется оптимум второго и так далее.



Данный подход более интересен при использовании так называемого принципа квазиоптимизации, позволяющего определить не единственное решение, а некоторую область решений, близкую к оптимальному решению.

Одним из методов реализации является метод последовательных уступок. Суть его заключается в следующем: производится упорядочивание критериев по важности, определяется значение критерия . Задаётся значение возможной уступки .



Далее ищется наибольшее значение критерия при условии, что значение не должно быть меньше ; далее задается , которое используется для второго и так далее при условии, что значение каждого критерия из предыдущих не должно быть меньше , т.е. решается последнее при нулевом значении . Метод последних уступок выделяет лексикографические оптимальные решения. Величину уступок можно рассматривать как меру отклонения приоритетов отдельных критериев от лексикографического.



1)



2)



…………………………….

m)



,



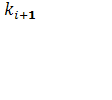
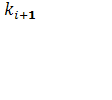
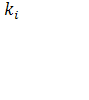
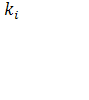
Значения уступок последовательно определяются в результате изучения взаимосвязи частных критериев. Сначала решается вопрос о снижении первого критерия от наибольшего значения , для этого задается несколько уступок , , ……. и решая задачу,



, определяют соответственные значения , , ….



В схеме гибкого учета упорядочивание критериев производится с помощью заданного вектора приоритета или весового вектора , представляет собой m-мерный вектор, элементы которого определяет степень и являются бинарные отношения приоритета . Смысл – при нормализованных критериях , решение лучше решения , если .



Весовой вектор компоненты представляет собой превосходство i -ого критерия над остальными. Вектор связан с вектором приоритета следующим соотношением:



, ,



где m -наибольший номер.

Процедура задания весового вектора не всегда строго обоснована, в отличие от задания , где каждая компонента определяется независимо от остальных. Поэтому сначала определяется вектор , затем, используя выше приведённые формулы, устанавливается его связь с вектором весов.



## 

## 5. Разработка алгоритма выбора

## 5.1. Выбор методов решения

Множество задач, связанных с объектным анализом, предполагает сопоставление объектов. Мы сопоставляем группы объектов по какому-либо признаку, чтобы выявить различия между ними по этому признаку. Мы сопоставляем то, что было «до», с тем, что было «после» наших экспериментальных или любых иных воздействий, чтобы определить эффективность этих воздействий. Мы сопоставляем эмпирическое распределение значений признака с каким-либо теоретическим законом распределения или два эмпирических распределения между собой, с тем, чтобы доказать неслучайность выбора альтернатив или различий в форме распределений.

Мы даже можем сопоставить два правила, измеренные на одной и той же выборке объектов, чтобы установить степень согласованности их изменений, их сопряженность, корреляцию между ними.

Наконец, мы можем сопоставить индивидуальные значения, полученные при разных комбинациях каких-либо существенных условий, с тем, чтобы выявить характер взаимодействия этих условий и их влияния на индивидуальные значения признака. Приведем классификацию задач и методов их решения (Таблица 2).

Таблица 2. Классификация задач и методов решения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Задача | Условие | Методы |
| 1 | Выявление различий в уровне исследуемого признака | А) 2 выборки объектов | Q критерий Розенбаума  U– критерий Манна – Уитни  критерий (угловое преобразование Фишера) |
| Б) 3 и более выборок объектов | S – критерий Джонкира  H – критерий Крунскала - Уоллиса |
| 2 | Оценка сдвига значений исследуемого признака | А) 2 замера на одной и той же выборке объектов | T – критерий Вилкоксона  G – критерий знаков  критерий (угловое преобразование Фишера) |
| Б) 3 и более замеров на одной выборке объектов | - критерий Фридмана  L – критерий тенденций Пейджа |
| 3 | Выявление различий в распределении признака | А)При сопоставлении эмпирического распределения с теоретическим | - критерий Пирсона  λ -критерий Колмогорова – Смирнова  m – биноминальный критерий |
| Б) При сопоставлении двух эмпирических распределений | - критерий Пирсона  λ -критерий Колмогорова – Смирнова  критерий (угловое преобразование Фишера) |
| 4 | Выявление степени согласованности изменений | А) Двух признаков | - коэффициент ранговой корреляции Спирмена |
| Б) Двух иерархий или профилей | - коэффициент ранговой корреляции Спирмена |
| 5 | Анализ изменений признака под влиянием контролируемых условий | А) Под влиянием одного фактора | S – критерий тенденций Джонкира  L – критерий тенденций Пейджа  Однофакторный дисперсионный анализ Фишера |
| Б) Под влиянием двух факторов одновременно | Двухфакторный дисперсионный анализ Фишера |

**Алгоритм 1.** Принятие решения о задаче и методе обработки на стадии, когда данные уже получены.

По второму столбцу таблицы определить, какая задача стоит в вашем исследовании.

По третьему столбцу определить, каковы условия решения задачи, например, сколько выборок обследовано или на какое количество групп можно разделить обследованную выборку.

Обратиться к алгоритму принятия решения о выборе критерия (приведены ниже) и определить, какой именно метод или критерий целесообразно применять.

**Алгоритм 2**. Принятие решения о задаче и методе обработки на стадии планирования исследования.

Определить, какая модель кажется наиболее подходящей для проведения исследований.

Ознакомьтесь с описанием метода.

Проверьте ограничения критерия и решите, сможете ли вы собрать данные, которые будут отвечать этим ограничениям (объемы выборки, наличие нескольких выборок, монотонность по какому-либо признаку и т.д.).

Провести исследование, а затем обработать данные по заранее выбранному алгоритму, если удалось выполнить ограничения.

Если ограничения выполнить не удалось, обратитесь к алгоритму 1.

Желательно анализировать критерии в следующем порядке:

Назначение критерия

Описание критерия

Гипотезы, которые он позволяет проверить

Графическое представление критерия

Ограничения критерия

Пример или примеры

Рассматриваемые критерии предполагают, что сопоставляются независимые выборки, то есть две или более выборки, состоящие из разных объектов.

Рассмотрим основные понятия и подходы при применении методов данного класса.

Статистические гипотезы подразделяются на нулевые и альтернативные, направленные и ненаправленные.

Нулевая гипотеза – это гипотеза об отсутствии различий. Она обозначается как  и называется нулевой потому, что содержит число 0. , где  - сопоставляемые значения признаков. Нулевая гипотеза – это то, что мы пытаемся опровергнуть, если перед нами стоит задача доказать значимость различий.

Альтернативная гипотеза – это гипотеза о значимости различий. Она обозначается как . Альтернативная гипотеза – это то, что мы хотим доказать. Поэтому ее называют экспериментальной гипотезой.

Существуют задачи, когда необходимо доказать как раз не значимость различий, то есть подтвердить нулевую гипотезу. Например, если нам надо убедиться, что разные исследуемые системы получили хотя и различные, но уравновешенные по значимости значения параметров, или что экспериментальная и контрольная выборки не различаются между собой по каким-то значимым характеристикам. При этом выделяют направленные и ненаправленные нулевые гипотезы :

Направленные гипотезы:

H0 : X1 не превышает X2

H1  : X1 превышает X2

Ненаправленные гипотезы:

H0 : X1 не отличается от X2

H1  : X1 отличается от X2

Например, если замечено, что в одной из групп изделий, проверяемых по какому-либо признаку, значения выше, чем в другой группе, то для проверки значимости этих различий необходимо сформировать направленную гипотезу.

Если же мы захотим доказать, что в группе А под влиянием каких-то экспериментальных воздействий произошли более выраженные изменения, чем в группе Б, то нам тоже надо сформулировать направленные гипотезы.

Если же мы хотим доказать, что различается форма распределения в группах А и Б, то формулируется ненаправленная гипотеза.

Проверка гипотез проводится с помощью критериев статистической оценки различий.

Когда мы говорим, что достоверность различий определяется по критерию , то имеем в виду, что использовали метод  для расчета определенного числа.

По соотношению эмпирического и критического значений критериев судят о том, подтверждается или опровергается гипотеза. Например, если , H0 отвергается.

В большинстве случаев для того, чтобы признать различия значимыми, необходимо, чтобы эмпирическое значение критерия превышало критическое, хотя есть критерии (например, критерий знаков), в которых надо придерживаться противоположного правила.

Расчетная формула критерия включает в себя количество наблюдений в исследуемой выборке *n.* В этом случае эмпирическое значение критерия одновременно является тестом для проверки статистических гипотез. По специальной таблице определяется, какому уровню статистической значимости различий соответствует данная эмпирическая величина. Примером такого критерия является критерий , вычисляемый на основе углового преобразования Фишера.

Как правило, одно и то же эмпирическое значение критерия может оказаться значимым или незначимым в зависимости от количества наблюдений в исследуемой выборке *n* или от количества степеней свободы *v*.

Число степеней свободы *v* равно числу классов вариационного ряда минус число условий, при которых он был сформирован. К числу таких условий относится объем выборки, среднее и дисперсия.

Если наблюдения расклассифицированы по классам какой-либо номинативной шкалы и подсчитано количество наблюдений в каждой ячейке классификации, то получается частотный вариационный ряд. Единственное условие, которое соблюдается при таком формировании – объем выборки *n*. Поэтому, если классификация проводится по трем классам, а число испытаний равно 50, мы свободны в определении количества наблюдений только в двух классах, количество наблюдений в третьем классе будет определяться первыми двумя. Следовательно, здесь имеем *v = c – 1 = 3.*

Существуют и более сложные способы подсчета степеней свободы.

Зная *n* и/или число степеней свободы, по специальным таблицам можно определить критическое значение критерия и сопоставить с ним эмпирическое значение.

## 5.2. Выявление различий в уровне исследуемого признака

Рассматриваемые критерии предполагают, что сопоставляются независимые выборки, то есть две или более выборки, состоящие из разных объектов [6].

Две выборки получаются как результаты применения различных условий эксперимента к двум процессам, однородным по своему составу. Изменение условий эксперимента обычно сказывается на изменении положения распределения измеряемой числовой характеристики на числовой прямой. Масштаб  и форма распределения при малых изменениях условий эксперимента обычно остаются практически неизменными. При больших изменениях наряду с изменением положения распределения изменяется и его дисперсия. Крайне редко происходит изменение самой формы распределения, поэтому при исследовании различий в двух выборках обычно предполагают, что законы распределения двух анализируемых выборок отличаются только сдвигом и относятся к сдвиговому семейству распределений.  Исследователю приходится иметь дело не только с количественными, но и с качественными признаками, многие из которых выражаются порядковыми номерами, индексами и другими условными знаками. В таких случаях необходимо использовать непараметрические критерии.

G – КРИТЕРИЙ   ЗНАКОВ

**Назначение.**   G-критерий знаков применяется при выяснении направ­ления сдвига при переходе от первого измерения ко второму на одной и той же выборке испытуемых.

**Ограничения.**   Количество измерений в каждом из двух замеров не менее 5 и не более 300, т.е. 5 ≤ n1 ≤ 300  и  5 ≤ n2 ≤ 300.

 Алгоритм использования

1.  проверить выполнение ограничений;

2.  занести данные измерений в таблицу:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Испытуемые | 1 | 2 | 3 | … n |
| Значения «до воздействия» | . | . | . | … . |
| Значения «после воздействия» | . | . | . | … . |
| Сдвиг («после» - «до») | . | . | . | …. |

     Сдвиг количественно не подсчитывается, ставится просто знак разности (« + » или « - »), когда из значения «после воздействия» вычитается значение «до воздействия». Если разность эта равна нулю, то в таблице пишут нуль.

3.  подсчитать количество нулевых реакций n0 и вычесть их из объема вы­борки n. Новый объем выборки найти по формуле: n = n - n0;

4. определить, каких сдвигов больше: положительных или отрицатель­ных. Считать «типичными» те сдвиги, которых больше.  А «нетипичны­ми» - те, которых меньше;

5.  сформулировать гипотезы:

           Но: Сдвиг в типичную сторону является случайным;

          H1: Сдвиг в типичную сторону является неслучайным.

6.  подсчитать количество «нетипичных» сдвигов и найти эмпирическое значение G-критерия: G эмп. равно количеству «нетипичных» сдвигов;

7.  в таблице по значению n найти  G кр. (p ≤ 0,05) и G кр. (p ≤ 0,01), изобразить все полученные значения на оси значимости.

зона значимости         зона неопределенности                   зона не значимости

   G кр. (p  ≤  0,01)                              G кр. (p ≤ 0,05)

    Если G  эмп.  ≤  G кр.  на некотором уровне значимости, то H0 отвергается, а H1 принимается на этом уровне значимости.

  Если Gэмп.  ›  G кр.  на некотором уровне значимости, то H0 принимается на том же уровне значимости. Чем меньше G эмп., тем более вероятно, что сдвиг в типичном направлении статистически достоверен.

Т – критерий Вилкоксона

**Назначение.**   Т-критерий Вилкоксона применяется для сопоставления показателей, измеренных на одной и той же выборке, и позволяет оценить не только направленность сдвигов, но и их интенсивность.

**Ограничение.** Объем выборки должен быть 5 ≤ n ≤ 50.

Алгоритм использования:

1. проверить выполнение ограничений;
2. поместить данные в таблицу, записав в первый столбец испытуемых в каком-то определенном порядке (или их коды), во второй - результа­ты первого замера, а в третий - результаты второго замера:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Замер 1 | Замер 2 | di = «после» - «до» | | di | | Ранг  | di | | Ранг «не типичные» |
| 1 | Х1 | Y1 | . | . | . | . |
| 2 | Х2 | Y2 | . | . | . | . |
| 3 | Х3 | Y3 | . | . | . | . |
| … | … | … | … | … | … | … |
| N | Xi | Yi | . | . | . | . |
| Суммы | - | - | - | - | Ri=? | ∑Rнетип.=? |

3. вычислить разность между значениями di = «после» - «до» - «после» для каждого испытуемого и занести в четвертый столбец. Нулевые сдвиги, если они получились, далее не рассматривать, уменьшить объем выборки на ко­личество нулевых сдвигов n0. Новый объем выборки n = n – n0.

В пятый столбец записать модули разностей: |di|, затем проранжи­ровать их, приписывая меньшему значению меньший ранг, а равным зна­чениям - равные ранги. Результаты ранжирования записать в шестой стол­бец таблицы. Проверить совпадение суммы рангов с расчетной суммой по формуле:

         ∑ Ri =  (n + 1) : 2;

4. определить «типичные» и «нетипичные» сдвиги («типичные» - те, ко­торых больше, «нетипичные» - те, которых меньше). Выписать ранги «нетипичных» сдвигов R нетипичн. в седьмой столбец таблицы и просуммиро­вать их;

5. сформулировать гипотезы.

 H0: Интенсивность сдвигов в типичном направлении не превышает ин­тенсивности сдвигов в нетипичном направлении.

Н1: Интенсивность сдвигов в типичном направлении превышает интен­сивность сдвигов в нетипичном направлении.

6.  подсчитать эмпирическое значение критерия по формуле

        Т эмпир. = ∑ R нетип.

7.   по n и таблице 2 приложения найти T кр. (p ≤ 0,05) и T (p ≤ 0,01). Построить ось значимости:

зона значимости зона неопределенности          зона не значимости

   T кр. (p ≤ 0,01                                        T кр. (p ≤ 0,05)

 Если  Т эмп.  ≤ Т кр. на  некотором уровне значимости, то Но отвергается и принимается Н1 на этом уровне значимости.

Если Т эмп.  › Т кр. (p ≤ 0,05), то принимается Но.

Чем меньше Т эмп., тем более вероятно, что сдвиг в типичном направ­лении статистически достоверен.

Угловой  ф – критерий Фишера

**Назначение.**     Угловой φ - критерий Фишера предназначен для сопо­ставления двух выборок по частоте встречаемости некоторого эффекта, за­интересовавшего исследователя. Особенно удобно его использовать при проверке «отсутствия - наличия эффекта» при сравнении  контрольной и экспериментальной групп.

**Ограничения.**

1.       если n A и n B  - объемы выборок, то n A  ≥ 5,  n B ≥ 5. Допускаются также случаи:

­     n A = 2, n B ≥ 30;

­     n A = 3, n B ≥ 7;

­     n A = 4, n B ≥ 5.

2.       ни одна из сопоставляемых долей в каждой выборке не должна быть равна нулю.

Алгоритм использования

1.      проверить выполнимость ограничений для n A и n B;

2.        определить значения признака, которые будут делить испытуемых на тех, у которых  «есть эффект».  И  на тех, у которых «нет эффекта».  Подсчитать количество таких испытуемых в группах  А и В. Занести данные в таблицу:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | «Есть эффект» | «Нет эффекта» | Сумма |
| Группа А | А | B | A + B |
| Группа В | С | D | C + D |
|  | А + С | B + D | A + B + C + D |

Проверить совпадение контрольной суммы A + B + C + D = n A + n B;

1. подсчитать процентные доли испытуемых, у которых «есть эффект», и тех, у кого «нет эффекта», в обеих выборках и занести в четырех кле­точную таблицу:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **«Есть эффект» (%)** | **«Нет эффекта» (%)** |
| **Группа А** | M (%) | K (%) |
| **Группа В** | P (%) | Q (%) |

Проверить, не равны ли некоторые процентные доли нулю. Если од­на из долей равна нулю, то можно сдвинуть точку деления признака на две группы;

4.       сформулировать гипотезы:

        Н 0: доля испытуемых, у которых  «есть эффект» в группе А, не выше доли испытуемых в группе В;

        Н 1: доля испытуемых, у которых «есть эффект» в группе А, выше доли испытуемых в группе В.

5.       по таблице найти величины углов φ 1 и φ 2 для процент­ной доли тех, у кого «есть эффект», в каждой выборке;

6.       подсчитать эмпирическое значение критерия по формуле

        φ эмп. = (φ 1 – φ 2)  √ n 1 n 2 / n 1 + n 2;

7.       по таблице определить р – уровень значимости различий для полученных процентных долей. Для контроля  сравнить φ эмп. с φ кр. (p ≤ 0,05 ) = 1,64 и φ кр. (p ≤ 0,01) = 2,31.

зона значимости             зона неопределенности       зона не значимости

                    φ кр. (p ≤ 0,01)                                               φ кр. (p ≤ 0,01)

             Если φ эмп. ≥ φ кр.  на некотором уровне значимости, то Н0 отвергается на этом уровне значимости. Если φ эмп. ≤ φ кр.     (p ≤ 0,05), то принимается Н0.

Q – критерий Розенбаума

**Назначение:**   Q-критерий Розенбаума применяется для оценки разли­чий между двумя независимыми выборками по уровню какого-либо при­знака или свойства, измеренного количественно.

**Ограничения:** В каждой выборке должно быть не менее 11 наблюде­ний, т.е. n 1 ≥ 11, n 2 ≥ 11, n 1 ≈ n 2.

При этом:

­      если n 1 ≤ 50, n 2 ≤ 50, то (n 1 – n2) ≤ 10;

­      если 51 ≤ n 1 ≤ 100, то (n l – n 2) ≤ 20;

­      если n 1 ≥ 100, n 2  ≥ 100, то n 1 : n 2 ≤ 1,5, где n 1 ≥ n 2.

Алгоритм использования

 1.       проверить выполнение ограничений критерия:

         (n 1 ≥ 11, n 2 ≥ 11,  n 1 ≈ n 2)

2.       упорядочить значения признака в каждой выборке по убыванию. Оп­ределить в каждой выборке максимальное и минимальное значения ис­следуемого параметра. Считать первой ту выборку, в которой макси­мальное значение параметра больше, а второй - ту, в которой макси­мальное значение меньше.

3.       сформулировать гипотезы:

Н 0: уровень признака в выборке 1  не превышает уровня признака в вы­борке 2;

Н 1: уровень признака в выборке  1 превышает уровень признака в вы­борке 2;

4.       подсчитать количество значений (S 1) в выборке 1, которые больше максимального значения в выборке 2, и количество значений (S 2) в вы­борке 2, которые меньше минимального значения в выборке 1;

5.       найти эмпирическое значение Q-критерия Розенбаума по формуле:

         Q эмп.  = S 1 + S 2;

6.         по таблице 4 приложения для данных   n 1 и n 2 определить критические значения критерия с уровнями значимости p ≤  0,05 и p ≤  0,01. Сравнить Q эмп. и Q кр..

Если Q эмп. ≥ Q кр.  на некотором уровне значимости, то Н 0 отклоняется на том уровне значимости, на котором вычислено критическое значение, а принимается Н 1. Если Q эмп. < Q кр. (p ≤ 0,05), то принимается Н 0.

Чем больше значения Q эмп., тем более достоверны различия.

Построить ось значимости

зона значимости      зона неопределенности         зона не значимости

   Q кр. (p ≤ 0,05)                                                          Q кр.  (p ≤ 0,01)

# 

# 6. Разработка пользовательского интерфейса

В соответствии с техническим заданием разработан программный комплекс поддержки принятия оперативных решений в структуре САПР. В качестве основного подхода при реализации программного обеспечения использовались непараметрические статистические методы и критерии, рассмотренные выше.

## 6.1. Организация ввода информации

Программный комплекс является составной частью системы и предназначен для решения задач проектирования при ограниченном количестве информации. Реализован на MS Excel с применением средств VBA [10] и позволяет работать в следующих режимах (рис 9):

Выявление различий в уровне исследуемого признака

Оценка сдвига исследуемого признака

Выделение различий в распределении признака

Выявление степени согласованности изменений

Анализ изменений признака под влиянием контролируемых условий

Вид формы выбора решаемой задачи представлен на рис.3

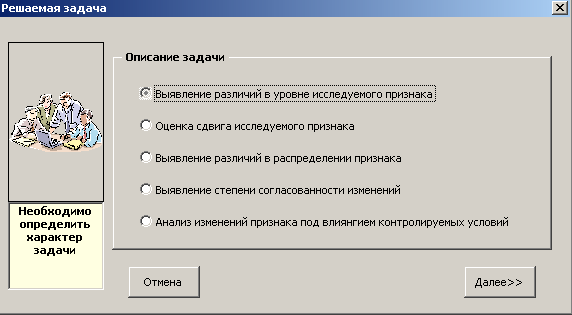


Рисунок 3 Выбор характера задачи**.**

Рассмотрим работу в режиме "Оценка сдвига исследуемого признака". Прежде всего в зависимости от количества измерений и количества выборок выбирается критерий оценки сдвига (рис.4).

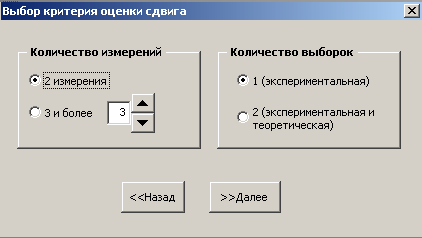


Рисунок 4. Экран задания информации для выбора критерия

Характер изменения признаков формируется с помощью экранной формы, представленной на рис.5

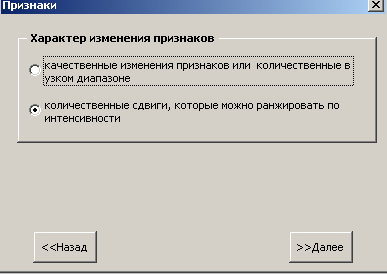


Рисунок 5. Задание характера изменения признаков.

Далее производится ввод информации н получение результатов на листе Excel. Задание формата ввода определяется формой, показанной на рис.6.

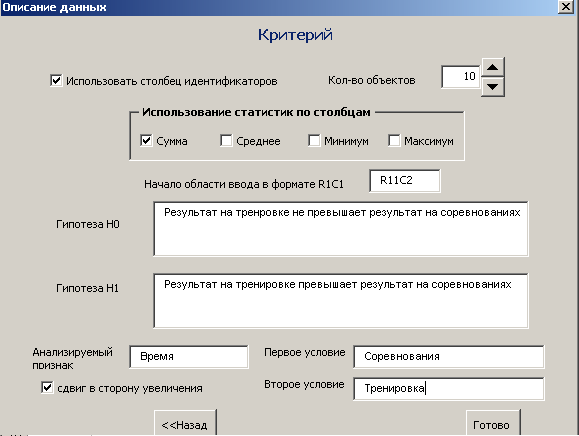


Рисунок 6. Описание данных

## 6.2. Реализация приложения

Реализация алгоритма осуществляется средствами VBA, Excel [10] и Access [11] в рамках данного приложения Access используется для сохранения данных и формирования отчетов. Excel применяется в целях выполнения алгоритмов и вывода результатов.

На основе рассмотренных выше алгоритмов для различных критериев разрабатывается программное обеспечение в среде MS EXCEL. Прежде всего определим структуру классов

stCriteria

objGroups

objGroup

objVals

objVal

- семейства

- объекты

Рис. 7 Структура классов

stCriteria – описание критерия

Основные свойства

StGoal – цель критерия

StName – имя критерия

QVib – количество выборок

QMeasure – количество измерений

H0, H1 - гипотезы

AnPr – анализируемый признак

StEmp – эмпирическое значение критерия

Основные метолы

AddGroup – добавление выборки

DelGroup – удаление выборки

EditGroup – редактирование выборки

TVilkoksForm – формирование рабочего листа для критерия Вилкоксона

TVilkoksRasch – расчет для критерия Вилкоксона

TvilkoksResult – вывод результатов для критерия Вилкоксона

SjohnkirForm -– формирование рабочего листа для критерия Джонкира

SjohnkirRasch – расчет для критерия Джонкира

SjohnkirResult -– вывод результатов для критерия Джонкира

ObjGroups и ObjGroup – семейство и объект для описания выборок

Свойства

NameGr – имя выборки

VidGr – вид выборки (экспериментальная, контрольная и т.д.)

DiscrGr – описание выборки

Методы

AddObj – добавить объект

DelObj – удалить объект

EditObj – редактировать объект

ObjVals и ObjVal – семейство и объект измерений (объектов)

Свойства

ValPriz – значение признака

IDPriz – идентификатор признака

# 7.Технология применения средств автоматизации программирования

Смысл визуального программирования заключается в том, что уже во время создания программы вам видно, как будет выглядеть ваша программа в действии – а это большое преимущество по сравнению с традиционными языками программирования, поскольку вы можете свободно экспериментировать с цветами, формами и размерами всех видимых элементов проекта [ 10,11]

Основным понятием визуального программирования является понятие объектов, которые содержат собственные события, свойства и методы в себе. О свойствах можно говорить как о некоторых атрибутах объекта, о методах – как о действиях объекта и о событиях – как о его реакции.

В чем основное отличие событийной модели от традиционной? В традиционных «процедурных» приложениях само приложение отслеживает, какая часть его кода выполняется и в какой последовательности. Выполнение начинается с первой строки кода и далее следует по определенному пути через все приложение, вызывая по мере надобности соответствующие процедуры.

В событийном приложении выполнение кода не следует по заранее определенному пути: различные части кода приложения выполняются в зависимости от произошедшего события. События инициируются действиями пользователя, сообщениями, поступающими от системы или других приложений. Последовательность таких событий определяет последовательность выполнения кода в каждом новом сеансе работы приложения.

Так как нельзя заранее предугадать последовательность событий, код такого приложения должен иметь определенные предположения о состоянии среды во время своего выполнения (например, что в поле ввода должно быть некоторое значение до выполнения процедуры обработки этого значения). Тогда можно структурировать приложение таким образом, чтобы обеспечить выполнение предположений (например, блокировать кнопку управления, которая запускает процедуру обработки, пока в поле ввода не появится нужное значение).

Код приложения может также инициировать события во время выполнения. Например, программное изменение текста в текстовом поле, вызывает событие «Изменить» для этого поля, а это может привести к неожиданным результатам, если предполагалось, что событие может инициироваться только взаимодействием с пользователем.

## 7.1. Понятие формы

Следующее важное понятие – это понятие формы. Формы являются основными строительными блоками приложения визуальной среды, теми окнами, с которыми взаимодействует пользователь при работе с приложением. У формы есть свои свойства, события и методы, которые позволяют управлять их внешним видом и поведением.

Первым шагом в разработке формы является установка значений ее свойств. Свойства формы можно установить во время разработки в окне **Properties** или во время выполнения, написав соответствующий код.

Время разработки – это любой момент времени, когда программист строит приложение, работая с формами и элементами управления, устанавливая свойства и создавая код для обработки событий в среде системы. Время выполнения – это любой момент времени, когда программист запускает приложение и работает с ним, как будто он является пользователем.

Многие из свойств формы воздействуют на ее внешний вид, т.е. то как ее видит пользователь. Свойство *Caption* (Название) определяет текст заголовка окна (title bar) формы, свойство *Icon* (Значок) устанавливает отображаемый при сворачивании формы значок. Свойства *MaxButton и MinButton* определяют, можно ли форму развернуть или свернуть. Изменяя установку свойства *BorderStyle*, можно управлять размерами формы.

Свойства *Height* и *Width* определяют начальные размеры формы; свойства *Left* (Левый) и *Top* (Верхний) определяют местоположение формы по отношению к левому верхнему углу экрана монитора. Свойство *WindowState* (Состояние окна) может быть установлено таким образом, чтобы первое появление формы на экране происходило в свернутом, развернутом или нормальном виде.

Свойство *Name (*Имя) устанавливает имя, по которому можно обращаться к форме из кода. По умолчанию, когда форма впервые добавляется к проекту, ее имя может быть одним из последовательностей имен Form1, Form2 и т.д.

Как объект форма может выполнять методы и отвечать на события.

При каждом изменении размера формы в результате действий пользователя или программы инициируется событие *Resize* (Изменить размер) формы. Это позволяет изменять размеры элементов, расположенных на форме, или перемещать их.

Событие *Activate (*Активировать) происходит всегда, когда форма становится активной, а событие *Deactivate* (Деактивировать) – когда активной становится другая форма приложения.

## 7.2. Элементы управления

В приложении элементы управления применяются для получения введенной пользователем информации или для отображения данных из программы. Некоторые элементы управления, например, текстовые поля, кнопки управления и списки, служат для организации работы самого приложения. Другие – позволяют получить доступ к другим приложениям и обрабатывать данные так, как будто удаленное приложение является частью разработанного приложения. Каждый элемент управления имеет собственные свойства, методы и события.

В Visual Basic существует три больших категории элементов управления:

Встроенные элементы управления (intrinsic controls), например, кнопка управления и рамка. Эти элементы содержатся внутри EXE-файла самого VB. Они всегда включены в панель управления.

Элементы управления ActiveX, существующие в виде отдельных файлов. Среди них есть объекты управления (Data List, Data Combo), доступные во всех редакциях VB, а есть такие, которые доступны в специальных версиях.

Внедряемые объекты, например, объект Microsoft Excel Sheet, содержащий список всех служащих компании.

Наиболее часто используемыми ЭУ, расположенными на панели элементов, являются следующие ЭУ (Excel):

Надпись (Label) – вывод не изменяющегося текста, например, заголовков, подписей или пояснений.

Поле (Text Box) – создание области для отображения, ввода или изменения текстовых данных.

Поле со списком (Combo Box) – раскрывающийся список. Для ввода значения можно его ввести или выбрать из раскрывающегося списка.

Список (List Box) – создание списка, допускающего прокрутку, и предназначенного для выбора значения.

Кнопка (Command Button) – создание кнопки, используемой для выполнения процедур.

Переключатель – позволяет выбрать одну из нескольких альтернатив.

Флажок – предоставляет возможность выбора. Флажок обычно имеет два состояния: установлен и сброшен, но может настраиваться на выбор из трех альтернатив.

Выключатель – предоставляет те же возможности, что и флажок, но визуально выглядит как кнопка.

Полоса прокрутки – применяется для задания числовых значений, при этом этот элемент может устанавливать только целые положительные значения.

Счетчик – функционально подобен полосе прокрутки, но без ползунка

Рисунок – используется для отображения графических файлов в формате BMP, CUR, GIF, ICO, IPG и WMF.

## 7.3.Объектная модель MS Excel

Объектная модель MS Excel достаточно сложная [10]. Поэтому рассмотрим основные объекты и семейства этой модели.

Application – активное приложение.

Workbook (Workbooks) – семейство объектов, каждый из которых представляет открытую рабочую книгу.

Worksheet (Worksheets) – семейство объектов, каждый из которых представляет рабочий лист в данной рабочей книге.

Chart (Charts) – семейство объектов, каждый из которых представляет диаграмму в данной рабочей книге. Внедренной в рабочий лист диаграмме соответствует как объект Chart, так и объект ChartObject семейства ChartObjects.

Name (Names) – семейство объектов, каждый из которых является именем объекта, например, именем диапазона.

Style (Styles) – семейство объектов, каждый из которых является встроенным или пользовательским стилем, используемым в рабочей книге.

Window (Windows) – семейство объектов, каждый из которых представляет окно рабочей книги.

WorksheetFunction – объект, являющийся контейнером для функций рабочего листа.

Range – диапазон ячеек. Если в диапазоне указываются только имена столбцов или строк, то объект Range задает диапазон, состоящий только из упомянутых столбцов или строк. Например, Range(“A:C”) задает диапазон, состоящий из столбцов A, B, C, а Range(“2:2”) – из второй строки. Другим способом работы со строками и столбцами являются свойства рабочего листа Rows и Columns, возвращающие семейства строк и столбцов. Например, столбцом A является Columns(1), а второй строкой – Rows(2).

Ячейка – это частный случай диапазона, который состоит из единственной ячейки. Поэтому объект Range позволяет работать как с диапазоном ячеек, так и с одной ячейкой.

Альтернативным способом работы с ячейкой является свойство Cells объекта Worksheet. Например, ячейку A2 как объект можно описать двумя равносильными способами Range(“A2”) и Cells(1,2).

В свою очередь ячейка, возвращаемая свойством Cells, используемым как параметр объекта Range, позволяет записывать диапазон альтернативным способом, который иногда удобен для работы. В качестве примера этой формы записи диапазона приведем следующие две инструкции, возвращающие один и тот же диапазон.

Range(“A2:C3”)

Range(Cells(1, 2), Cells(3, 3))

## 7.4. Программирование доступа к данным

В Access по умолчанию установлена модель данных ADO (ActiveX Data Objects) [11]. Объекты ADO предназначены для организации доступа к источникам данных, их редактирования и обновления. Модель ADO включает в себя объекты, необходимые для выполнения следующих задач:

Соединение с источником данных.

Создание объекта, реализующего команды SQL.

Указание столбцов, таблиц и значений в качестве переменных параметров в команде SQL.

Выполнение команды SQL.

Сохранение результатов выполнения в хеше.

Создание виртуального представления в хеше, чтобы пользователь мог сортировать, фильтровать данные в БД и перемещаться по ней.

Редактирование данных.

Обновление источника данных в соответствии со всеми изменениями сделанными в хеше.

Фиксация или отмена изменений, внесенных в ходе транзакции, и последующее закрытие транзакции.

К классам объектов в модели ADO относятся:

Connection – представляет среду, в которой будет выполняться обмен данными с источником данных. Соединение должно быть установлено до начала выполнения любых других операций.

Command – способ управления источником данных. Можно удалять, добавлять, обновлять и считывать данные из источника.

Parameter – представляет переменные компоненты объекта Command. В командах часто необходимо указывать вспомогательные параметры, уточняющие способ выполнения команд. Параметры являются изменяемыми, так что перед выполнением команд их можно модифицировать

Recordset – служит локальным хешем данных, считанных из источника данных.

Field – представляет столбец таблицы Recordset. Поле содержит свойства, определяющие поле. Пример таких свойств – Type, Value.

Error – возвращает результат всякий раз, когда в приложении возникает ошибка. Каждый объект Connection имеет отдельное семейство объектов Error.

Property – определяет объекты Connection, Command, Field, Recordset. Каждый объект ADO обладает набором свойств, задающим объект и управляющим его поведением.

Collection – служит для объединения сходных объектов в группы.

# 

# **8.** ОХРАНА ТРУДА

## 8.1. Пожарная безопасность

Пожар – это горение вне специального очага, которое не контролируется и может привести к массовому поражению и гибели людей, а также к нанесению экологического, материального и другого вреда.

Горение − это химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением теплоты и света. Для возникновения горения требуется наличие трех факторов: горючего вещества, окислителя и источника загорания. Окислителями могут быть кислород, хлор, фтор, бром, йод, окиси азота и другие. Кроме того, необходимо, чтобы горючее вещество было нагрето до определенной температуры и находилось в определенном количественном соотношении с окислителем, а источник загорания имел определенную энергию.

Наибольшая скорость горения наблюдается в чистом кислороде. При уменьшении содержания кислорода в воздухе горение прекращается. Горение при достаточной и надмерной концентрации окислителя называется полным, а при его нехватке – неполным.

Выделяют три основных вида самоускорения химической реакции при горении: тепловой, цепной и цепочно-тепловой. Тепловой механизм связан с экзотермичностью процесса окисления и возрастанием скорости химической реакции с повышением температуры. Цепное ускорение реакции связано с катализом превращений, которое осуществляют промежуточные продукты превращений. Реальные процессы горения осуществляются, как правило, по комбинированному (цепочно-тепловому) механизму.

Процесс возникновения горения подразделяется на несколько видов.

*Вспышка* − быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

*Возгорание* − возникновение горения под воздействием источника зажигания.

*Воспламенение* − возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

*Самовозгорание* − явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций, приводящее к возникновению горения вещества при отсутствии источника зажигания. Различают несколько видов самовозгорания:

химическое– от воздействия на горючие вещества кислорода, воздуха, воды или взаимодействия веществ;

микробиологическое – происходит при определенной влажности и температуры в растительных продуктах (самовозгорание зерна);

тепловое – вследствие долговременного воздействия незначительных источников тепла.

*Самовоспламенение* − самовозгорание, сопровождается появлением пламени.

*Взрыв* − чрезвычайно быстрое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии с образованием сжатых газов.

Основными показателями пожарной опасности являются температура самовоспламенения и концентрационные пределы воспламенения.

Температура самовоспламенения характеризует минимальную температуру вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

*Температура вспышки* − самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

По этой характеристике горючие жидкости делятся на 2 класса:

жидкости с ***tвсп***< 610 C (бензин, этиловый спирт, ацетон, нитроэмали и т.д.) − легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ);

жидкости с ***tвсп***> 610 C (масло, мазут, формалин и др.) − горючие жидкости (ГЖ).

*Температура воспламенения* − температура горения вещества, при которой оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое горение.

*Температурные пределы воспламенения* − температуры, при которых насыщенные пары вещества образуют в данной окислительной среде концентрации, равные соответственно нижнему и верхнему концентрационным пределам воспламенения жидкостей.

Горючими называются вещества, способные самостоятельно гореть после изъятия источника загорания.

По степени горючести вещества делятся на: горючие (сгораемые), трудногорючие (трудносгораемые) и негорючие (несгораемые).

К горючим относятся такие вещества, которые при воспламенении посторонним источником продолжают гореть и после его удаления.

К трудногорючим относятся такие вещества, которые не способны распространять пламя и горят лишь в месте воздействия источника зажигания.

Негорючими являются вещества, не воспламеняющиеся даже при воздействии достаточно мощных источников зажигания (импульсов).

Горючие вещества могут быть в трех агрегатных состояниях: жидком, твердом и газообразном. Большинство горючих веществ, независимо от агрегатного состояния, при нагревании образует газообразные продукты, которые при смешении с воздухом, содержащим определенное количество кислорода, образуют горючую среду. Горючая среда может образоваться при тонкодисперсном распылении твердых и жидких веществ.

Из горючих газов и пыли образуются горючие смеси при любой температуре, в то время как твердые вещества и жидкости могут образовать горючие смеси только при определенных температурах.

В производственных условиях может иметь место образование смесей горючих газов или паров в любых количественных соотношениях. Однако взрывоопасными эти смеси могут быть только тогда, когда концентрация горючего газа или пара находится между границами воспламеняемых концентраций.

Минимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называющееся *нижним концентрационным пределом воспламенения*.

Максимальная концентрация горючих газов и паров, при которой еще возможно распространение пламени, называется *верхним концентрационным пределом воспламенения.*

Указанные пределы зависят от температуры газов и паров: при увеличении температуры на 100 0С величины нижних пределов воспламенения уменьшаются на 8−10 %, верхних − увеличиваются на 12−15 %.

Пожарная опасность вещества тем больше, чем ниже нижний и выше верхний пределы воспламенения и чем ниже температура самовоспламенения.

Пыли горючих и некоторых не горючих веществ (например, алюминий, цинк) могут в смеси с воздухом образовать горючие концентрации.

Наибольшую опасность по взрыву представляет взвешенная в воздухе пыль. Однако и осевшая на конструкциях пыль представляет опасность не только с точки зрения возникновения пожара, но и вторичного взрыва, вызываемого в результате взвихривания пыли при первичном взрыве.

Минимальная концентрация пыли в воздухе, при которой происходит ее загорание, называется *нижним пределом воспламенения пыли*.

Поскольку достижение очень больших концентраций пыли во взвешенном состоянии практически нереально, термин "верхний предел воспламенения" к пылям не применяется.

Воспламенение жидкости может произойти только в том случае, если над ее поверхностью имеется смесь паров с воздухом в определенном количественном соотношении, соответствующим нижнему температурному пределу воспламенения.

## 8.2. Оценка пожарной опасности промышленных предприятий

В соответствии со СНиП 2−2−80 все производства делят по пожарной, взрывной и взрывопожарной опасности на 6 категорий.

**А** − взрывопожароопасные: производства, в которых применяют горючие газы с нижним пределом воспламенения 10% и ниже, жидкости с ***tвсп***≤ 280 C при условии, что газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения, а также вещества, которые способны взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом (окрасочные цехи, цехи с наличием горючих газов и тому подобное).

**Б** − взрывопожароопасные: производства, в которых применяют горючие газы с нижним пределом воспламенения выше 10%; жидкости ***tвсп***=28...610С включительно; горючие пыли и волокна, нижний концентрационный предел воспламенения которых 65 Г/м3 и ниже, при условии, что газы и жидкости могут образовывать взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5 % объема помещения (аммиак, древесная пыль).

**В** − пожароопасные: производства, в которых применяются горючие жидкости с ***tвсп***> 610С и горючие пыли или волокна с нижним пределом воспламенения более 65 Г/м3, твердые сгораемые материалы, способные гореть, но не взрываться в контакте с воздухом, водой или друг с другом.

**Г** − производства, в которых используются негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, а также твердые вещества, жидкости или газы, которые сжигаются в качестве топлива.

**Д** − производства, в которых обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии (цехи холодной обработки материалов и так далее).

**Е** − взрывоопасные: производства, в которых применяют взрывоопасные вещества (горючие газы без жидкостной фазы и взрывоопасные пыли) в таком количестве, при котором могут образовываться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения, и в котором по условиям технологического процесса возможен только взрыв (без последующего горения); вещества, способные взрываться (без последующего горения) при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом.

Правила устройства электроустановок ПУЭ регламентируют устройство электрооборудования в промышленных помещениях и для наружных технологических установок на основе классификации взрывоопасных зон и смесей.

Зона класса В−I. Помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси паров и газов с воздухом при нормальных условиях работы (слив ЛВЖ в открытые сосуды).

Зона класса В−а. Взрывоопасные смеси не образуются при нормальных условиях эксплуатации оборудования, но могут образоваться при авариях и неисправностях.

Зона класса В−б:

а) помещения, в которых находятся горючие газы и пары с высоким нижним пределом воспламенения (15 % и более) с резким запахом (аммиак);

б) помещения, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси в объеме, превышающем 5% объема помещения.

Зона класса В−в. Наружные установки, в которых находятся взрывоопасные газы, пары и ЛВЖ.

Зона класса В−. Обработка горючих пылей и волокон, которые могут образовать взрывоопасные смеси при нормальном режиме работы.

Зона класса В−а. В− при авариях или неисправностях.

Помещения и установки, в которых содержатся ГЖ и горючие пыли с нижним концентрационным пределом выше 65 Г/м3, относят к пожароопасным и классифицируют.

Зона класса П − . Помещения, в которых содержатся ГЖ.

Зона класса П − . Помещения, в которых содержатся горючие пыли с нижним концентрационным пределом выше 65 Г/м3.

Зона класса П − а. Помещения, в которых содержатся твердые горючие вещества, не способные переходить во взвешенное состояние.

Установки класса П − . Наружные установки, в которых содержатся ГЖ (***tвосп*** > 610С) и твердые горючие вещества.

## 8.3. Расчет защитного зануления

Защитное зануление – это присоединение металлических нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением, к глухозаземленной нейтральной точке источника.

Назначение защитного зануления такое же, как и защитного заземления: устранить опасность поражения людей током при пробое на корпус. Решается эта задача автоматическим отключением поврежденной установки от электрической сети.

Принцип действия зануления – превращение пробоя на корпус в однофазное короткое замыкание с целью вызвать ток большой силы, способный обеспечить срабатывание защиты и тем самым автоматически отключить поврежденную установку от питающей сети. Такой защитой служат:

- плавкие предохранители или максимальные автоматы, устанавливаемые для защиты от токов короткого замыкания;

- магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой;

- контакторы с тепловыми реле и другие приборы.

При пробое фазы на корпус ток идет по пути: корпус – нулевой провод – обмотки трансформатора – фазный провод – предохранители; ввиду того, что сопротивление при коротком замыкании мало, сила тока достигает больших величин и предохранители срабатывают.

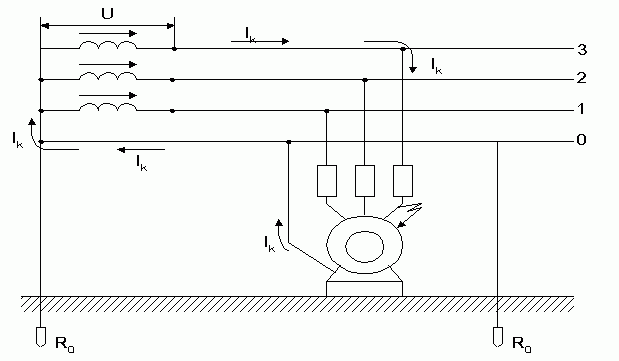
Защитное зануление применяется в трехфазных четырехпроводных электрических сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью. Такие сети обычно напряжением 380/220 и 220/127 В широко применяются в машиностроительной промышленности.

Назначение нулевого провода в электрической сети – обеспечить необходимую для отключения электроустановки величину тока короткого замыкания путем создания для этого тока цепи с малым сопротивлением.

При расчете для питания измерительных приборов и устройства на рабочем месте используется сеть переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

В сети с глухозаземленной нейтралью при однофазном замыкании на корпус необходимо обеспечить автоматическое отключение поврежденного электрооборудования. При кратковременном аварийном режиме создается безопасность обслуживания и сохранность электрооборудования. Однако кратковременность может быть обеспечена только созданием определенной кратности тока короткого замыкания на корпус по отношению к номинальному току защитного аппарата. Этого можно добиться только прокладкой специального провода достаточной проводимости - нулевого провода, к которому присоединяются корпуса электрооборудования.

Рисунок 8. Схема защитного зануления электрического двигателя.



Iкз => k\*Iном ,

где - коэффициент кратности номинального тока Iном (А) плавкой вставки предохранителя, k=3.

Номинальным током плавкой вставки Iном называется ток, значение которого указано непосредственно на вставке заводом-изготовителем. Номинальный ток Iном в помещении 40 А. Значение Iкз зависит от фазного напряжения сети и сопротивления цепи, в том числе от полного сопротивления трансформатора Zт, фазного проводника Zф, нулевого защитного проводника Zнз, внешнего индуктивного сопротивления петли "фазный провод - нулевой защитный провод" (петли "фаза-нуль") Xп, активного сопротивления заземлений нейтрали обмоток трансформатора Rо и повторного заземления нулевого защитного проводника Rп. Поскольку Rо и Rп, как правило, больше по сравнению с другими сопротивлениями, ими можно пренебречь.

Выражение для Iкз будет иметь вид:

,

где Zп = Zф + Zнз + Xп - комплексное полное сопротивление петли "фаза-нуль".

Удельное сопротивление фазного провода:

p = 0,028 (Ом\*мм2)/м , Sсеч = 25 мм2,

отсюда сопротивление фазного провода:

rф = р \* (Lф / Sф) = 0,028 \* 300 / 25 = 0,336 Ом.

Удельное сопротивление нулевого провода:

p = 0,058 (Ом\*мм2)/м , Sсеч = 50 (мм2 ),

отсюда сопротивление нулевого провода :

Rнз = p \* (L / S) = 0,058 \* 300 / 50 = 0,348(Ом).

Значения Xф и Xнз малы, ими можно пренебречь.

Значение Xп можно определить по формуле :



где k = 0,3894,

dср - расстояние между проводниками,

dф - геометрический диаметр.

Расчеты дают значение Xп = 0,556 Ом.

Сопротивление электрической дуги берем равным

rд = 0,02 (Ом), Xд = 0.

В соответствии с мощностью трансформатора

rт = 0,0044 (Ом), Xт = 0,0127 (Ом)

Полное сопротивление петли "фаза-нуль" :

Zп =

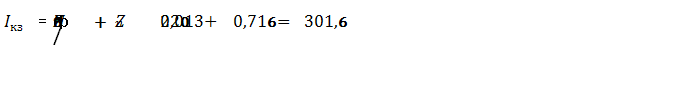
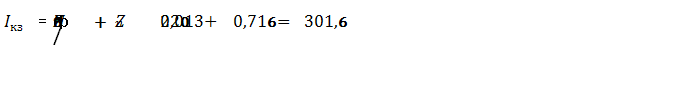


Zп = 0,716 (Ом).

При использовании зануления по требованиям ПУЭ (правила устройства электроустановок)

Rнз/Rф = 0,348/0,336 < 2 , следовательно, ПУЭ выполняется.

.



При попадании фазы на зануленный корпус электроустановки должно произойти автоматическое отключение.

Iкз => k\*Iном

301,6 => 3\*40 = 120

Защитное зануление выполнено правильно, следовательно, отключающая способность системы обеспечена.

Определим напряжение прикосновения и ток через человека до срабатывания защиты:

Uпр = Iкзh \* Rh

Rнп ф

Zт/3

Uф

Zнп

.

Zh

ro

Zпз

Рисунок 9. Схема замещения.

Rпз = 0,348 (Ом), Rнп = 10 (Ом), Rо = 4 (Ом)

Rh = 1 (кОм)

Uпр = 29,9 (В)

Такое напряжение безопасно для человека при времени воздействия:

Предельно допустимое время пребывания человека под действием электрического тока:

(c).

В качестве прибора защитного отключения можно выбрать автоматический выключатель, рассчитанный на Iном = 40 А и tср = 0,3 (с) при Iкз = 301 (А).

(с)



Это должно обеспечить надежную защиту, при этом должно выполняться:



Что удовлетворяет требованиям к безопасности.

# 9. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 9.1. Влияние шума на производительность труда

Шум, вибрация и ультразвук объединяются общим принципом их образования: все они являются результатом колебания тел, передаваемого непосредственно или через газообразные, жидкие и твердые среды. Отличаются они друг от друга лишь по частоте этих колебаний и различным восприятием их человеком.

Колебания с частотой от 20 до 20000 гц, передаваемые через газообразную среду, называются звуками и воспринимаются органами слуха человека как звуки; беспорядочное сочетание таких звуков составляет шум. Колебания ниже 20 гц называются инфразвуками, а выше 20000 гц — ультразвуками; они органами слуха человека не воспринимаются, однако оказывают на него влияние. Некоторые же животные, например собаки, воспринимают на слух более высокие колебания, то есть ультразвук.

Колебания твердых тел или передаваемые через твердые тела (машины, строительные конструкции и т. п.) называются вибрацией. Вибрация воспринимается человеком как сотрясение при общей вибрации с частотой от 1 до 100 гц, а при локальной (местной)— от 10 до 1000 гц (например, при работе с виброинструментом).

Четких границ между шумом, ультразвуком и вибрацией не существует, поэтому на пограничных частотах обычно имеет место воздействие на человека двух, а иногда и всех трех вышеуказанных факторов.

Шум и его влияние на организм

Шум представляет собой беспорядочное сочетание разнообразных звуков, поэтому для понимания физических основ образования и распространения шума, его восприятия человеком и влияния на организм следует рассматривать звук как составную часть всякого шума, включая и производственный.

Колебания источника звука производят попеременное сжатие и разрежение воздуха, образуя волнообразное колебание его, распространяющееся от источника звука во все стороны в виде увеличивающихся в объеме сфер. Это называется распространением звуковой волны. По мере израсходования на колебание воздуха сообщенной источником энергии звуковая волна постепенно затухает, поэтому чем больше энергия источника звука, тем с большей силой происходят колебания воздуха и дальше распространяется звуковая волна. От величины энергии источника звука зависит сила звука, оцениваемая звуковым давлением, которое измеряется в ньютонах на квадратный метр (Н/м2).

Звуковые волны, встретив на пути распространения любые поверхности (твердые, жидкие), передают им эти колебания. Подобным препятствием звуковой волне может служить и орган слуха, который состоит у человека из ушной раковины со слуховым проходом (наружное ухо), барабанной перепонки, соединенной с системой слуховых косточек (среднее ухо), и так называемого кортнева органа с окончаниями слухового нерва (внутреннее ухо). Звуковая волна вызывает колебания барабанной перепонки, которые, приводя в движение систёму косточек среднего уха, передаются окончаниям (рецепторам) слухового нерва, вызывая в них соответствующие нервные импульсы, посылаемые в головной мозг. Более интенсивный звук, то есть с большей энергией колебаний, воспринимается как громкий, менее интенсивный — как тихий.

Установлено, что орган слуха человека воспринимает разность изменения звукового давления в виде кратности этого изменения, поэтому для измерения интенсивности шума используют логарифмическую шкалу в децибелах относительно порога слышимости (минимальное звуковое давление, воспринимаемое органом слуха) человека с нормальным слухом. Эта величина, равная 2\*10-5 ньютон на 1 м2, принята за 1 децибел (дБ).

При повышении интенсивности звука создаваемое в звуковой волной давление на барабанную перепонку на определенном уровне может вызывать болевые ощущения. Такая интенсивность звука называется порогом болевых ощущений и находится в пределах 130 дБ.

Звуковая часть колебательного спектра, как сказано выше, имеет огромный диапазон частот — от 20 до 20000 гц. Звуки различных частот даже при одинаковой их интенсивности воспринимаются по-разному. Низкочастотные звуки воспринимаются как относительно тихие; по мере увеличения частоты увеличивается громкость восприятия, но, приближаясь к высокочастотным колебаниям, и особенно к верхней границе звуковой части спектра, громкость восприятия снова падает. Наиболее хорошо ухо человека воспринимает колебания в пределах 500 — 4000 гц.

Учитывая эти особенности восприятия, для характеристики звука или шума в целом надо знать не только его интенсивность, но и спектр, то есть частоту колебаний звуковой волны.

В условиях производства, как правило, имеют место шумы различной интенсивности и спектра, которые создаются в результате работы разнообразных механизмов, агрегатов и других устройств. Они образуются вследствие быстрых вращательных движений, скольжения (трения), одиночных или повторяющихся ударов, вибрации инструментов и отдельных деталей машин, завихрений сильных воздушных или газовых потоков и т. д. Шум имеет в своем составе различные частоты, и все же каждый шум можно охарактеризовать преобладанием тех или иных частот. Условно принято весь спектр шумов делить на

низкочастотные — с частотой колебаний до 350 гц,

среднечастотные — от 350 до 800 гц

высокочастотные — свыше 800 гц.

К низкочастотным относятся шумы тихоходных агрегатов неударного действия, шумы, проникающие сквозь звукоизолирующие преграды (стены, перекрытия, кожухи), и т. п.; к среднечастотным относятся шумы большинства машин, агрегатов, станков и других движущихся устройств неударного действия; к высокочастотным относятся шипящие, свистящие, звенящие шумы, характерные для машин и агрегатов, работающих на больших скоростях ударного действия, создающих сильные потоки воздуха или газов, и т. п.

Производственный шум различной интенсивности и спектра (частоты), длительно воздействуя на работающих, может привести со временем к понижению остроты слуха у последних, а иногда и к развитию профессиональной глухоты. Такое неблагоприятное действие шума связано с длительным и чрезмерным раздражением нервных окончаний слухового нерва во внутреннем ухе (кортиевом органе), в результате чего в них возникает переутомление, а затем и частичное разрушение. Исследованиями установлено, что чем выше частотный состав шумов, чем они интенсивнее и продолжительнее, тем быстрее и сильнее оказывают неблагоприятное действие на орган слуха. При чрезмерно интенсивных высокочастотных шумах, если не будут проведены необходимые защитные мероприятия, возможно поражение не только нервных, окончаний, но и костной структуры улитки, кортиева органа и иногда даже среднего уха.

Помимо местного действия на орган слуха, шум оказывает и общее действие на организм работающих. Шум является внешним раздражителем, который воспринимается и анализируется корой головного мозга, в результате чего при интенсивном и длительно действующем шуме наступает перенапряжение центральной нервной системы, распространяющееся не только на специфические слуховые центры, но и на другие отделы головного мозга. Вследствие этого нарушается координирующая деятельность центральной нервной системы, что, в свою очередь, ведет к расстройству функций внутренних органов и систем. Например, у рабочих, длительное время подвергавшихся воздействию интенсивного шума, особенно высокочастотного, отмечаются жалобы на головные боли, головокружение, шум в ушах, а при медицинских обследованиях выявляются язвенная болезнь, гипертония, гастриты и другие хронические заболевания.

Прежде всего необходимо обратить внимание на технологический процесс и оборудование, по возможности заменить операции, сопровождающиеся шумом или вибрацией, другими. В ряде случаев можно заменить ковку металла его штамповкой, клепку и чеканку — прессованием или электросваркой, наждачную зачистку металла— огневой, распиловку циркулярными пилами — резанием специальными ножницами и т. д. Необходимо следить, чтобы при такой замене не создавались какие-либо дополнительные вредности, которые могут оказывать на работающих более неблагоприятное действие, чем шум и вибрация.

Устранение или сокращение шума и вибрации от вращающихся или двигающихся узлов и агрегатов достигается, прежде всего, путем точной подгонки всех деталей и отладки их работы (уменьшение до минимума допусков между соединяющимися деталями, устранение перекосов, балансировка, своевременная смазка и т. п.). Под вращающиеся или вибрирующие машины или отдельные узлы (между соударяющимися деталями) следует прокладывать пружины или амортизирующий материал (резина, войлок, пробка, мягкие пластики и т. п.). В тех случаях, где допустимо по техническим условиям, целесообразно заменить подшипники качения на подшипники скольжения, плоскоременные передачи со вшивным ремнем — на клиновидные, редукторные передачи – на безредукторные, детали и узлы с возвратно-поступательными движениями — на вращательные.

Не рекомендуется вращающиеся части машины (колеса, шестерни, валы и т. п.) размещать с одной ее стороны: это усложняет балансировку и приводит к вибрации. Вибрирующие большие поверхности, создающие шум (дребезжащие), такие, как кожухи, перекрытия, крышки, стенки котлов и цистерн при их .клепке или зачистке, галтовочные барабаны и т. п., следует более плотно соединять с неподвижными частями (основаниями), укладывать на амортизирующие подкладки или обтягивать подобным материалом сверху.

Для предупреждения завихрений воздушных или газовых потоков, создающих высокочастотные шумы, необходимо тщательно монтировать газовые и воздушные коммуникации и аппараты, особенно находящиеся под большим давлением, избегая шероховатостей внутренних поверхностей, выступающих частей, резких поворотов, неплотностей и т. п. Для выпуска сжатого воздуха или газа следует использовать не простые краны, а специальные задвижки типа Лудло. Давление воздуха или газа в системах нельзя повышать выше величин, необходимых для данного технологического процесса, для чего желательно устанавливать ограничители давления. Окружная скорость турбин вентиляторов и других вращающихся частей оборудования, увлекающих за собой воздушные потоки, не должна превышать 35 — 40 м/сек. Соединения вентиляторов с воздуховодами, а в ряде случаев газовых и воздушных коммуникаций целесообразно производить мягкими переходами (резиновые, брезентовые рукава, резиновые прокладки на фланцах и т. п.). На выхлопах пневматических установок оборудуются шумоглушители.

Немаловажную роль в борьбе с шумом и вибрацией играют архитектурно-строительные и планировочные решения при проектировании и строительстве промышленных зданий. Прежде всего, необходимо наиболее шумящее и вибрирующее оборудование вынести за пределы производственных помещений, где находятся рабочие; если это оборудование требует постоянного или частого периодического наблюдения, на участке его размещения оборудуются звукоизолированные будки или комнаты для обслуживающего персонала.

Помещения с шумящим и вибрирующим оборудованием надо как можно лучше изолировать от остальных рабочих участков. Аналогичным образом целесообразно изолировать между собой и помещения или участки с шумами разной интенсивности и спектра. Стены и потолки в шумных помещениях покрываются звукопоглощающими материалами, акустической штукатуркой, мягкими драпировками, перфорированными панелями с подкладкой из шлаковаты и др.

Мощные машины и другое оборудование вращательного или ударного действия устанавливаются в нижнем этаже на специальном фундаменте, полностью отделенном от основного фундамента здания, а также пола и опорных конструкций. Подобное оборудование меньшей мощности устанавливается на несущих конструкциях здания с прокладками из амортизирующих материалов или на консолях, крепящихся на капитальных стенах. Оборудование, создающее шум, укрывается кожухами или заключается в изолированные кабины с звукопоглощающими покрытиями. Звукоизолируются также газовые или воздушные коммуникации, по которым может распространяться шум (от компрессоров, пневмоприводов, вентиляторов и т. п.).

В качестве индивидуальных защитных средств при работе в шумных помещениях используются различные противошумы (антифоны). Они изготовляются либо в виде вставляемых в наружный слуховой проход вкладышей из мягких звукопоглощающих материалов, либо в виде наушников, надеваемых на ушную раковину.

При работе в условиях воздействия общей вибрации под ноги рабочему ставится специальная виброгасящая (амортизирующая) площадка. При воздействии местной вибрации (чаще на руки) рукоятки и другие вибрирующие части машин и инструмента (например, пневмомолоток), соприкасающиеся с телом рабочего, покрываются резиной или другим мягким материалом. Виброгасящую роль играют и рукавицы. Мероприятия по борьбе с вибрацией предусматриваются не только при непосредственной работе с вибрирующими инструментами, машинами или другим оборудованием, но и при соприкосновении с деталями и инструментами, на которые распространяется вибрация от основного источника.

Необходимо организовать трудовой процесс таким образом, чтобы операции, сопровождающиеся шумом или вибрацией, чередовались с другими работами без этих факторов. Если организовать такое чередование невозможно, нужно предусматривать периодические кратковременные перерывы в работе с отключением шумящего или вибрирующего оборудования или удалением рабочих в другое помещение. Следует избегать значительных физических нагрузок, особенно статических напряжений, а также охлаждения рук и всего тела; во время перерывов обязательно делать физкультурные упражнения (физкультпаузы).

При приеме на работу, связанную с возможным воздействием шума или вибрации, проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры, а в процессе работы — периодические медосмотры раз в год.

## 9.2. Микроклимат в рабочей зоне

Микроклимат производственных помещений определяется сочетанием температуры, влажности, подвижности воздуха, температуры окружающих поверхностей и их тепловым излучением. Параметры микроклимата определяют теплообмен организма человека и оказывают существенное влияние на функциональное состояние различных систем организма, самочувствие, работоспособность и здоровье.

Температура в производственных помещениях является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия производственной среды.

Высокие температуры оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека. Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем - ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляются реакции и т.д.

Длительное воздействие высокой температуры, особенно в сочетании с повышенной влажностью, может привести к значительному накоплению тепла в организме (гипертермии). При гипертермии наблюдается головная боль, тошнота, рвота, временами судороги, падение артериального давления, потеря сознания.

Действие теплового излучения на организм имеет ряд особенностей, одной из которых является способность инфракрасных лучей различной длины проникать на различную глубину и поглощаться соответствующими тканями, оказывая тепловое действие, что приводит к повышению температуры кожи, увеличению частоты пульса, изменению обмена веществ и артериального давления, заболеванию глаз.

При воздействии на организм человека отрицательных температур наблюдается сужение сосудов пальцев рук и ног, кожи лица, изменяется обмен веществ. Низкие температуры воздействуют также и на внутренние органы, и длительное воздействие этих температур приводит к их устойчивым заболеваниям.

Параметры микроклимата производственных помещений зависят от теплофизических особенностей технологического процесса, климата, сезона года, условий отопления и вентиляции.

Тепловое излучение (инфракрасное излучение) представляет собой невидимое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,76 до 540 нм, обладающее волновыми, квантовыми свойствами. Интенсивность теплоизлучения измеряется в Вт/м2. Инфракрасные лучи, проходя через воздух, его не нагревают, но поглотившись твердыми телами, лучистая энергия переходит в тепловую, вызывая их нагревание. Источником инфракрасного излучения является любое нагретое тело.

Метеорологические условия для рабочей зоны производственных помещений регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" и Санитарными нормами микроклимата производственных помещений (СН 4088-86).  
В рабочей зоне должны обеспечиваться параметры микроклимата, соответствующие оптимальным и допустимым значениям.

Борьба с неблагоприятным влиянием производственного микроклимата осуществляется с использованием технологических, санитарно-технических и медико-профилактических мероприятий.

В профилактике вредного влияния высоких температур инфракрасного излучения ведущая роль принадлежит технологическим мероприятиям: замена старых и внедрение новых технологических процессов и оборудования, автоматизация и механизация процессов, дистанционное управление.

К группе санитарно-технических мероприятий относятся средства локализации тепловыделений и теплоизоляции, направленные на снижение интенсивности теплового излучения и тепловыделений от оборудования.

Эффективными средствами снижения тепловыделений являются: покрытие нагревающихся поверхностей и парогазотрубопроводов теплоизоляционными материалами (стекловата, асбестовая мастика, асботермит и др.); герметизация оборудования; применение отражательных, теплопоглотительных и теплоотводящих экранов; устройство вентиляционных систем; использование индивидуальных средств защиты. К медико-профилактическим мероприятиям относятся: организация рационального режима труда и отдыха; обеспечение питьевого режима; повышение устойчивости к высоким температурам путем использования фармакологических средств (прием дибазола, аскорбиновой кислоты, глюкозы), вдыхания кислорода; прохождение предварительных при поступлении на работу и периодических медицинских осмотров.

Мероприятия по профилактике неблагоприятного воздействия холода должны предусматривать задержку тепла - предупреждение выхолаживания производственных помещений, подбор рациональных режимов труда и отдыха, использование средств индивидуальной защиты, а также мероприятия по повышению защитных сил организма.

## 9.3. Влияние влажности на работоспособность человека

Влияние температуры, влажности воздуха и его состава на организм человека и на его работоспособность очень велико. Человеческий организм сохраняет нормальную температуру тела, регулируя теплоотдачу в зависимости от температуры окружающей среды. При выполнении какой бы то ни было работы человек отдает определенное количество тепла в окружающую среду. В среднем при нормальной температуре тела (36 — 37° С) и при выполнении работы средней тяжести человек отдает за сутки около 2500 ккал. При более или менее напряженной работе и при колебаниях температуры воздуха теплопотери человеческого организма также колеблются.

Человеческий организм плохо переносит сильную жару, большие морозы, так как при этом нарушается способность регулирования теплоотдачи. При высокой температуре воздуха повышается температура тела, увеличивается теплоотдача, начинается выделение пота. Это влечет за собой потерю солей, витаминов, белковых веществ организмом, повышение утомляемости работающего и снижение производительности труда. Человек наиболее хорошо себя чувствует и обладает наибольшей работоспособностью, когда он ведет работу при температуре окружающего воздуха в пределах 12 — 22° С и относительной влажности 40 — 60%. На организм человека влияет также и скорость движения воздуха; наиболее благоприятна скорость 0,1 — 0,2 м/с.

Для различных условий производства и разной по интенсивности работы необходимо иметь и разные условия внешней среды: температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха. Эти показатели для производственных помещений регламентируются санитарными нормами проектирования (СН 245 — 71).

Относительная влажность нормами устанавливается в пределах от 50 до 60%; в теплое время при температуре 24° С допускается увеличение относительной влажности до 75%. Средняя скорость движения воздуха в производственных помещениях нормируется в пределах 0,2 — 0,5 м/с в холодные и переходные периоды и от 0,5 до 1,5 м/с в теплый период года. В зоне некоторых рабочих мест, особенно в кабинах кранов, экскаваторов, работающие подвергаются воздействию тепловых излучений, интенсивность которых зависит от температуры нагретых поверхностей машин, оборудования.

Если на рабочем месте выделение лучистого тепла составляет от 0,25 до 1 кал/см2 мин, необходимо обеспечить скорость движения воздуха не менее 0,3 м/с при общей вентиляции и в пределах от 0,7 до 2 м/с при местных вентиляционных установках, определяя необходимую величину соответствующим расчетом. Для нормальной деятельности организма человека необходимо, чтобы воздух в рабочих помещениях был по составу близок к атмосферному, в котором содержится кислорода 20,96%, азота 78%, углекислоты 0,03% и остальное количество — инертные газы (аргон, неон и пр.).

При снижении процентного содержания кислорода в воздухе до 17% у работающего начинается сердцебиение, появляется одышка; при большем снижении (до 13 — 14%) может наступить обморочное состояние, а иногда и смерть от кислородного голода.

Атмосферный воздух, попадая в производственные помещения, может в них изменять свой состав, температуру, влажность, получать примеси окиси углерода и других вредных газов и паров, образующихся в процессе работ. Все это может привести к снижению работоспособности, ухудшению здоровья рабочего, а иногда и к отравлению. Допустимое количество вредных паров и газов в воздухе производственных помещений также определено санитарными нормами проектирования.

В тех случаях, когда воздух в производственных помещениях по составу, влажности и температуре не соответствует санитарным нормам, устраивают приточно-вытяжную вентиляцию. Обмен воздуха должен быть такой кратности, которая позволила бы получить в рабочих помещениях воздух чистый, с нормальным содержанием кислорода и других газов, а также необходимой температуры. Подавать воздух следует с такими скоростями, которые не могли бы вызвать простуду или другие заболевания работающих. Подаваемый воздух должен иметь необходимую влажность. Температура воздуха, подаваемого и находящегося в помещении, не должна иметь большого перепада.

# 10. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НА ЭВМ

Для проверки работы разработанных программных средств использовался тестовый пример. В качестве тетового примера рассматривались результаты спортсмена на тренировке и соревнованих

Последвательность действий пользователя следующая:

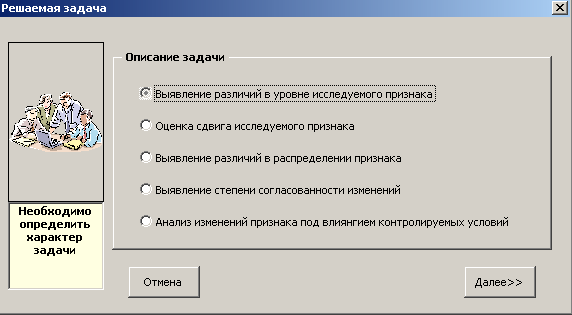


Рисунок 10. Выбор типа задачи

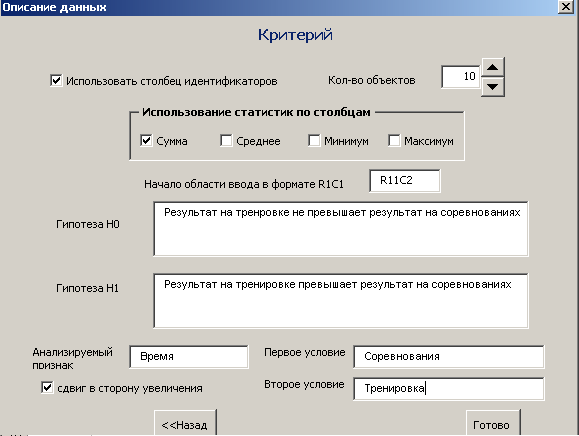


Рисунок 11. Организация ввода данных

Далее призводится ввод информации на листе Excel

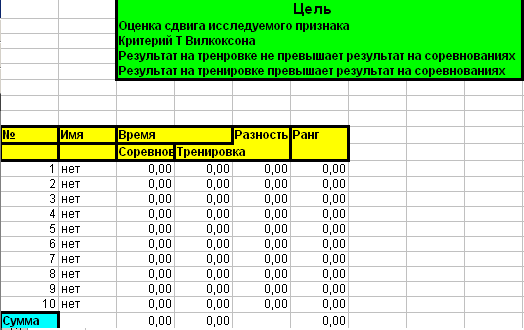


Рисунок 12. Шаблон для ввода данных

После заполнения таблицы исходными данными



Рисунок13. Введенные данные

Производятся вычисления. Результаты приводятся на следующем рисунке.

Рисунок 14. Результаты расчета

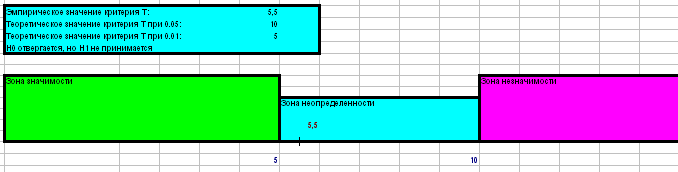


Рисунок15 Графическое представление результатов

Результаты, полученные на основании тестового примера, показали работоспособность разработанного в дипломном проекте приложения.

# 

# Заключение

В данной работе рассмотрены основные аспекты использования непараметрических критериев для анализа данных. Особенностью использования таких критериев является то, что они достаточно надежно работают при небольших объемах информации, поэтому их целесообразно использовать на начальных стадиях проектирования.

В результате выполнения дипломного проекта получены следующие результаты:

выбраны методы анализа данных,

разработаны программные средства анализа на основе непараметрических критериев.

# Литература

1. Малюх В. Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. — М.: ДМК Пресс, 2010.
2. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009.
3. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций = Operations Research: An Introduction. — М.: [Вильямс](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC%D1%81_(%D0%B8%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)&action=edit&redlink=1), 2007.
4. Грешилов А. А. Математические методы принятия решений. — М.: [МГТУ им. Н.Э. Баумана](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9C%D0%93%D0%A2%D0%A3_%D0%B8%D0%BC._%D0%9D.%D0%AD._%D0%91%D0%B0%D1%83%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0_(%D0%B8%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)&action=edit&redlink=1), 2006.
5. Кобзарь А. И*.* Прикладная математическая статистика. Справочник для инженеров и научных работников. — М.: Физматлит, 2006.
6. Холлендер М., Вульф Д. А. Непараметрические методы статистики. М., 1983
7. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М., 2000.
8. А.В. Лотов, И.И.Поспелова «Многокритериальные задачи принятия решений»: Учебное пособие. – М.: Макс Пресс, 2008. с.9
9. Ногин В.Д. Использование количественной информации об относительной важности критериев в принятии решений.// «Научно-технические ведомости СПбГТУ», 2000, №2
10. Элисон Балтер Microsoft Office Access 2007: профессиональное программирование . — М.: [«Вильямс»](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC%D1%81_(%D0%B8%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)&action=edit&redlink=1), 2008.
11. Уокенбах Джон. Microsoft Office Excel 2007. Библия пользователя. -М.: "Вильямс", 2008.
12. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96
13. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03
14. <http://www.humeco.org.ua/articles/public4.doc>
15. <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1171833&s>=
16. <http://www.carfree.org.ru/problems/gorsreda>