МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ИННОВАЦИОННЫЙ ЕВРАЗИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МАГИСТРАТУРА

Кафедра «Информатики и вычислительной техники»

Магистерская диссертация

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ 6N0703 «Информационные системы»

Исполнитель		Яковец В.А.
	(подпись, дата)	

Научный руководитель

к.т.н., профессор _____

Деревягин С.И.

(подпись, дата)

Допущена к защите:

Зав. кафедрой «ИВТ» к.т.н., профессор _____

____ Деревягин С.И.

(подпись, дата)

Павлодар, 2007

АҢДАТПА

Тақырыпқа магистірлік диссертация көлемінде «Эксперттік жүйелердің өңдеуі факторлық талдау көп тап осылардың» талдау өткізілген бар болу проблемалардың математикалық облыста эксперттік жүйелердің енгізу жол статистиктер. Visual Basic for Applications (VBA) құралдарының қолдануымен бағдарламалық модуль өңделген, эксперттік жүйе деңгейіне дейін MS Excel бағдарламалары мүмкіншіліктер кеңейтеді. Өңдеу ғылыми жаңалық - мынау біріктіру мақсатпен эксперттік жүйе жасаулары өткізу теориялық негізді әдістемелері дисперсиялық талдау өңдеуі факторлық және замандас аспаптық құралдың бағдарламалық қамтамасыз ету өңдеулері. Практикалық маңыздылық мынау қолдану мүмкіншілігі өңдеу ғылыми, теориялық негізді әдістерінің акырғы пайдаланушыларымен және талдаудың тап осы, іске асырылғандардың эксперттік жүйеде. Жұмыста өңделген эксперттік жүйе практикалық мақұлдауының үлгі келтірілген.

.

АННОТАЦИЯ

В рамках магистерской диссертации на тему «Разработка экспертных систем многофакторного анализа данных» проведен анализ существующих проблем на пути внедрения экспертных систем в области математической статистики. Раскрыты теоретические основы И определена методика проведения многофакторного дисперсионного анализа. С использованием средств Visual Basic for Applications (VBA) разработан программный модуль, который расширяет возможности программы MS Excel до уровня экспертной системы. Научная новизна разработки – это объединение с целью создания экспертной системы теоретически обоснованной методики проведения многофакторного дисперсионного анализа и современных инструментальных средства разработки программного обеспечения. Практическая значимость - это возможность использования конечными пользователями научных, теоретически обоснованных методов обработки и анализа данных, реализованных в экспертной системе. В работе приведен пример практической апробации разработанной экспертной системы.

THE SUMMARY

In frameworks dissertations on a theme «Development of expert systems of the multifactorial analysis of the data» the analysis of existing problems on a way of introduction of expert systems is lead in the field of mathematical statistics. Theoretical bases are opened and the technique of carrying out of the multifactorial dispersive analysis is determined. With use of means Visual Basic for Applications (VBA) the program module which expands opportunities of program MS Excel to a level of expert system is developed. Scientific novelty of development is an association with the purpose of creation of expert system of theoretically proved technique of carrying out of the multifactorial dispersive analysis and modern tool means of development of the software. The practical importance is an opportunity of use by end users of the action in expert system. In work the example of practical approbation of the developed expert system is resulted.

ΡΕΦΕΡΑΤ

В диссертации представлен процесс создания экспертной системы в узкой предметной области математической статистики - многофакторном анализе данных. Разработка экспертной системы опирается на теоретические основы математической статистики. В качестве методики проведения многофакторного анализа используется методика проведения многофакторного дисперсионного анализа. В качестве инструментальной среды разработки экспертной системы выбрана программа Excel из пакета Microsoft Office. С помощью встроенных в MS Excel средств Visual Basic for Applications (VBA), функциональная часть программы Excel значительно расширена. Это позволило реализовать полноценный алгоритм расчетов, применяемых при проведении многофакторного анализа данных.

В ходе программной реализации алгоритмов разработана самостоятельная программа в формате MS Excel, с интерфейсом, позволяющим использовать ее для выполнения расчетов в различных областях научной и экономической деятельности. Алгоритм работы программы полностью воспроизводит действия эксперта, при проведении многофакторного анализа данных. Экспертная система выполнена в виде файла формата MS Excel, который может использоваться как самостоятельно, так и в качестве встраиваемой компоненты при разработке более сложных экспертных систем.

Научная новизна разработки – это объединение с целью создания экспертной системы теоретически обоснованной методики проведения многофакторного дисперсионного анализа и современных инструментальных средства разработки программного обеспечения. Практическая значимость - это возможность использования конечными пользователями научных, теоретически обоснованных методов обработки и анализа данных, реализованных в экспертной системе.

Магистерская диссертация выполнена в объеме 112 страниц, включающих два приложения, четыре таблицы, семь рисунков и 34 формулы, которые раскрывают теоретические основы многофакторного анализа.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	7
1	ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ.	9
1.1	Основные понятия экспертных систем.	9
1.2	Проблемы развития и применения экспертных систем.	14
2	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА	21
2.1	Основные понятия дисперсионного анализа	22
2.2	Однофакторный дисперсионный анализ	25
2.3	Многофакторный дисперсионный анализ	33
3	РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ МНОГОФАКТОРНОГО	
	АНАЛИЗА	38
3.1	Выбор инструментальных средств разработки экспертной системы	38
3.2	Особенность разработки экспертной системы в программе Microsoft	
	Excel	44
3.3	Основные понятия VBA, применяемые при разработке экспертной	
	системы многофакторного анализа в Microsoft Excel	46
3.4	Разработка экспертной системы в программе MS Excel	61
3.5	Описание работы программы на VBA для многофакторного анализа	
	в среде MS Exel	67
4	РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ АПРОБАЦИИ	83
4.1	Проверка правильности работы экспертной системы	83
4.2	Практическая апробация экспертной системы	86
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	95
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Блок-схема программных модулей экспертной	99
	системы	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Листинг программных модулей VBA	100

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе всем, кто работает или занимается научной деятельностью в области информатики, известен термин экспертные системы. Экспертные системы появились в результате развития систем с искусственным интеллектом. Необходимость их создания была вызвана острой нехваткой специалистов-экспертов, которые смогли бы в любой момент квалифицированно отвечать на многочисленные вопросы в некоторой предметной области знаний. Хороший эксперт всегда малодоступен, а очень хороший — тем более. Поэтому так важно иметь инструментарий, в данном случае электронно-вычислительную машину, обладающую знаниями эксперта, с помощью которой можно в любой момент получить профессиональный ответ на вопрос в некоторой предметной области, заданный на естественном языке.

Экспертные системы – особый класс систем искусственного интеллекта, включающий знание специалистов некоторой, слабо структурированной и трудно формализуемой узкой предметной области, и способные в этой области предлагать и объяснять разумные решения. С помощью экспертных систем требующие объемов решаются задачи, значительных эмпирических ассоциативных знаний, субъективного опыта, связанные с изменяющейся обстановкой. Такая система необходима в ситуации, где имеется дефицит квалифицированных кадров, необходимость подобрать решений, ряд упорядоченных по степени уверенности в их рекомендации, по имеющимся первичным условиям.

Процесс внедрения информационных технологий В новые области человеческой деятельности сложен. Ведь от пользователей кроме желания работать на компьютерах, требуется еще много знаний и умений. Часто бывает так, что на первых этапах внедрения информационных технологий эффективность труда специалистов не повышается, а снижается. Работникам приходится тратить дополнительного времени на формализацию своей задачи много И программирование, не говоря уже об отладке программы и на другие неизбежные трудности, связанные с программированием. Остается один единственный путь решения этих проблем — «научить» компьютер формализовать задачи, программировать, решать их и представлять результат решения в виде, доступном пониманию пользователя. Несмотря на то что создание таких интеллектуальных компьютеров, работающих в определенной предметной области, дело чрезвычайно сложное, на это приходится идти, чтобы не готовить из каждого специалиста — инженера, медика, историка — профессионального программиста.

Казалось бы, проблему может решить всеобщая компьютерная грамотность. Однако она подразумевает лишь знакомство с компьютером и одним из алгоритмических языков, между тем от знакомства до профессионального использования языка программирования дистанция огромного размера. Чтобы использовать все возможности компьютера, надо уметь создавать сложные программы. Здесь необходимы профессиональные знания программирования, то есть все пользователи, независимо ОТ специальности, должны стать программистами. Таким образом, создается тупиковая ситуация, выход из которой был открыт с появлением экспертных систем, которые гарантируют возможность пользования всей мощностью современного компьютера без овладения второй профессией — специальностью программиста.

В работе представлен процесс создания экспертной системы в узкой математической предметной области статистики _ многофакторного дисперсионного анализа. Разработка экспертной системы опирается на теоретические основы математической статистики. Инструментальной средой разработки выбрана распространенная в повседневной деятельности программа Excel из пакета Microsoft Office. С помощью встроенных в Excel средств объектно-ориентироваванного проектирования – VBA, функциональная часть табличного процессора значительно расширена, что позволило реализовать алгоритм расчетов, применяемых при многофакторном анализе. Алгоритм полностью воспроизводит действия эксперта, при проведении многофакторного В ходе программной реализации алгоритмов работы анализа. эксперта разработана самостоятельная программа в формате MS Excel, с интерфейсом, позволяющим использовать ее для выполнения расчетов в различных областях научной и экономической деятельности.

1 ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ

1.2 Основные понятия экспертных систем

Современный прогресса этап научно-технического характеризуется массовым внедрением электронно-вычислительных машин в повседневную деятельность человека. Значительное сокращение стоимости, при все возрастающей производительности персональных компьютеров способствовало тому, что фактически стерлась грань в области применения компьютеров. Если в начале 80-х годов иметь собственный вычислительный центр могло себе научно-производственное объединение позволить только крупное ИЛИ исследовательский институт, то теперь производительность современного компьютера сопоставима с персонального не ОЛНИМ лесятком таких вычислительных центров. Развитие программного обеспечения позволило упростить работу на компьютере, настолько ЧТО практически отпала необходимость этих целей содержать большой ДЛЯ штат высококвалифицированных специалистов. С современным персональным компьютером запросто может управляться пользователь с минимальным уровнем знаний в области компьютерных технологий.

область Зa последнее время значительно изменилась применения компьютеров. Раньше - это были сложнейшие математические вычисления для научно-исследовательских работ, теперь наряду наукой. С компьютеры повсеместно используются к примеру для бухгалтерского учета на больших и малых предприятиях. Компьютерные технологии принципиально изменили работу с текстом, графикой, аудио-видео информацией и базами данных. Благодаря специально разработанным программам компьютеры выполняют все трудоемкие операции, описать которые можно с помощью специальных алгоритмов. Но несмотря на кажущееся совершенство компьютеров у них есть существенный недостаток - они не могут самостоятельно думать, то есть они не обладают интеллектом как человек. Это всего лишь машины, которые делают то, на что их запрограммировал человек. На современном этапе актуальной темой считается не лальнейшее совершенствование технических параметров

компьютеров, а наделение их искусственным интеллектом и способностью думать как человек.

Работы по искусственному интеллекту ведутся давно и прогнозы его дальнейшего развития оптимистичные [1]. Самое перспективное и реальное на данный момент направление развития - это создание аналитических систем, которые в значительной степени разгружают человека на этапе аналитической обработки больших объемов информации и способные давать советы и рекомендации по текущей и прогнозируемой ситуации. В последнее время исследования по искусственному интеллекту еще более активизировались с бурного развития современных компьютерных технологий. учетом Эти исследования ввиду их особой направленности выделены в отдельную область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, обладающих возможностями связанными с человеческим разумом - это понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы, делать выводы и принимать решения [2-4].

Среди разновидностей интеллектуальных систем можно выделить особый класс интеллектуальных систем - экспертные системы. Различные авторы по разному трактуют понятие экспертной системы, но в целом они сходятся во мнении, что экспертная система (expert system, knowledge based system) - это система, которая использует человеческие знания, встраиваемые в компьютерную программу, которая оперирует ими в определенной предметной области с целью выработки рекомендаций или решения проблем, которые в свою очередь обычно требуют человеческой экспертизы [5-12].

Как уже говорилось выше технология экспертных систем является одним из направлений новой области исследования - искусственного интеллекта (Artificial Intelligence — AI). Исследования в этой области сконцентрированы на разработке и внедрении компьютерных программ, способных эмулировать (имитировать, воспроизводить) те области деятельности человека, которые требуют мышления, определенного мастерства и накопленного опыта. К ним относятся задачи принятия решений, распознавания образов и понимания человеческого языка. Эта технология уже успешно применяется в некоторых областях техники и жизни общества - органической химии, поиске полезных ископаемых, медицинской диагностике. Перечень типовых задач, решаемых экспертными системами это извлечение информации из первичных данных, диагностика неисправностей, структурный анализ сложных объектов, выбор конфигурации сложных многокомпонентных систем и другие. Экспертные системы могут быть также распространения источников использованы ДЛЯ редких знаний И на тиражирование опыта высококвалифицированных специалистов в областях, где качество принятия решений традиционно зависит от качества знаний эксперта.

Экспертная система может полностью взять на себя функции, выполнение которых обычно требует привлечения опыта человека-специалиста, или играть роль ассистента для человека, принимающего решение. Другими словами, система (техническая или социальная), требующая принятия решения, может получить его непосредственно от программы или через промежуточное звено — человека, который общается с программой. Тот, кто принимает решение, может быть экспертом со своими собственными правами, и в этом случае программа может "оправдать" свое существование, повышая эффективность его работы. Альтернативный вариант - человек, работающий в сотрудничестве с такой программой, может добиться с ее помощью результатов более высокого качества. Вообще говоря, правильное распределение функций между человеком и машиной является одним из ключевых условий высокой эффективности внедрения экспертных систем.

Существует множество компьютерных программ, специализирующихся на определенных задачах из представленного перечня, но все же экспертные системы можно выделить в отдельный, достаточно хорошо различимый класс программ. Четкого формального определения экспертной системы, которое всех бы удовлетворило, нет и приведенное определение тоже довольно расплывчато, но тем не менее существует довольно много важных признаков, присущих в той или иной степени всем экспертным системам и отличающих их от прочих прикладных программ. Перечислим основные.

Экспертная система моделирует не столько физическую (или иную) природу определенной проблемной области, сколько механизм мышления человека

применительно к решению задач в этой проблемной области. Это существенно отличает экспертные системы от систем математического моделирования или компьютерной анимации. Нельзя, конечно, сказать, что программа полностью воспроизводит психологическую модель специалиста в этой предметной области (эксперта), но важно, что основное внимание все таки уделяется воспроизведению компьютерными средствами методики решения проблем, которая применяется экспертом, то есть. выполнению некоторой части задач так же (или даже лучше), как это делает эксперт.

Экспертная система, помимо выполнения вычислительных операций, формирует определенные соображения и выводы, основываясь на тех знаниях, которыми она располагает. Знания в системе представлены, как правило, на некотором специальном языке и хранятся отдельно от собственно программного кода, который и формирует выводы и соображения. Этот компонент программы принято называть базой знаний.

При решении задач основными являются эвристические и приближенные методы, которые, в отличие от алгоритмических, не всегда гарантируют успех. Эвристика, по существу, является правилом влияния (rule of thumb), которое в машинном виде представляет некоторое знание, приобретенное человеком по мере накопления практического опыта решения аналогичных проблем. Такие методы являются приблизительными в том смысле, что, во-первых, они не требуют исчерпывающей исходной информации, и, во-вторых, существует определенная степень уверенности (или неуверенности) в том, что предлагаемое решение является верным.

Экспертные системы выделяются и среди других видов программ из области искусственного интеллекта по ряду признаков. Остановимся на основных их них.

Экспертные системы имеют дело с предметами реального мира, операции с которыми обычно требуют наличия значительного опыта, накопленного человеком. Множество программ из области искусственного интеллекта являются сугубо исследовательскими и основное внимание в них уделяется абстрактным математическим проблемам или упрощенным вариантам реальных проблем (иногда их называют игрушечными проблемами), а целью выполнения такой

программы является повышение уровня интуиции или отработка методики. Экспертные системы имеют ярко выраженную практическую направленность в научной или коммерческой области.

Одной из основных характеристик экспертной системы является ее производительность, т.е. скорость получения результата и его достоверность (надежность). Исследовательские программы искусственного интеллекта могут и не быть очень быстрыми, можно примириться и с существованием в них отказов в отдельных ситуациях, поскольку, в конце концов, - это инструмент исследования, а не программный продукт. А вот экспертная система должна за приемлемое время найти решение, которое было бы не хуже, чем то, которое может предложить специалист в этой предметной области.

Экспертная система должна обладать способностью объяснить, почему предложено именно такое решение, и доказать его обоснованность. Пользователь должен получить всю информацию, необходимую ему для того, чтобы быть принято правильно. В уверенным, что решение отличие ОТ этого, исследовательские программы общаются только со своим создателем, который и так (скорее всего) знает, на чем основывается ее результат. Экспертная система проектируется в расчете на взаимодействие с разными пользователями, для которых ее работа должна быть, по возможности, прозрачной.

Зачастую термин система, основанная на знаниях (knowledge-based system), используется в качестве синонима термина экспертная система, хотя, строго говоря, экспертная система — это более широкое понятие. Система, основанная на знаниях, - это любая система, процесс работы которой основан на применении правил отношений к символическому представлению знаний, а не на использовании алгоритмических или статистических методов. Таким образом, программа, способная рассуждать о погоде, будет системой, основанной на знаниях, даже в том случае, если она не способна выполнить метеорологическую экспертизу. А вот чтобы иметь право называться метеорологической экспертной системой, программа должна быть способна давать прогноз погоды (другой вопрос - насколько он будет достоверен).

1.2 Проблемы развития и применения экспертных систем

Технологию построения экспертной системы часто называют инженерией знаний. Этот процесс требует специфичной формы взаимодействия создателя экспертной системы, которого называют инженером знаний, и одного или нескольких экспертов некоторой предметной области. Инженер знаний получает от экспертов стратегии, эмпирические правила, которые они используют при решении задач, описания, и встраивает эти знания в экспертную систему. Программисты всегда старались создать программы для компьютеров, которые могли бы в некотором смысле думать, то есть решать задачи таким способом, который мы бы сочли разумным, если бы его применил человек. В процессе кропотливых исследований и многолетних поисков разработчики пришли к выводу, что эффективность программы при решении задач зависит от знаний, которыми она обладает, а не от формализмов и схем вывода, которые она использует. Понимание этого факта привело к созданию специальных систем, каждая их которых является экспертов в некоторой узкой предметной области. С точки зрения программирования, экспертные системы это системы, которые можно в полной мере описать, используя практически любой из современных языков программирования [13].

Интерес к программированию экспертных систем все более возрастает, перешагнув тем самым за рамки чисто академических исследований и проникнув в область коммерции и другие сферы профессиональной деятельности. Сейчас экспертные системы используют во всех отраслях экономики и управления: от финансовых служб и производства до систем военного назначения и образования. Первоначальный энтузиазм, которым характеризовалось взрывообразное развитие экспертных систем в средине 80-х годов, уступил место более реалистическому взгляду на их возможности решать насущные проблемы в деловой сфере. Применение экспертных систем обосновано в тех отраслях, где возникает необходимость использования профессиональных знаний экспертов в области точных наук, таких как математика, а в деловой сфере в большинстве случаев это один из разделов математики - математическая статистика. К примеру, в современной практической деятельности, в различных областях техники, технологий и экономики часто приходится сталкиваться с элементами математической статистики, а в научных исследованиях с необходимостью выявления и оценки влияния отдельных факторов на изменчивость качественного признака. Если такой анализ применяется для изучения влияния нескольких факторов на некоторый признак, то его называют многофакторным.

Среди многообразия методов многофакторного анализа особое место занимает дисперсионный анализ. Дисперсионный анализ (от латинского Dispersio - рассеивание) - статистический метод, позволяющий анализировать влияние различных факторов на исследуемую переменную. Этот метод сравнительно недавно в 1925 году был разработан биологом Р. Фишером. Тем не менее теорию дисперсионного анализа можно считать в достаточной мере сформировавшейся, поскольку к ней был подобран удачный алгоритм проведения вычислений [14-29].

Первоначально дисперсионный анализ применялся для оценки экспериментов в растениеводстве. В дальнейшем выяснилась и подтвердилась общенаучная значимость дисперсионного анализа для обработки и анализа экспериментальных данных в психологии, социологии, педагогике, медицине, экономике и других отраслях. В современном обществе к дисперсионному анализу проявляется повышенный интерес как к одному из первостепенных аналитических инструментов в сфере поддержки процессов принятия решений. Принятие решений невозможно без внедрения экспертных систем, позволяющих автоматизировать сложные вычисления и обрабатывать исходную информацию с последующим выводом готовых результатов в удобной для восприятия форме.

Существует еще один, чисто практический аспект повышенного интереса к методам многофакторного дисперсионного анализа. Большинство методов статистического анализа достаточно сложны и трудоемки. С учетом исследования значительного количества влияющих факторов, они еще более усложняются. С увеличением результирующих факторов пропорционально количества увеличивается размерность выборок, поэтому имеет смысл уменьшить размер выборки. В ряде случаев статистических исследований, для упрощения схемы статистических применяют многофакторного расчетов, вначале методы дисперсионного анализа. Применив многофакторный дисперсионный анализ

15

можно выявить степень значимости влияния отдельных факторов на исследуемую переменную. Если влияние конкретного или группы факторов на исследуемую переменную окажется несущественным, то можно принять решение исключить эти малозначащие факторы из дальнейших расчетов. Этим самым, за счет значительного сокращения объема производимых вычислений, уменьшается время на получение результатов статистического анализа, а полученные результаты освобождаются от лишних данных, не оказывающих практически никакого влияния на исследуемую переменную.

Основной задачей. которую решают методами многофакторного дисперсионного анализа, является сжатие информации, то есть переход от множества значений ПО элементарным признакам С большим объемом информации к ограниченному множеству результирующих факторов. Методы факторного дисперсионного анализа позволяют также визуализировать структуру изучаемых данных. Методы многофакторного дисперсионного анализа обладают свойствами, весьма привлекательными для их использования в составе других статистических методов - в корреляционно-регрессионном анализе, кластерном анализе, многомерном шкалировании и других.

В время разработано большое настоящее количество программных комплексов, позволяющих производить сложнейшие вычисления с использованием методов математической статистики. Особое место среди них занимают программы MapleSoft Maple, MahtWorks Matlab, MathSoft Mathcad, Wolfram Researh Mahtematica, a также специализированные пакеты статистической обработки - StatGrapics, SPSS, SAS, BMDP и Statistica - разработка российских производителей. Перечисленные программные пакеты позволяют выполнять множество задач ДЛЯ поддержки научно-исследовательских И инженерных работ, начиная от сбора и анализа данных до разработки готовых приложений. В них объединены все виды математических вычислений, визуализации данных и полноценные языки программирования, а к примеру в специализированном пакете российских разработчиков Statistica - объединены все виды математической статистики, в том числе широко представлены методы многофакторного дисперсионного анализа [38-43].

Наибольшее распространение повседневном применении В лля математических расчетов получил табличный процессор Microsoft Exel, который по данным еженедельника ComputerWork, еще в конце 1995 года использовали свыше 60% организаций, в том числе и для статистического анализа. За последние 10 лет популярность Exel еще более возросла, что объясняется его органичной интеграцией в пакет Microsoft Office (начиная с MS Exel 7.0 for Windows 95). Что касается непосредственно MS Exel, то применительно к статистическим расчетам функций, 78 стандартных статистических В нем заложено помимо специализированных функций из программной настройки «Пакет анализа». В повседневной деятельности такого набора инструментов бывает, как правило вполне достаточно ЛЛЯ проведения довольно полного и качественного статистического анализа информации [44].

Несмотря на то, что теория дисперсионного анализа хорошо изучена и существуют программные комплексы, позволяющие эту теорию применять на практике, широкого распространения повседневном В применении дисперсионный анализ находит. Основная ограниченности не причина применения - это необходимость конечного пользователя, привыкшего к простому И понятному интерфейсу операционной системы Windows переучиваться работать в достаточно специфичной математической среде, требующей определенных знаний в области математики, а в конкретном случае математической статистики. Конечный пользователь не всегда обязан разбираться в тонкостях статистических расчетов. Ему нужно в удобной форме, с привычным интерфейсом обрабатывать исходные данные и получать готовый результат.

Перечисленные выше программные комплексы В большей степени ориентированы на специалистов в области математики, нежели на конечных пользователей, которые работают с результатами математического анализа аналитики, менеджеры, управленцы и другие. В результате последним, для получения каких либо сведений для анализа и принятия решения приходится всякий раз обращаться за помощью к специалистам по математическому анализу, то есть к экспертам. Эксперты в свою очередь профессионально используя соответствующее программное обеспечение предоставляют управленцам

необходимые сведения для анализа и принятия решений. Такая технология работы не совсем рациональная. Фактически между конечным пользователем информации и электронно-вычислительной машиной появляется посредник в качестве эксперта в какой-либо предметной области (в данном случае дисперсионного анализа). Перечисленные программы, используемые экспертами, нельзя отнести к экспертным системам в первую очередь потому, что они не формируют определенные соображения и выводы - они только выполняют математические вычисления – а вывод за них делает эксперт.

Анализируя все вышесказанное можно заметить противоречие - с одной стороны все возрастающая потребность применения математических методов обработки информации (в нашем случае - дисперсионного анализа) и наличие современных специализированных программ, выполняющих сложнейшие математические вычисления, и с другой стороны - невозможность конечных без пользователей самостоятельно, помощи экспертов, обрабатываты И анализировать исходные данные. Это противоречие препятствует широкому применение математических методов при обработке данных. Единственный выход из создавшейся ситуации – это создание принципиально нового программного обеспечения, которое будет с одной стороны обладать знаниями специалиста в предметной области, моделировать механизм мышления человекаэксперта, а с другой стороны должно быть понятным и доступным для использования пользователю, который не является специалистом в предметной области. Перечисленные возможности – это возможности специализированной экспертной системы, в данном случае экспертной системы многофактороного дисперсионного анализа. Именно разработка подобной экспертной системы сможет разрешить сложившиеся противоречия и будет способствовать широкому применению методов дисперсионного анализа в повседневной деятельности.

Исходя из обозначенных выше противоречий можно сформулировать цель данной работы - создание экспертной системы, способной решать задачи обработки данных методами многофакторного анализа. В качестве метода обработки данных будет применяться методика проведения многофакторного дисперсионного анализа. В принципе не ставится цель разработки полноценной экспертной системы — это вопрос значительно больший и в рамках объема магистерской диссертации это сделать не удастся, но разработать отдельный работоспособный модуль экспертной системы - это и будет целью данной работы.

Исходя из поставленной цели, для ее достижения необходимо в процессе разработки экспертной системы решить ряд задач:

Во-первых, теоретически обосновать и раскрыть предметную часть разрабатываемой экспертной системы – теоретические основы и методику проведения многофакторного дисперсионного анализа.

Во-вторых, необходимо из всего многообразия инструментальных средств разработки выбрать наиболее доступные средства, при этом особый акцент должен быть сделан на удобство не только разработки, но и удобство работы с модулем конечного пользователя.

В-третьих, разработать модуль многофакторного дисперсионного анализа, который может использоваться как самостоятельно, так И В качестве встраиваемой компоненты при создании экспертных систем различной направленности.

В-четвертых, разработать универсальный модуль. Он должен быть с одинаковым успехом применим к любой сфере деятельности, при этом универсальность должна быть достигнута за счет применения стандартных статистических методов проведения многофакторного дисперсионного анализа.

В-пятых, проверить правильность работы экспертной системы путем сравнения результатов теоретически обоснованного анализа данных и результатов, которые будут получены при анализе этих же данных с использованием разработанной экспертной системы.

И в заключении, провести апробацию разработанной экспертной системы, применив ее для анализа данных взятых из практической деятельности. Поскольку статистические методы обработки универсальны, то данные для апробации могут быть взяты из любой сферы как научной так и практической деятельности.

Научная новизна разработки – это объединение с целью создания экспертной системы теоретически обоснованной методики проведения многофакторного

дисперсионного анализа и современных инструментальных средства разработки программного обеспечения.

Практическая значимость - это возможность использования конечными пользователями научных, теоретически обоснованных методов обработки и анализа данных. При этом пользователи, которые не обладают ни знаниями, ни опытом в области применения методов математической статистики, будут использовать знания и опыт экспертов в этой предметной области. Знания и опыт экспертов интегрированы в разрабатываемую экспертную систему, поэтому обращение за помощью к экспертам не является обязательным. Это будет способствовать более широкому применению в практической деятельности методов математической статистики.

С учетом того, что первостепенной задачей при разработки экспертной системы многофакторного анализа является теоретическое обоснование используемых методов математической статистики, необходимо в первую очередь раскрыть основные понятия И описать методику проведения многофакторного дисперсионного анализа. Поскольку теоретические основы дисперсионного анализа достаточно хорошо изучены, то для описания методики, которая ляжет в основу построения алгоритмов работы экспертной системы будем использовать научные труды различных авторов [14-30].

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

В современной практической деятельности, в различных областях науки, техники, технологий и экономики очень часто приходится сталкиваться с необходимостью выявления И оценки влияния отдельных факторов на изменчивость качественного признака. Если анализ применяется для изучения нескольких факторов на некоторый признак, то влияния его называют многофакторным. Среди многообразия методов многофакторного анализа можно выделить корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализ.

Корреляционный анализ – это выявление статистической зависимости между случайными величинами, не имеющими строго функционального характера, при которой изменение одной из случайных величин приводит к изменению математического ожидания другой. Его задача – это количественное определение тесноты связей между множеством факторных и результативных признаков. Первоначально исследования корреляции проводились в биологии, а позднее распространились и на другие области, в том числе на социально-экономическую.

Регрессионный анализ называют основным методом современной математической статистики для выявления неявных и завуалированных связей между данными наблюдений. Корреляция и регрессия тесно связаны между собой: первая оценивает силу (тесноту) статистической связи, вторая исследует ее форму. И корреляция, и регрессия служат для установления соотношений между явлениями и для определения наличия или отсутствия связи между ними.

латинского Dispersio Дисперсионный анализ (OT _ рассеивание) статистический метод, позволяющий анализировать влияние различных факторов на исследуемую переменную. Целью дисперсионного анализа является проверка значимости различия между средними с помощью сравнения дисперсий. Дисперсию измеряемого признака разлагают на независимые слагаемые, каждое характеризует влияние того или иного фактора ИЗ которых ИЛИ ИХ взаимодействия. Последующее сравнение таких слагаемых позволяет оценить значимость каждого изучаемого фактора, а также их комбинации.

При истинности нулевой гипотезы (о равенстве средних в нескольких группах наблюдений, выбранных из генеральной совокупности), оценка дисперсии, связанной с внутригрупповой изменчивостью, должна быть близкой к оценке межгрупповой дисперсии.

При проведении исследования рынка часто встает вопрос о сопоставимости результатов. Например, проводя опросы по поводу потребления какого-либо товара в различных регионах страны, необходимо сделать выводы, на сколько данные опроса отличаются или не отличаются друг от друга. Сопоставлять отдельные показатели не имеет смысла и поэтому процедура сравнения и последующей оценки производится по некоторым усредненным значениям и отклонениям от этой усредненной оценки. Изучается вариация признака. За меру вариации может быть принята дисперсия.

На практике часто возникают задачи более общего характера – задачи проверки существенности различий средних выборочных нескольких совокупностей. Например, требуется оценить влияние различного сырья на качество производимой продукции, решить задачу о влиянии количества удобрений на урожайность сельхоз продукции.

Иногда дисперсионный анализ применяется, чтобы установить однородность нескольких совокупностей (дисперсии этих совокупностей одинаковы по предположению; если дисперсионный анализ покажет, что и математические ожидания одинаковы, то в этом смысле совокупности однородны). Однородные же совокупности можно объединить в одну и тем самым получить о ней более полную информацию, следовательно, и более надежные выводы.

2.1 Основные понятия дисперсионного анализа

В процессе наблюдения за исследуемым объектом качественные факторы произвольно или заданным образом изменяются. Конкретная реализация фактора (например, определенный температурный режим, выбранное оборудование или материал) называется уровнем фактора или способом обработки. Модель дисперсионного анализа с фиксированными уровнями факторов называют моделью первого порядка, модель со случайными факторами - моделью второго порядка. Существуют модели дисперсионного анализа в которых часть факторов имеют фиксированное количество уровней, а часть случайное. Благодаря варьированию фактора можно исследовать его влияние на величину отклика. В настоящее время общая теория и методика проведения дисперсионного анализа разработана для моделей первого порядка, то есть для моделей с фиксированным уровнем факторов.

B зависимости количества факторов, определяющих OT вариацию дисперсионный результативного признака, анализ подразделяют на однофакторный и многофакторный. Основными схемами организации исходных данных с двумя и более факторами являются перекрестная и иерархическая классификация. Перекрестная классификация, характерная для моделей первого порядка, в которых каждый уровень одного фактора сочетается с каждой градацией другого фактора. Иерархическая или иначе ее называют гнездовая классификация, характерная для модели второго порядка, в которой каждому случайному, наудачу выбранному значению одного фактора соответствует свое подмножество значений второго фактора.

Если одновременно исследуется зависимость отклика от качественных и количественных факторов, то есть факторов смешанной природы, то используется ковариационный анализ.

При обработке данных наиболее теоретически разработанной и поэтому распространенной считается модель первого порядка с фиксированным уровней факторов. В модели дисперсионного анализа с фиксированными эффектами исследователь намеренно устанавливает строго определенные уровни изучаемого фактора. Термин фиксированный эффект в данном контексте имеет тот смысл, что самим исследователем фиксируется количество уровней фактора и различия между ними. При повторении эксперимента он или другой исследователь выберет те же самые уровни фактора.

При проведении дисперсионного анализа должны выполнятся ряд статистических допущений. Независимо от уровня фактора, величины отклика имеют нормальный, Гауссовский закон распределения и одинаковую дисперсию. Такое равенство дисперсий называется гомогенностью. Таким образом, изменение способа обработки сказывается лишь на положении случайной величины отклика, которое характеризуется средним значением или медианой. Поэтому все наблюдения отклика принадлежат сдвиговому семейству нормальных распределений.

Считается, что методика проведения дисперсионного анализа является «робастной». Этот термин, используемый статистиками, означает, что данные допущения могут быть в некоторой степени нарушены, но несмотря на это, методику проведения дисперсионного анализа можно использовать.

В основе дисперсионного анализа лежит разделение дисперсии на части или компоненты. Вариацию, обусловленную влиянием фактора, положенного в основу группировки, характеризует межгрупповая дисперсия, обозначаемая через $\overline{\sigma}^2$. Она является мерой вариации частных средних по группам, которые обозначаются как \overline{x}_i вокруг общей средней и определяется по формуле:

$$\overline{\sigma}^{2} = \frac{\sum_{j=1}^{k} (\overline{x}_{j} - \overline{x})^{2} \times n_{j}}{\sum_{j=1}^{k} n_{j}},$$
(1)

где,

- $\bar{\sigma}^2$ межгрупповая дисперсия
- $\overline{\mathbf{x}}_{j}$ вариации частных средних по группам
- $\overline{\mathbf{X}}$ общая средняя
- k число групп;
- n_j число единиц в j-ой группе;
- x_i частная средняя по j-ой группе;
- x общая средняя по совокупности единиц.

Вариацию, обусловленную влиянием прочих факторов, характеризует в каждой группе внутригрупповая дисперсия, обозначаемая как σ_i^2 .

$$\sigma_{j}^{2} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_{ij} - \overline{x}_{j})^{2}}{n}.$$
(2)

25

Между общей дисперсией, которая обозначается через σ_0^2 , внутригрупповой дисперсией $\overline{\sigma}^2$ существует соотношение:

$$\sigma_0^2 = \overline{\sigma}^2 + \sigma^2. \tag{3}$$

Внутригрупповая дисперсия объясняет влияние неучтенных при группировке факторов, а межгрупповая дисперсия объясняет влияние факторов группировки на среднее значение по группе.

Вышеизложенный материал описывает общую схему дисперсионного анализа. Для раскрытия методики проведения дисперсионного анализа, необходимо более подробно остановиться на описании случаев многофакторного дисперсионного анализа. Для начала рассмотрим частный случай однофакторного дисперсионного анализа.

2.2 Однофакторный дисперсионный анализ

Под однофакторным дисперсионным анализом принимают анализ влияния одного фактора на изменчивость одного признака. При этом отдельные интервалы значений исследуемого фактора называются его уровнями.

Однофакторная дисперсионная модель имеет вид:

$$\mathbf{x}_{ij} = \mathbf{F}_j + \boldsymbol{\varepsilon}_{ij,} \tag{4}$$

где,

x_{ij} – значение исследуемой переменой, полученной на i-м уровне фактора (i=1,2,...,т) с j-м порядковым номером (j=1,2,...,n);

F_i – эффект, обусловленный влиянием i-го уровня фактора;

є_{ії} – случайная компонента, или возмущение, вызванное влиянием

неконтролируемых факторов, т.е. вариацией переменой внутри отдельного уровня.

Пусть, например, необходимо выяснить, имеются ли существенные различия между партиями изделий по некоторому показателю качества, т.е. проверить влияние на качество одного фактора - партии изделий. Если включить в исследование все партии сырья, то влияние уровня такого фактора систематическое, то есть является моделью с фиксированным уровнем факторов, а полученные выводы применимы только к тем отдельным партиям, которые привлекались при исследовании.

Пусть имеется m партий изделий. Из каждой партии отобрано соответственно n₁, n₂, ..., n_m изделий (для простоты полагается, что n₁=n₂=...=n_m=n). Значения показателя качества этих изделий представлены в матрице наблюдений:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} = (x_{ij}), (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n).$$
(5)

Необходимо проверить существенность влияния партий изделий на их качество.

Если полагать, что элементы строк матрицы наблюдений – это численные значения случайных величин $X_1, X_2, ..., X_m$, выражающих качество изделий и имеющих нормальный закон распределения с математическими ожиданиями соответственно $a_1, a_2, ..., a_m$ и одинаковыми дисперсиями σ^2 , то данная задача сводится к проверке нулевой гипотезы H_0 : $a_1=a_2=...=a_m$, осуществляемой в дисперсионном анализе.

Усреднение по какому-либо индексу обозначено звездочкой (или точкой) вместо индекса, тогда средний показатель качества изделий і-й партии, или групповая средняя для і-го уровня фактора, примет вид:

$$\overline{\mathbf{X}}_{i^*} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \mathbf{X}_{ij}}{n},$$
(6)

27

где,

*X*_{i*} − среднее значение по столбцам;

 \overline{X}_{ij} – элемент матрицы наблюдений;

n – объем выборки.

А общая средняя:

$$\overline{X}_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_{ij}}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \overline{X}_{i^*}}{m}.$$
(7)

Сумма квадратов отклонений наблюдений х_{іј} от общей средней \overline{X} ** равна:

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(X_{ij} - \overline{X}_{**} \right)^{2} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(\overline{X}_{i*} - \overline{X}_{**} \right)^{2} + \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(X_{ij} - \overline{X}_{i*} \right)^{2} + 2\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(X_{ij} - \overline{X}_{**} \right) \left(\overline{X}_{i*} - \overline{X}_{**} \right)^{2}$$
(8)

или рассчитывается по формуле:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3., (9)$$

где,

- Q общая сумма квадратов отклонений
- Q₁ сумма квадратов отклонений групповых средних от общей средней
- Q₂ сумма квадратов отклонений наблюдений групповых средних или внутригрупповая (остаточная) сумма квадратов отклонений

$$Q_{3} = 2\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} \left(x_{ij} - \overline{x}_{i*} \right) \left(\overline{x}_{i*} - \overline{x}_{**} \right) = 2\sum_{i=1}^{m} \left(\overline{x}_{i*} - \overline{x}_{**} \right) \sum_{j=1}^{n} \left(x_{ij} - \overline{x}_{i*} \right) = 0.$$
(10)

так как сумма отклонений значений переменной от ее средней равна нулю, т.е.

$$\sum_{i=1}^{n} (X_{ij} - \overline{X}_{i^*})^2 = 0.$$
(11)

Первое слагаемое можно записать в виде:

$$Q_{1} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (\overline{x}_{i^{*}} - \overline{x}_{**})^{2} = n \sum_{i=1}^{m} (\overline{x}_{i^{*}} - \overline{x}_{**})^{2}.$$
 (12)

В результате получается тождество:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$
 (13)

где,

$$Q = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (x_{ij} - \overline{x}^{**})^2 - oбщая, или полная, сумма квадратов отклонений; Q_1 = n \sum_{i=1}^{m} (\overline{x}_{i^*} - \overline{x}^{**})^2 - сумма квадратов отклонений групповых средних от общей средней, или межгрупповая сумма квадратов отклонений; Q_2 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (x_{ij} - \overline{x}^{**})^2 - сумма квадратов отклонений наблюдений от групповых средних, или внутригрупповая сумма квадратов отклонений.$$

В формуле 13 заключена основная идея дисперсионного анализа. Применительно к рассматриваемой задаче формула 13 показывает, что общая вариация показателя качества, измеренная суммой Q, складывается из двух компонент – Q_1 и Q_2 , характеризующих изменчивость этого показателя между партиями (Q_1) и изменчивость внутри партий (Q_2), характеризующих одинаковую для всех партий вариацию под воздействием неучтенных факторов.

В дисперсионном анализе анализируются не сами суммы квадратов отклонений, а так называемые средние квадраты, являющиеся несмещенными оценками соответствующих дисперсий, которые получаются делением сумм квадратов отклонений на соответствующее число степеней свободы.

Число степеней свободы определяется как общее число наблюдений минус число связывающих их уравнений. Поэтому для среднего квадрата s_1^2 , являющегося несмещенной оценкой межгрупповой дисперсии, число степеней свободы k_1 =m-1, так как при его расчете используются m групповых средних, связанных между собой одним уравнением, показанном в формуле 7. А для среднего квадрата s_2^2 , являющегося несмещенной оценкой внутригрупповой дисперсии, число степеней свободы k_2 =mn-m, так как. при ее расчете используются все количество наблюдений.

Таким образом средние квадраты рассчитывается по формулам:

$$S_1^2 = Q_1/(m-1),$$
 (14)

$$S_2^2 = Q_2/(mn-m).$$
 (15)

Если найти математические ожидания средних квадратов S_1^2 и S_2^2 , подставить в их формулы выражения один, то через параметры модели получится:

$$M(S_1^2) = \frac{n}{m-1} M \left[\sum_{i=1}^m (\mu + F_i + \varepsilon_{i*} - \mu - F_* - \varepsilon_{**})^2 \right] =$$

$$= \frac{n}{m-1} M \left[\sum_{i=1}^{m} ((F_{i} - F_{*})^{2} + (\varepsilon_{i*} - \varepsilon_{**}))^{2} \right] = \frac{n}{m-1} M \left[\sum_{i=1}^{m} (F_{i} - F_{*})^{2} \right] + \frac{n}{m-1} M \left[2 \sum_{i=1}^{m} (F_{i} - F_{*}) (\varepsilon_{i*} - \varepsilon_{**}) \right] + \frac{n}{m-1} M \left[\sum_{i=1}^{m} (\varepsilon_{i*} - \varepsilon_{**})^{2} \right] =$$
(16)
$$= \frac{n}{m-1} M \left[\sum_{i=1}^{m} (F_{i} - F_{*})^{2} \right] + \sigma^{2}.$$

30

А с учетом свойств математического ожидания формулы примут вид:

$$M\left[2\sum_{i=1}^{m} (F_{i} - F_{*})(\varepsilon_{i*} - \varepsilon_{**})\right] = 0, a$$

$$\frac{n}{m-1}M\left[\sum_{i=1}^{m} (\varepsilon_{i*} - \varepsilon_{**})^{2}\right] = n*M\left[\frac{\sum_{i=1}^{m} (\varepsilon_{i*} - \varepsilon_{**})^{2}}{m-1}\right] = n\sigma_{\varepsilon_{i}*}^{2} = n\frac{\sigma_{\varepsilon_{i}j}^{2}}{n} = \sigma^{2}$$

$$= \frac{1}{m}M\left[\frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{**})^{2}}{n-1}\right] = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} \sigma_{\varepsilon_{i}j}^{2} = \frac{1}{m}m\sigma^{2} = \sigma^{2}.$$
(17)

Для модели первого порядка с фиксированными уровнями фактора F_i(i=1,2,...,m) – величины неслучайные, поэтому:

$$M(S_1^2) = n \sum_{i=1}^{n} (F_i - F_*)^2 / (m-1) + \sigma^2.$$
(18)

Гипотеза H_0 примет вид $F_i = F_*(i = 1, 2, ..., m)$, т.е. влияние всех уровней фактора одно и то же. В случае справедливости этой гипотезы:

$$M(S_{1}^{2}) = M(S_{2}^{2}) = \sigma^{2}.$$
 (19)

В таблице 1 представлен обобщенная методика вычисления значений, с помощью дисперсионного анализа.

Компоненты дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Математическое ожидание среднего квадрата
Межгрупповая	$Q_1 = n \sum_{i=1}^{m} (\overline{x}_{i*} - \overline{x}_{**})^2$	m-1	$S_1^2 = Q_1/(m-1)$	$M(S_{1}^{2} = \begin{cases} \frac{n}{m-1} \sum_{i=1}^{m} (F_{i} - F_{*})^{2} + \\ \sigma^{2} (модель I) \\ n\sigma_{F}^{2} + \sigma^{2} (модель II) \end{cases}$
Внутригрупповая	$Q_{2} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (x_{ij} - \overline{x}_{i^{*}})^{2}$	mn-m	$S_1^2 = Q_2/(mn-m)$	$M(S_2^2) = \sigma^2$
Общая	$Q = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} (x_{ij} - \overline{x} * *)^{2}$	mn-1		

Таблица 1 – Базовая таблица дисперсионного анализа

Гипотеза H_0 примет вид $\sigma_F^2 = 0$, а дисперсия будет рассчитана по формуле:

$$M(S_1^2) = M(S_2^2) = \sigma^2.$$
(20)

В однофакторном комплексе средние квадраты S^2 и S^2 , являются несмещенными и независимыми оценками одной и той же дисперсии σ^2 , поэтому проверка нулевой гипотезы H₀ свелась к проверке существенности различия несмещенных выборочных оценок S_1^2 и S_2^2 дисперсии σ^2 .

Гипотеза H₀ отвергается, если фактически вычисленное значение статистики $F = S_1^2/S_2^2$ больше критического $F_{\alpha:K1:K2}$, определенного на уровне значимости α при числе степеней свободы k_1 =m-1 и k_2 =mn-m, и принимается, если $F < F_{\alpha:K1:K2}$.

F- распределение Фишера (для x > 0) имеет следующую функцию плотности (для $v = 1, 2, ...; \omega = 1, 2, ...)$:

$$f(x) = \frac{\Gamma[(\nu+\omega)/2]}{\Gamma(\nu/2)*\Gamma(\omega/2)} * (\nu/\omega)^{\nu/2} * x^{(\nu/2)-1} * (1 + [(\nu/\omega)*x])^{-(\nu+\omega)/2},$$
(21)

где,

ν,ω - степени свободы;

Г - гамма-функция.

Применительно к данной задаче опровержение гипотезы H₀ означает наличие существенных различий в качестве изделий различных партий на рассматриваемом уровне значимости.

Для вычисления сумм квадратов Q₁, Q₂, Q часто бывает удобно использовать следующие формулы, при которых не обязательно находить средние квадраты отклонений от группового среднего:

$$Q_{1} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \left[\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\right]^{2}}{n} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\right]^{2}}{mn},$$

$$Q_{2} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{2} - \frac{\sum_{i=1}^{m} \left[\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\right]^{2}}{n},$$

$$Q = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{2} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\right]^{2}}{mn}.$$
(22)
$$(23)$$

Таким образом, процедура однофакторного дисперсионного анализа состоит в проверке гипотезы H_0 о том, что имеется одна группа однородных экспериментальных данных против альтернативы о том, что таких групп больше, чем одна. Под однородностью понимается одинаковость средних значений и дисперсий в любом подмножестве данных. При этом дисперсии могут быть как известны, так и неизвестны заранее. Если имеются основания полагать, что известная или неизвестная дисперсия измерений одинакова по всей совокупности данных, то задача однофакторного дисперсионного анализа сводится к исследованию значимости различия средних в группах данных.

2.3 Многофакторный дисперсионный анализ

Следует сразу отметить, принципиальной же ЧТО разницы между многофакторным И однофакторным дисперсионным анализом нет. Многофакторный анализ не меняет общую логику дисперсионного анализа, а лишь несколько усложняет ее, поскольку, кроме учета влияния на зависимую переменную каждого из факторов по отдельности, следует оценивать и их действие. Таким образом проведение многофакторного совместное дисперсионного анализ, касается в основном возможности оценить межфакторное взаимодействие, но также остается возможность оценивать влияние каждого фактора в отдельности. Процедура многофакторного дисперсионного анализа в варианте ее компьютерного использования несомненно более экономична, поскольку всего за один запуск решает сразу две задачи: оценивается влияние каждого из факторов и их взаимодействие.

Общая схема двухфакторного анализа, данные которого обрабатываются методом дисперсионного анализа с двумя влияющими на факторами – А и В, представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема двухфакторного эксперимента

Данные, подвергаемые многофакторному дисперсионному анализу, часто обозначают в соответствии с количеством факторов и их уровней.

Предположив, что в рассматриваемой задаче о качестве различных т партий изделия изготавливались на разных t станках и требуется выяснить, имеются ли существенные различия в качестве изделий по каждому фактору - А - партия изделий; В - станок.

В результате получается переход к задаче двухфакторного дисперсионного анализа.

Все данные представлены в таблице 2, в которой по строкам - уровни A_i фактора A, по столбцам — уровни B_j фактора B, а в соответствующих ячейках, таблицы находятся значения показателя качества изделий x_{ijk} (i=1,2,...,m; j=1,2,...,l; k=1,2,...,n).

	B ₁	B ₂		Bj	•••	B _l
A ₁	$x_{111},,x_{11k}$	$x_{12l},,x_{12k}$		X_{1jl},\ldots,X_{1jk}	•••	$x_{1 l},,x_{1 k}$
A ₂	x_{211}, \dots, x_{21k}	x_{221}, \dots, x_{22k}	••••	X_{2jl},\ldots,X_{2jk}		x_{2ll},\ldots,x_{2lk}
	•••	•••	••••	••••		•••
A _i	$\mathbf{x}_{i11},\ldots,\mathbf{x}_{i1k}$	x_{i2l},\ldots,x_{i2k}	•••	$\mathbf{x}_{ijl},\ldots,\mathbf{x}_{ijk}$	•••	X_{jll},\ldots,X_{jlk}
		•••		••••	•••	••••
A _m	$x_{m11},,x_{m1k}$	X_{m2l},\ldots,X_{m2k}		$\mathbf{x}_{mj1},\ldots,\mathbf{x}_{mjk}$		X_{mll}, \ldots, X_{mlk}

Таблица 2 – Показатели качества изделий

Двухфакторная дисперсионная модель примет вид:

$$x_{ijk} = \mu + F_i + G_j + I_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \qquad (25)$$

где,

- x_{ijk} значение наблюдения в ячейке ij с номером k;
- μ общая средняя;
- F_i эффект, обусловленный влиянием i-го уровня фактора A;
- G_j эффект, обусловленный влиянием j-го уровня фактора B;

- I_{ij} эффект, обусловленный взаимодействием двух факторов, т.е. отклонение от средней по наблюдениям в ячейке іј от суммы первых трех слагаемых в модели (25);
- ε_{ijk} возмущение, обусловленное вариацией переменной внутри отдельной ячейки.

Предполагается, что ε_{ijk} имеет нормальный закон распределения N(0;c²), а все математические ожидания F_{*}, G_{*}, I_{i*}, I_{*j} равны нулю.

Групповые средние находятся по формулам:

в ячейке:

$$\bar{x}_{ij^*} = \frac{\sum_{k=1}^{n} x_{ijk}}{n},$$
(26)

по строке:

$$\bar{\mathbf{x}}_{i^{**}} = \frac{\sum_{j=1}^{l} \bar{\mathbf{x}}_{ij^{*}}}{l},$$
(27)

по столбцу:

$$-\frac{1}{x_{*j^*}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \overline{x_{ij^*}}}{m},$$
(28)

общая средняя:

$$\overline{\mathbf{x}}_{***} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{1} \overline{\mathbf{x}}_{ij*}}{ml}.$$
(29)

В таблице 3 представлен общий вид вычисления значений, с помощью дисперсионного анализа.

Таблица 3 – Базовая таблица дисперсионного анализа

Компоненты дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средние квадраты
Межгрупповая (фактор А)	$Q_1 = \ln \sum_{i=1}^{m} (\overline{x}_{i^{**}} - \overline{x}_{*^{**}})^2$	m-1	$S_1^2 = \frac{Q_1}{m-1}$
Межгрупповая (фактор В)	$Q_{2} = mn \sum_{j=1}^{1} (\bar{x}_{*j*} - \bar{x}_{***})^{2}$	1-1	$S_2^2 = \frac{Q_2}{1-1}$
Взаимодействие	$Q_{3} = n \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} (\overline{x}_{ij^{*}} - \overline{x}_{i^{**}} - \overline{x}_{*j^{*}} + \overline{x}_{***})^{2}$	(m-1)(l-1)	$S_3^2 = \frac{Q_3}{(m-1)(l-1)}$
Остаточная	$Q_4 = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \sum_{k=1}^{n} (x_{ijk} - \overline{x}_{ij^*})^2$	mln - ml	$S_4^2 = \frac{Q_4}{m\ln - ml}$
Общая	$Q = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \sum_{k=1}^{n} (x_{ijk} - \overline{x}^{***})^2$	mln - 1	

Проверка нулевых гипотез H_A , H_B , H_{AB} об отсутствии влияния на рассматриваемую переменную факторов A, B и их взаимодействия AB осуществляется сравнением отношений $\frac{S_1^2}{S_4^2}$, $\frac{S_2^2}{S_4^2}$, $\frac{S_3^2}{S_4^2}$ с соответствующими табличными значениями F – критерия Фишера – Снедекора.

Если n=1, т.е. при одном наблюдении в ячейке, то не все нулевые гипотезы могут быть проверены так как выпадает компонента Q_3 из общей суммы квадратов отклонений, а с ней и средний квадрат S_3^2 , так как в этом случае не может быть речи о взаимодействии факторов.

С точки зрения техники вычислений для нахождения сумм квадратов Q₁, Q₂, Q₃, Q₄, Q целесообразнее использовать следующие формулы:

$$Q_{1} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \left[\sum_{j=1}^{l} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk}\right]^{2}}{\ln} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk}\right]^{2}}{m \ln},$$
(30)
$$Q_{2} = \frac{\sum_{j=1}^{l} \left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk} \right]^{2}}{mn} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk} \right]^{2}}{m \ln},$$
(31)

$$Q_{4} = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk}^{2} - \frac{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{l} \left[\sum_{k=1}^{n} x_{ijk}\right]^{2}}{n},$$
(32)

$$Q = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{1} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk}^{2} - \frac{\left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{1} \sum_{k=1}^{n} x_{ijk}\right]^{2}}{m \ln},$$
(33)

$$Q_3 = Q - Q_1 - Q_2 - Q_4. \tag{34}$$

Отклонение ОТ основных предпосылок дисперсионного анализа нормальности распределения исследуемой переменной и равенства дисперсий в ячейках не сказывается существенно на результатах дисперсионного анализа при равном числе наблюдений в ячейках, но чувствительно при неравном их числе. Кроме того, при неравном числе наблюдений в ячейках резко возрастает Поэтому сложность аппарата дисперсионного анализа. рекомендуется планировать схему с равным числом наблюдений в ячейках, а если встречаются недостающие данные, то возмещать ИХ средними значениями других наблюдений в ячейках. При этом, однако, искусственно введенные недостающие данные не следует учитывать при подсчете числа степеней свободы.

Описанная выше методика проведения многофакторного анализа должна быть основой для предметной области разрабатываемой экспертной системы. Следует отметить, что методика проведения дисперсионного анализа оперирует известными математическими функциями и требует проведения определенной последовательности вычислений. Используемые в дисперсионном анализе функции математической статистики и проводимые вычисления в полной мере могут быть описаны с использованием компьютерных алгоритмов, поэтому можно перейти к следующему этапу – выбору инструментальных средств и непосредственной разработке экспертной системы.

3 РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ МНОГОФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

3.1 Выбор инструментальных средств разработки экспертной системы

Экспертная система – это система, которая использует человеческие знания, встраиваемые в компьютер, для решения задач, которые обычно требуют человеческой экспертизы. Современная экспертная система представляет собой программный комплекс, позволяющий решать производственные И экономические задачи на уровне человека-оператора или управленца (эксперта). Очевидно, любую программу разработать что можно на машинноориентированном языке (ассемблере) или на универсальном языке высокого уровня (Си, Бейсик, Алгол, Фортран, Паскаль и т.д.). В этой связи возникает вполне справедливый вопрос: зачем рассматривать специализированные средства, для изучения которых требуется определенное время, если универсальным языком высокого уровня владеет практически любой программист? Ответ на этот вопрос взят практически из практики: процесс программирования экспертных систем на специализированных средствах занимает в два-три раза меньше времени, чем на универсальных. Однако следует отметить, что параметры эффективности быстродействие) (объем памяти И экспертных систем. реализованных на базе специализированных средств в большинстве случаев ниже, чем при реализации их на универсальных средствах.

Еще одним фактором, существенным для выбора программных средств разработки экспертных систем, является потенциальная возможность взаимодействия с программными средствами, используемых на различных уровнях иерархии интегрированных корпоративных информационных систем.

В этой связи оптимальным решением задачи выбора программных средств разработки экспертных систем следует, по-видимому, считать следующее: первый прототип (исследовательский, демонстрационный) реализуется на специализированных средствах. В случае достаточной эффективности этих средств на них могут быть разработаны действующий прототип, и даже промышленная система. Однако в большинстве случаев прототип следует

«переписать» на традиционных программных средствах. Рассмотрим наиболее известные и широко применяемые программные средства разработки экспертных систем.

Специализированный язык LISP – один из самых популярных языков программирования экспертных систем. Был создан в 60-х годах. На сегодняшний день существует около 20 диалектов этого языка. Наиболее известные -INTERLISP, FRANZLISP, QLISP, COMMONLISP. Популярность языка объясняется тем, что с помощью довольно простых конструкций он позволяет разрабатывать сложные и изящные системы обработки символьной информации. Существенной особенностью языка является то, что так называемые «данные» и «программы» внешне ничем не отличаются друг от друга. Это дает возможность манипулировать не только данными, но и «программами». Именно данное свойство позволяет LISP стать изящным средством программирования. К существующие LISP – системы сожалению, почти все имеют низкую вычислительную эффективность. Именно это не дает возможность языку LISP выйти за рамки «академических» экспериментальных систем. Однако бурное повышение производительности современных компьютеров вселяет оптимизм в отношении будущего этого языка.

Фрейм – ориентированный язык FRL (Frame Representation Language). Относится к классу фрейм-ориентированных. Основная единица знаний в таких языках – фрейм, представляющий собой информационную модель (или описание) некоторой стереотипной ситуации, которая является обобщением таких понятий как действия, процессы, события, объекты, свойства, модификаторы и т.д. Важным свойством FRL является наличие в нем встроенного механизма «наследования свойств». Суть этого механизма заключается в следующем. Все области базы понятия предметной знаний организовываются В виде иерархической классификационной системы, где каждое понятие связывается с помощью специальных отложений с более конкретными. Для реализации этих отложений существуют слоты АКО и INSTANSE. Слот АКО связывает понятие с более общим (родовым), а слот INSTANSE связывает понятие с более конкретным (видом). Свойства, присущие всему классу, описываются только во

фрейме класса, а остальные фреймы этого класса могут наследовать это свойство в случае надобности. Процедуры обработки FRL подразделяются на независимые и присоединенные, которые пишутся обычно на языке реализации самого FRL. На сегодняшний день большинство FRL-систем написаны на LISP.

Язык логического программирования PROLOG. Свое наименование получил от сокращения «Программирование логики» (Programming in Logic). Важнейшей особенностью является наличие реляционной базы данных, причем доступ и работа с реляционными отношениями подгружены в сам PROLOG. Для пользователя эти отношения существуют лишь в виде предикатов. За счет наличия встроенных предикатов язык можно отнести к универсальным языкам программирования и даже к языкам системного программирования. Отмеченное PROLOG свойство делает очень удобным средством ДЛЯ описания организационных и технологических структур, в которых можно подробно описать схемы производства со множеством взаимосвязей отдельных узлов (установок) по материальным, энергетическим, информационным и другим потокам.

Среди современных средств разработки экспертных систем особое место занимает объектно-ориентированный язык программирования – Visual Basic. Этот язык поддерживает событийно-управляемое программирование (event-driven programming), визуальное проектирование И элементы объектноориентированного программирования. Выпустив в 1991 году первую версию VB, компания Microsoft достаточно скромно оценивала возможности этой системы, ориентируя её, прежде всего на категорию начинающих и непрофессиональных программистов. Основной задачей тогда было выпустить на рынок простой и удобный инструмент разработки в тогда еще новой операционной среде Windows, программирование в которой представлялось проблематичным даже для опытных программистов. На протяжении 1992-1998 годов работы по совершенствованию этого языка программирования продолжались и в данный момент можно утверждать, что этот продукт входит в число серьезных инструментальных средств разработки приложений для Windows-систем.

Если рассматривать Visual Basic в качестве инструмента для создания

экспертных систем, то следует отметить, что в его основу было положено передовое архитектурное решение, позволяющее не писать, а проектировать программы, подобно инженеру-дизайнеру. Иначе говоря, в нем был одним из первых реализован популярный ныне стиль визуального программирования. И ключевым словом в названии самого языка является Visual – экранные формы, множество встроенных компонент (текстовые, графические окна, кнопки, диалоги и др.) избавляют от сложностей, связанных с вводом, обработкой, обновлением всех этих элементов, что особенно важно при разработке экспертной системы, для которой легкая модифицируемость является чуть ли не наиболее важной отличительной чертой.

Пакет Microsoft Visual Basic представляет собой идеальную платформу для создания интерфейсов с простейшими локальными базами данных и многоуровневыми архитектурами типа клиент-сервер, а также приложений для работы в Intranet и Internet с использованием таких передовых технологий, как DHTML, XML и ASP.

Экспертная система должна предоставлять пользователю максимально понятный интерфейс, поскольку она в большинстве случаев является диалоговой и требует от пользователя максимального взаимодействия. Это справедливо в большей степени для так называемых оболочек экспертных систем, правильность настройки и заполнение которых является ключевым фактором в построении адекватно реагирующей экспертной системы. Здесь многое зависит от логики представления информации и управляющих элементов в программе, наличия меню и развитой справочной системы. Visual Basic пользовательского предоставляет разработчику все средства для создания графического интерфейса пользователя – построение многодокументального интерфейса, пользовательских меню, управление элементами ACTIVE-X и много другое.

В экспертных системах принято представлять процесс логического вывода в виде схемы, которая называется деревом вывода. В системах, база знаний которых насчитывает сотни правил, весьма желательным является использование какой-либо стратегии управления выводом, позволяющей минимизировать время поиска решения и тем самым повысить эффективность вывода. Visual Basic позволяет разработчику создавать дерево вывода различными способами. Например, создать отдельный класс для каждого типа узлов дерева. Другой способ – сохранять ссылки на дочерние узлы в связанных списках, при этом каждый узел содержит ссылку на первого и на следующего потомка на одном уровне дерева вывода. Еще один способ – это определять в классе узла открытую коллекцию, которая будет содержать дочерние узлы дерева вывода.

Выше перечисленные достоинства Visual Basic позволяют использовать его в качестве профессиональной среды программирования при разработке крупных коммерческих приложений и в частности – экспертных систем.

На рынке программного обеспечения Visual Basic представлен в двух видах – это непосредственно отдельный самостоятельный продукт - Visual Basic и встраиваемый в различные приложения - Visual Basic for Applications (VBA). VBA - это полноценный объектно-ориентированный язык программирования, специально разработанный в свое время для записи макросов в приложениях. Впервые он появился в Microsoft Excel 5.0, а затем и другие приложения Microsoft Office, такие, как и PowerPoint, перешли на его использование. Компания Microsoft лицензировала эту технологию другим компаниям так, чтобы они смогли включить VBA в свои приложения.

Таким образом VBA является фактически стандартом языка макропрограммирования. Выгоды такого подхода очевидны: появление стандартного языка для макропрограммирования означает, что независимо от того, каким приложением вы пользуетесь, достаточно знать единый набор операторов и приемов программирования. Кроме того, это также способствует более тесному взаимодействию различных приложений, поскольку VBA оперирует командами и объектами, используемые каждым из приложений. С помощью VBA можно разрабатывать комплексные приложения, одновременно использующие те или иные компоненты нескольких приложений.

существенных преимуществ VBA является простота Одним ИЗ его VBA использования. является полноценным языком программирования, позволяющим записать не только последовательно выполняемые пользователем действия. необходимые но И содержащим все конструкции языка программирования высокого уровня, включая разнообразные средства организации ветвлений, циклов и ведения диалога с пользователем. Весьма удобный редактор VBA позволяет не только писать и редактировать программы, но и вести их отладку.

Неоспоримая выгода от использования VBA является, то что по сути приобретая программный продукт в который встроен VBA, разработчик и пользователь получает универсальный инструмент для работы. К примеру стоимость самого распространенного пакета Microsoft Office XP составляет всего около 200\$, при этом в распоряжение пользователя предоставляется ряд универсальных программ - полноценный математический табличный процессор Exel, многофункциональный текстовой редактор Word, система управлениям базами данных MS Access, система подготовки и проведения презентаций MS PowerPoint, система управления документооборотом и электронной почтой и другие необходимые в повседневной работе программные продукты. Все программы входящие в пакет Microsoft Office взаимодействуют между собой посредством инструментария VBA. Наличие в пакете Microsoft Office XP встроенного VBA более расширяет еще его возможности ДО уровня инструментального средства разработки самостоятельных приложений. В отличии от Microsoft Office XP, отдельный пакет Visual Basic значительно дороже - стоимость минимальной комплектации составляет около 550\$, при этом в инструментальная распоряжение пользователя дается только среда программирования.

Средства VBA – только начинают широко применятся разработчиками. Ограничение в использование этих средств связано с тем, что большинство программистов с определенной долей скептицизма относятся к Visual Basic, считая его инструментом для новичков, а пакет Microsoft Office XP считается в большинстве случаев только средством обработки текстовой информации. Но не надо забывать, что в пакет Microsoft Office XP заложен достаточно полноценный математический процессор программа Excel, И применительно к статистическому анализу, в ней заложены практически все функции и методики, которые отсутствуют в куда более профессиональных средствах разработки приложений – Delfi, C++ и других. С учетом расширений функциональных возможностей Excel посредством применения VBA – Excel становится практически универсальным и недорогим средством решения различных математических задач.

Применительно к решению задачи разработки модуля экспертной системы многофакторного анализа выбор в качестве инструмента разработки - пакета Microsoft Office XP и в частности приложения Excel очевидно.

3.2 Разработка экспертной системы в программе Microsoft Excel

Табличный процессор Microsoft Excel широко применяется пользователями в повседневной работе, в том числе и для статистических расчетов. Этому способствует разнообразная широко представленная литература по работе в Excel, адресованная как новичкам, так и опытным пользователям [44-46]. В этих изданиях приводятся достаточно подробные сведения о порядке и правилах работы в Excel, рассматриваются многочисленные примеры и даются практические рекомендации. Помимо того сама справочная система Excel является мощным путеводителем, способным оказать помощь в самых различных ситуациях.

Вместе с тем несмотря на такую сильную поддержку, по мнению разработчиков из компании Microsoft, большинство пользователей применяет не менее пяти процентов функциональных возможностей заложенных в Excel. Такое ограниченное использование можно объяснить несколькими причинами. Вопервых, Excel – довольно мощный, достаточно универсальный табличный процессор, ориентированный на различные сферы деятельности, вследствие чего так называемого среднему пользователю нет необходимости обращаться к не интересующим его возможностям программы. Во-вторых, значительная мощь Excel заключена в дополнительных программных настройках и библиотеке аналитико-расчетных функций, которым в литературе уделяется как правило незначительное влияние. В программах различных компьютерных курсов также подробного описания этих возможностей ввиду их объемности нет И специфичности. Именно поэтому практически единственным источником

44

информации может служить справочная подсистема самой программы. Но даже в этом случае, когда пользователь решит воспользоваться этой справочной системой, его может ожидать разочарование, так как применение некоторых программных надстроек И большого числа функций Excel требует математической подготовки. Поэтому чтобы грамотно и осознанно применить какую либо надстройку или функцию, пользователю приходится обращаться к литературе (в нашем случае к экспертам) для выяснения физической сущности соответствующего метода или функции.

Программа Excel это полноценный инструмент для работы специалистов в области математики и статистики. С точки зрения применения ее в качестве экспертной системы для статистического анализа можно сказать что она не является экспертной системой, так как в ней без специальной подготовки не сможет работать конечный пользователь. Используя стандартные средства Excel можно имитировать работу эксперта – но круг этих задач очень ограничен, и применительно к рассматриваемой теме – многофакторному дисперсионному анализу не применим. Стандартные средства математической статистики используемые в программе Excel значительно расширяются с подключением программной настройки – «Пакет анализа». В этом пакете представлены методы однофакторного И двуфакторного дисперсионного Ho анализа. даже использование этой программной надстройки не позволяет говорить 0 полноценном многофакторном дисперсионном анализе на уровне экспертной системы. И основная причина в том, что результат работы этой надстройки не дает конкретного ответа на величину влияния некоторых факторов или их взаимодействий на результирующую переменную, а лишь производит расчет промежуточных статистических показателей, значения которых ЛЛЯ неспециалиста в области математической статистики мало понятны.

Еще одним недостатком методов дисперсионного анализа из пакета анализа программы Excel является не совсем удобная для восприятия пользователем первоначальное представление анализируемых данных. Средства Microsoft Excel обладают достаточно развернутым интерфейсом отображения табличных данных, а пакет анализа оперирует с строго фиксированной структурой анализируемых данных, которая при значительном количестве факторов и производимых наблюдений просто не воспринимается пользователем.

Описанные недостатки пакета дисперсионного анализа программы Microsoft Excel не позволяют использовать в качестве экспертной системы многофакторного дисперсионного анализа в том виде, в котором он представлен разработчиками. Но тем не менее используя встроенные в Microsoft Excel инструментарий VBA можно не только значительно упростить саму технологию дисперсионного анализа, но и довести работу конечного пользователя с ней до уровня работы с экспертной системой.

Основные направления использования VBA в подобной разработке можно определить как создание формы первоначальной настройки параметров дисперсионного анализа (количество результирующих факторов, и степень точности наблюдений и их количество, доля вероятности определения влияния факторов), создание удобной формы представления исходных данных для анализа и в конечном итоге удобный вывод полученных результатов влияния факторов и их взаимодействия на результирующий признак.

Поскольку схема дисперсионного анализа оперирует стандартными математическими функциями входящими в комплект поставки Microsoft Excel, то применяя технологию VBA, можно даже не прибегать к дополнительным возможностям Пакета анализа, а использовать в работе стандартные функции математической статистики.

3.3 Основные понятия VBA, применяемые при разработке экспертной системы многофакторного анализа в Microsoft Excel.

Visual Basic for Applications (VBA) является общей языковой платформой для всех наиболее известных приложений Microsoft Office - Excel, Word, PowerPoint, Access и других . Развитая система визуального программирования для создания прикладных программ в среде Microsoft Office соблюдает основной синтаксис и правила программирования языков-диалектов Basic – BASICA и GW-BASIC. Концепция и синтаксис языка VBA рассмотрены в данной работе применительно к Microsoft Office XP.

VBA является полноценным языком программирования, позволяющим записать не только последовательно выполняемые пользователем действия, но и содержащим все необходимые конструкции языка программирования высокого уровня, включая разнообразные средства организации ветвлений, циклов и ведения диалога с пользователем. Весьма удобный редактор VBA позволяет не только писать и редактировать программы, но и вести их отладку. Microsoft Office имеет в распоряжении все необходимое для создания профессиональных приложений.

С помощью VBA можно создавать объекты управления графического интерфейса пользователя, задавать и изменять свойства объектов, подключать к ним соответствующий программный код. Методика программирования с использованием средств VBA сводится к следующему - создание объектов управления и контроля (диалоговые окна, пиктограммы, меню) и разработка процедур, используемых при вызове объектов. Прикладные программы на языке VBA оперируют со следующими понятиями:

- объект управления и контроля - экранные формы, графические элементы внутри форм, в том числе текстовые окна, линейки прокрутки, пиктограммы, окна-списки, командные кнопки и др.;

свойство (параметр) - характеристика или атрибут объекта управления;

- значение свойства;

- событие - действие, которое распознается объектом управления;

- метод доступа - аналогичное понятиям функция, оператор, который воздействует всегда на объект;

- процедура - подпрограммы и функции, произвольная последовательность операторов VBA; процедуры делятся на событийные (запускаются при наступлении событий) и общие процедуры.

Программы на языке VBA, функционирующих в среде Excel, создаются двумя способами в автоматическом режиме как результат построения клавишной макрокоманды и в неавтоматическом режиме путем создания программного кода. В качестве написания программного кода экспертной системы будет рассматривается вариант традиционного программирования на языке VBA применительно к Excel.

Средства VBA поддерживают технологию объектно-ориентированного программирования, которое представляет собой новый этап развития современных концепций построения языков программирования. Здесь получили дальнейшее развитие принципы структурного программирования - структуризация программ и данных, модульность. В основе объектно-ориентированного программирования лежит понятие объекта (object), сочетающего в себе данные и действия над ними. Объект в некотором роде похож на стандартный тип –запись (record), но включает в себя не только поля данных, но также и подпрограммы для обработки этих данных, называемые методами. Это, пожалуй, одно из ключевых понятий в VBA, и без его понимания обойтись просто невозможно.

В любом приложении Office две основные составляющие: содержимое (content) и функциональные возможности (functionality). Содержимое - это документы, обрабатываемые приложением, и их элементы: слова, числа, графика; сюда же относится и информация об атрибутах отдельных элементов (размер окна документа, цвет изображения или размер шрифта того или иного слова). Под функциональными возможностями подразумеваются способы работы С например: открытие, закрытие, добавление, содержимым удаление, копирование, вставка, редактирование или форматирование его элементов. Содержимое и функциональность приложения разбиваются на дискретные единицы, называемые объектами.

Объектом VBA считается некоторый элемент, который можно отобразить в окне приложения и, главное, на который можно воздействовать некоторым образом, изменяя его состояние. Например, диапазон ячеек рабочего листа можно увидеть в окне, и можно изменить его состояние, введя в ячейки этого диапазона данные, сменив цвет ячеек, используемый шрифт или иные характеристики. Таким образом, диапазон ячеек — это объект. Тем не менее существуют элементы окна приложения, не являющиеся объектами. Например, кнопки «Свернуть окно» и «Развернуть окно» не являются объектами. Вы можете пользоваться этими кнопками, но не можете изменить их. Напротив, само окно рабочей книги является объектом, поскольку оно может быть свернуто или развернуто с

помощью этих кнопок.

Изменить состояние объекта в VBA можно одним из двух способов: · изменив одно из свойств (Properties) объекта или выполнить некоторые действия, применив один из методов (Methods), ассоциированных с этим объектом

Таким образом, в объекте сосредоточены его свойства и поведение. Объектно-ориентированное программирование характеризуется тремя основными свойствами: инкапсуляция, наследование, полиморфизм. Наследование позволяет создавать иерархию объектов, начиная с некоторого простого первоначального (предка) и кончая более сложными, но включающими (наследующими) свойства предшествующих элементов (потомки). Эта иерархия в общем случае может иметь довольно сложную древовидную структуру. Каждый потомок несет в себе характеристики своего предка (содержит те же данные и методы), а также обладает собственными характеристиками. При этом наследуемые данные и методы описывать у потомка нет необходимости. Задаваемый объект позволяет локализовать в одном месте его свойства и сделать его в некотором смысле замкнутым по отношению к другим объектам и элементам программы, что, конечно, в ряде случаев упростить его программирование.

Существуют сотни самых разнообразных объектов VBA, многие из которых объединяются в семейства объектов. Перечислим здесь лишь несколько наиболее важных объектов, применяемых при разработке данной экспертной системы.

Application (объект «Приложение») - Этот объект представляет собой само приложение Excel в целом. Он включает в себя глобальные устанавливаемые параметры, такие, например, как используемый стиль ссылок на ячейки или режим проведения вычислений. Кроме того, он включает в себя встроенные функции Excel.

Windows (семейство «Окна») - Объекты этого семейства используются при свертке или развертке окна, разбиении его на части и фиксировании подокон. Принадлежащий к этому семейству объект ActiveWindow представляет собой активное в настоящий момент окно.

Workbooks (семейство «Рабочие книги») - Объекты этого семейства определяют состояние рабочей книги, например: не является ли она доступной

только для чтения; или какой из листов рабочей книги активен в настоящий момент. Принадлежащий к этому семейству объект ActiveWorkbook — это объект, который представляет собой активную в настоящий момент рабочую книгу.

Worksheets (семейство «Рабочие листы») - Объекты этого семейства используются при копировании или удалении рабочих листов, их скрытии или показе, проведении вычислений для формул рабочего листа. Принадлежащий к этому семейству объект ActiveWorksheet - это объект, который представляет собой активный в настоящий момент рабочий лист.

Range (объект «Диапазон») - этот объект позволяет изменять свойства диапазона ячеек, например, используемый шрифт, проверять или изменять содержимое ячеек, вырезать или копировать указанный диапазон, и многое другое. Это наиболее часто используемый в Excel объект. Принадлежащий к этому же классу объектов объект ActiveCell - представляет собой активную в настоящий момент ячейку. Следует обратить внимание на то, что не существует такого объекта, как Cell — отдельно взятая ячейка представляет собой частный случай объекта Range.

Объектом приложения верхнего уровня обычно служит объект APPLICATION, представляющий само приложение. Например, в модели объектов Microsoft Excel таковым является сам Microsoft Excel. Объект APPLICATION содержит другие объекты, доступ к которым возможен только в тот период, когда существует объект-приложение (т.е.при выполнении приложения). Так, объект APPLICATION Microsoft Excel содержит объекты WORKBOOK. Поскольку существование объекта WORKBOOKS зависит от существования объекта APPLICATION, принято говорить, что объект WORKBOOKS-потомок объекта APPLICATION, наоборот, **APPLICATION-предок** И объект объекта WORKBOOKS.

Зачастую невозможно добраться до того, что кажется содержимым файла. Например, до значений на рабочем листе Microsoft Excel, пока не пройдешь несколько уровней иерархии объектов; все дело в том, что это специфическая информация относится к конкретной части приложения. Иначе говоря, значение в какой-либо ячейке рабочего листа относится только к этой ячейке, а не ко всем ячейкам рабочего листа, и поэтому его нельзя хранить непосредственно в объекте WORKSHEET. Таким образом, содержимое и функциональность, заключенные в объекте, ограничиваются сферой его действия .При ссылке на объект в программе иногда приходится для уточнения задавать все объекты, лежащие на иерархическом пути к нужному объекту, при этом имена объектов отделяются друг от друга точкой. Например, чтобы присвоить значение 1 первой ячейке первого листа первой рабочей книги Excel, можно использовать следующий оператор VBA:

Application.Workbooks(1).Worksheets(1).Range("A1").Value = 1

У многих объектов-потомков у самих есть потомки. Например ,объект WORKBOOK содержит набор объектов WORKSHEET (или является предком); этот набор представляет все листы рабочей книги. У объекта-предка может быть несколько потомков .Например, у объекта WORKSHEET есть объекты-потомки: RANGE и др. По аналогии и у потомков может быть несколько предков. Например, объект WORKSHEET является потомком как объекта APPLICATION, так и объекта WORKBOOK. Взаимосвязь объектов, составляющих приложение вкупе с тем, как содержимое и функциональные возможности приложения распределяются между объектами, называют иерархией объектов, или моделью объектов. Каждый объект в иерархии включает в себя не только объекты более низких уровней, но и их содержимое и функциональность .Чем выше объект в иерархии, тем больше его содержимое и шире функциональные возможности. Например, объект APPLICATION содержит размер окна приложения и позволяет завершить работу приложения, объект WORKBOOK содержит имя файла и формат рабочей книги и позволяет сохранить ее, а объект WORKSHEET содержит имя рабочего листа и позволяет удалить рабочий лист.

В VBA всякий объект обладает определенными свойствами (Properties) и методами (Methods), описывающими этот объект или его состояние. Свойства и методы предназначены для доступа к содержимому и функциональности

объектов. Например, свойство Value объекта Range используется для просмотра значения в ячейке, Formula — определяет содержимое ячейки или диапазона ячеек. При ссылке на свойство объекта используется тот же самый синтаксис, что и при уточнении иерархического соподчинения объектов. Сначала указывается объект, затем ставится точка, за которой следует свойство - объект.свойство. Например, для ссылки на значение активной ячейки используется следующая запись - ActiveCell.Value.

Некоторые свойства объектов сами в свою очередь могут выступать в объектов. Так. например, объект Application имеет качестве свойство ActiveWindow, которое показывает, какое окно является активным в настоящий момент. В то же время ActiveWindow, как уже упоминалось, является объектом семейства Windows, который может иметь свойство ActiveCell, в свою очередь являющееся объектом класса Range. Далее, ActiveCell имеет свойство Font, также являющееся объектом, имеющим такие свойства, как Name, Size или Bold. Таким образом, возникает иерархия свойств-объектов, аналогичная иерархии "чистых" объектов. При ссылке на свойства нижних уровней могут использоваться иерархические ссылки вроде следующей - ActiveWindow.ActiveCell.Font.Size

Обычно при обращении к свойству или объекту не требуется полностью задавать весь иерархический путь, часто годится действующий по умолчанию путь, а может использоваться и специальный оператор With для уточнения пути сразу для группы операторов.

Дадим сводку некоторых типичных или наиболее часто используемых свойств для упомянутых выше объектов:

Объект Application ActiveWindow - активное окно ActiveWorkbook - активная рабочая книга ScreenUpdating - режим обновления экрана StandardFont - имя стандартного шрифта для новых рабочих листов Объект Workbook (элемент из семейства Workbooks) ActiveSheet - активный рабочий лист FullName - полное имя рабочей книги, включая путь Name - имя рабочей книги

Saved - признак состояния сохранения рабочей книги

Объект Worksheet

Name - имя рабочего листа

OnSheetActivate - имя процедуры, вызываемой при активизации рабочего листа пользователем

Previous - предыдущий рабочий лист

ProtectContents - режим защиты содержимого ячеек рабочего листа

Visible - режим видимости рабочего листа (скрыт или показан)

Есть два способа использования свойств объектов: можно либо получить текущее значение свойства, либо изменить свойство (то есть задать новое значение для этого свойства). При изменении свойства необходимо указать сначала имя объекта, а затем имя свойства, использовав в качестве разделителя точку, затем следует оператор присваивания и новое значение:

Объект.Свойство = новоеЗначение

В этом выражении новое значение может быть константой или формулой, возвращающей нужное значение, и принадлежать к одному из трех типов.

Очень важно четко понимать место конкретного объекта в модели объектов, так как невозможно работать с ним, пока не доберемся до него, пройдя по иерархии объектов .Обычно это означает, что для доступа к объекту нужно последовательно пройти все объекты, расположенные в иерархии до него. Например, чтобы добраться до требуемой ячейки рабочего листа, придется выстроить такую цепочку: приложение, рабочая книга, рабочий лист, ячейка.

Кроме свойств (Properties), объект имеет еще и присущие ему методы (Methods). Если свойство объекта описывает некоторое состояние этого объекта, то метод описывает действия, которые над ним можно выполнить. Например, в рабочем листе — объекте Worksheet — можно произвести перевычисление всех содержащихся на нем формул с помощью метода Calculate.

Синтаксис вызова метода отличается от синтаксиса ссылки на свойство объекта. Методам не присваиваются значения, они не сохраняются в какой-либо переменной. Все, что требуется при вызове метода — это сначала указать имя объекта, поставить точку в качестве разделителя, потом следует имя метода, а затем при необходимости могут следовать аргументы, указывающие, как должен выполняться метод. При указании фактических значений аргументов можно использовать не только их порядковое расположение в списке, но и определенные в VBA имена аргументов, что может сделать вашу процедуру понятнее и позволяет задавать значения аргументов в произвольном порядке, опуская при этом не использующиеся необязательные аргументы. Если аргументы вообще отсутствуют, то синтаксис вызова метода совпадает с ссылкой на свойство -Объект.Метод. Приведем примеры основных методов, используемых В разработке:

Объект Application (Приложение) Quit - завершает Excel

Undo - отменяет последнее выполненное действие

Объект Workbook (Рабочая книга)

Activate - активизирует рабочую книгу

Close - закрывает рабочую книгу

Save - сохраняет рабочую книгу

Save As - сохраняет рабочую книгу под другим именем

Объект Worksheet (Рабочий лист)

Activate - активизирует рабочий лист

Calculate - заново вычисляет значения в ячейках рабочего листа

Delete - удаляет рабочий лист

Protect - защищает рабочий лист

Unprotect - отменяет защиту рабочего листа

Объект Range (Диапазон)

Clear - полностью очищает диапазон

ClearContents - очищает содержимое ячеек диапазона

ClearFormats - очищает форматирование ячеек диапазона

- Сору копирует диапазон в буфер обмена
- Offset возвращает диапазон с указанным смещением относительно первоначального диапазона
- Paste вставляет содержимое буфера обмена в диапазон
- Select выделяет диапазон

Особое внимание следует уделить объекту Range, его свойствам и методам. Объект Range представляет отдельную ячейку, диапазон ячеек, целую строку, или колонку, несколько выделенных областей или трехмерный диапазон. Объект Range несколько необычен, поскольку может представлять как одну, так и множество ячеек. Для объекта Range не предусмотрен специальный объект-набор, и в зависимости от конкретной ситуации его можно считать либо отдельным объектом, либо набором.

Пожалуй, самый естественный способ получения ссылки на объект Range это метод Range. Имеются два вида синтаксиса для применения этого метода. Первый использует один аргумент - объект.Range(интервал), где объект - это объект типа Worksheet или Range, к которому применяется метод Range. Этот объект может быть опущен, и тогда предполагается, что метод Range применяется к активному рабочему листу - объекту ActiveSheet. Строка, описывающая диапазон, может содержать символы \$, задающие абсолютный стиль ссылок, но эти символы игнорируются и никак не влияют на определение диапазона. Если метод применяется к объекту типа Worksheet, то получается абсолютная ссылка на указанный диапазон разделитель списка - запятая. Например, следующий оператор ссылается на диапазон A1:B10 активного рабочего листа и очищает его рабочего листа.

Если же метод применяется к объекту типа Range, то ссылка считается относительной. Например, если текущая активная ячейка - это ячейка B3, то оператор Selection.Range("B1") возвращает ячейку C3, поскольку ссылка B1 считается относительной для объекта Range (активной ячейки B3), возвращаемого свойством Selection. В то же время оператор ActiveSheet.Range("B1") всегда возвращает ячейку B1.

Если используются имена для диапазонов ячеек рабочего листа, то они также могут использоваться в качестве ссылки на диапазон, например, оператор:

Range(«Условия»).Сору - копирует поименованный диапазон "Условия" в буфер обмена.

Другой синтаксис для метода Range использует два аргумента объект.Range(ячейка1,ячейка2) Эти два аргумента представляют собой ссылки на ячейки, определяющие верхний левый и правый нижний углы прямоугольного диапазона ячеек. Такой синтаксис может быть особенно удобен при определении изменяющегося диапазона ячеек, поскольку позволяет независимо формировать координаты верхнего левого и правого нижнего угла.

У любого объекта Range есть свойство Address, которое возвращает адрес ячеек диапазона в виде строки.

Метод Cells. Хотя метод Range и позволяет получить отдельную ячейку рабочего листа, однако чаще всего для этого используется другой, более удобный для этого конкретного случая метод — метод Cells. Этот метод возвращает в качестве объекта Range одиночную ячейку или семейство одиночных ячеек, а его особенное удобство заключается в том, что он использует стиль ссылок R1C1, то есть числовые значения, определяющие номер строки и столбца, на пересечении которых находится интересующая ячейка, или же просто порядковый номер ячейки на рабочем листе (напомним, что в одной строке рабочего листа Excel располагается 256 ячеек). Использование числовых аргументов особенно удобно при организации циклической обработки ячеек некоторого диапазона, что позволяет использовать в качестве счетчика цикла и аргумента метода Cells одну и ту же переменную. Итак, метод Cells имеет три вида синтаксиса:

объект.Cells(номерСтроки,номерСтолбца) объект.Cells(номерЯчейки) объект.Cells

Нумерация строк, столбцов и ячеек начинается с единицы, так что Cells(2,3) возвращает ячейку C2, а Cells(257) — ячейку A2. Третий вид обращения к методу Cells, без указания аргументов, возвращает семейство всех ячеек объекта. Вот

пример использования метода Cells. Этот цикл записывает в первые четыре ячейки первой строки текстовые значения «Квартал 1», «Квартал 2», «Квартал 3» и «Квартал 4»:

For номерСтолбца = 1 To 4

Cells(1,номерСтолбца). Value = "Квартал " & номерСтолбца

Next

При использовании метода Cells применяются абсолютные номера строк и столбцов. Однако иногда бывает нужно обратиться к ячейке, абсолютные номера строки и столбца которой не известны — нужно сделать относительную ссылку, например, обратиться к ячейке, расположенной на два столбца правее и одну строку ниже активной ячейки. Конечно, можно выяснить абсолютный адрес активной ячейки, а затем вычислить адрес интересующей вас ячейки, но для этого существует другой, более удобный способ: использовать еще один метод — Offset (смещение). Вот синтаксис, используемый для этого метода:

Объект.Offset(смещениеСтроки,смещениеСтолбца)

Смещение 0 означает отсутствие смещения, т. е. определяет использование тех же самых строк или столбцов, что и у первоначального объекта. Обратите внимание на то, что смещения могут быть и отрицательными числами. Используемый объект должен принадлежать к классу Range, т. е. может быть ячейкой или диапазоном ячеек. Если это диапазон ячеек, то и результат применения метода Offset также будет являться диапазоном ячеек такого же размера, смещенного на указанное количество строк и столбцов. Например, следующий оператор очищает содержимое диапазона ячеек B2:D3.

Range(A1:C2).Offset(1,1).ClearContents

Как и любой другой язык программирования высокого уровня VBA использует 11 стандартных встроенных типов данных – Boolean, Integer, Long, Singl, Double, Currency, Date, String, Objec, Array, Variant. Размер в байтах,

разрядность и диапазон являются стандартными для каждого типа. Также существует ряд известных понятий, некоторые из них рассмотрим в кратком виде.

Переменной называется поименованная область в памяти компьютера во время выполнения программы. Переменная требует явного объявления своего имени, которое образуют алфавитно-цифровые символы и специальные знаки. Имя буквы И представляет собой всегла начинается С непрерывную последовательность символов, но не более 255 символов и не содержит специальных символов. Каждая переменная имеет определенный тип значений и сферу действия, в противном случае ей приписывается тип Variant. Переменные, объявленные только в процедуре, действуют в пределах процедуры. Объявление переменной на уровне .модуля делает ее доступной для всех процедур модуля. При этом допускается переопределение имени переменной во вложенных процедурах. Для использования переменной во всех вложенных процедурах и модулях она объявляется глобальной на уровне внешнего модуля.

Константа - величина, сохраняющая постоянное значение во время выполнения программы, но изменяемая по желанию пользователя. Для констант существует понятие сфера действия. Различают глобальные константы (Public) и локальные константы. Локальные константы объявляются в пределах процедуры или модуля, глобальные константы - на уровне внешнего модуля и доступны для всех вложенных модулей и процедур. VBA имеет встроенные константы, которые применяют без специального объявления и начинаются с символов vb. Excel использует встроенные константы, начинающиеся символами xl.

Программные модули VBA состоят из процедур (одной или более). Процедура - минимальный модуль в составе прикладной программы на языке VBA. Процедуры имеют стандартное оформление:

Sub <имя_процедуры> (аргументы) тело процедуры (операторы) End Sub

Оператор Sub - объявление процедуры, задается имя, указывается состав аргументов, передаваемых при вызове процедуры из программы. Каждому

оператору Sub обязательно соответствует End Sub. Тело процедуры - набор последовательно выполняемых операторов на языке VBA. В программе можно не только использовать процедуры данного программного модуля, но и ссылаться на процедуры других модулей текущей рабочей книги, а также процедуры других рабочих книг. Различают четыре типа процедур:

- процедуры общего назначения (стандартные), как правило, не вносят изменений вне себя;

- командные процедуры расширяют возможности прикладных программ, реализуя новые виды обработки;

- процедуры обработки событий выполняются при наступлении событий определенного вида (например, открытие или закрытие электронной таблицы Excel, нажатие кнопки, перемещение объекта и т.п.);

- функции пользователя, возвращающие вычисленное значение, которое может быть использовано по аналогии с вызовом встроенных функций VBA.

Если в момент вызова процедуре передаются какие-то величины либо значения при ее выполнении, определяют список аргументов, который содержит данные обмена с вызывающей процедурой. В теле процедуры могут быть объявлены внутренние переменные, которые не являются предметом обмена с вызывающей процедурой, такие переменные не могут изменяться вне пределов вызываемой процедуры. При завершении работы вызываемой процедуры и передаче управления вызывающей процедуре происходит потеря значений переменных, объявленных в вызываемой процедуре.

Встроенные функции VBA обеспечивают сложные виды обработки данных, избавляя пользователя от разработки собственных программ. Функции имеют аргументы, в качестве которых используются переменные, константы, выражения. Как правило, встроенные функции VBA возвращают отдельные значения. Категории встроенных функций VBA – математические, строковые, даты и времени, преобразование типов данных и функции файловой системы.

VBA относится к категории языков структурного программирования и позволяет использовать стандартные управляющие структуры, к которым относятся: условный оператор IF, Оператор выборки Select Case, Оператор цикла

For-Next, Цикл Do-Loop, Цикл While-Wend, ЦиклFor Each

В VBA существует несколько типов диалоговых окон, которые необходимы для поддержания в программе интерактивного режима работы конечного пользователя (вывод сообщений пользователю, прием и интерпретация указаний, введенных пользователем, и др.) Диалоговые окна для обмена сообщениями окно-сообщение Окно-сообшение с командными простое И кнопками. Диалоговые окна для ввода данных вызываются функцией InputBox() и обеспечивают формирование окна для вывода строки сообщения и ожидания ввода строки символов или нажатия кнопки. Оно возвращает содержание блока. Лиалоговые окна пользователей обеспечивают текстового ввол и редактирование данных файлов и таблиц. Экран этого окна содержит основу для построения диалогового окна пользователя. Диалоговое окно пользователя включает следующие элементы метки, окно списка для выбора, поля ввода с наличием многострочного текста И вертикальной линейки прокрутки, раскрывающиеся списки и кнопки управления.

Обобщая краткую характеристику VBA, следует отметить, что объектноориентированного программирования обладает рядом преимуществ при создании больших программ. В частности, к ним можно отнести:

- использование более естественных с точки зрения повседневной практики понятий, простота введения новых понятий;

- сокращение размера программ за счет того, что повторяющиеся (наследуемые) свойства и действия можно не описывать многократно;

- использование динамических объектов позволяет более эффективно использовать оперативную память;

возможность создания библиотеки объектов;

- возможность написания подпрограмм с различными наборами формальных параметров, но имеющих одно и то же имя;

- возможность разделения доступа к различным объектам программы.

Однако следует иметь в виду, что объектно-ориентированное программирование обладает и рядом недостатков и эффективно не во всех случаях. Неэффективно его применять к небольшим программам, поэтому его можно рекомендовать при создании больших программ, а лучше даже класса программ. Можно сказать, что объектно-ориентированное программирование скорее не упрощает саму программу, а упрощает технологию ее создания. Применительно к Microsoft Excel этот недостаток не столь существенен, потому что работа этого приложения основана на использование стандартных объектов, которые не надо дополнительно описывать. К ним также относятся изменяемые элементы приложения - например слова, абзацы, сноски или колонтитулы, ячейки, рабочие листы, диаграммы рабочей книги, а также и само приложение Excel.

3.4 Разработка экспертной системы в программе MS Excel

Программа Exel предоставляет пользователю уникальную возможность связи модели объектов с пользовательским интерфейсом. С объектами приложения можно взаимодействовать двумя способами: вручную - через пользовательский интерфейс и программно. В первом случае используется клавиатура или мышь, или и то, и другое. Во втором случае, программируя на VBA, проходя по иерархии объектов, и спускаясь с объекта верхнего уровня до объекта, включающего в себя нужное содержимое и функциональность, можно в полной мере использовать все свойства и методы пользовательского интерфейса.

Пользовательский интерфейс и VBA - это два способа доступа к содержимому и функциональности. Имена большинства объектов, свойств и методов совпадают с названиями элементов пользовательского интерфейса, а общая структура модели объектов напоминает структуру пользовательского интерфейса. В целом это означает, что для любой операции, которую можно выполнить через пользовательский интерфейс, существует эквивалентный программный код, описанный на VBA. Диалоговый характер Excel обусловлен самой сущностью этого табличного процессора. На экране перед пользователем раскрыт один из рабочих листов книги (xls-файла). Если должным образом организовать перемещение между ячейками рабочего листа, то ввод данных и проведение расчетов образуют единый процесс, который, в случае применения программного кода на языке VBA, можно сделать программно-управляемым. Иначе можно сказать что все действия, которые может совершать пользователь – открытие/закрытие книги Excel, форматирование границ ячеек и таблиц, вставка/удаление ячеек, строк, столбцов, использование формул в ячейках, печать, сохранение и другие операции можно с полной точностью описать используя инструментарий VBA. Именно на этих двух способах пользовательского интерфейса Excel будет основано создание экспертной системе в программе Excel. Остановимся на этом немного подробней.

Как уже отмечалось, одним из свойств экспертной системы – является моделирование не сколько физической (или иной) природы определенной проблемной области, сколько механизм мышления человека применительно к решению задач в этой предметной области. Несложно представить выполнение программе Excel с применением расчетов В методов многофакторного дисперсионного анализа пользователем-экспертом. Пользователь-эксперт, В областью совершенстве владея предметной методикой проведения многофакторного дисперсионного анализа, с легкостью подготовит требуемую структуру исходных данных для исследования. Затем используя стандартный набор статистический функций из Excel или применив возможности из встроенного пакета анализа, проведет необходимые расчеты, интерпретирует полученный результат в удобную для восприятия форму и предоставит его конечному пользователю. Эта задача вполне успешно решается экспертом, при условии что он в достаточной мере владеет основными приемами работы в программе Excel. В случае если эксперт не обладает достаточным опытом работы в Excel, то придется обратиться к услугам программиста - инженеру знаний, который получив от эксперта стратегии и эмпирические правила предметной области, встроит их в создаваемую программу.

Конечному пользователю в случает отсутствия эксперта и инженера знаний, будет достаточно сложно проделать все эти операции самостоятельно. Он может допустить ряд характерных ошибок. Ошибки пользователя непосредственно в предметной области – неправильное понимание и структурная интерпретация методов многофакторного дисперсионного анализа. Другой вид характерных ошибок связан непосредственно с работой в программе Excel. Ошибки могут быть в основном при работе со статистическими функциями входящими в программу Excel. Не зная особенностей применения этих функций для дисперсионного анализа пользователь может нарушить саму схему его проведения. Даже если пользователь обратится за помощью к программисту (инженеру знаний), ошибок не избежать – программист не может знать предметную область на уровне эксперта. В любом случае доверие к полученным результатам будет не большое.

Можно считать, что выход ситуации, ИЗ когда нет возможности воспользоваться услугами эксперта может состоять в том, чтобы попросить запрограммировать Excel эксперта заранее В конкретную методику многофакторного дисперсионного анализа, а потом используя сохраненный шаблон, подставлять в него новые анализируемые значения и получать результат. Такая схема в принципе применима, для какой-то конкретной модели с оговоренным характеризуемыми признаками, например, количеством факторов на каждом уровне, количеством производимых измерений, степени точности оценки влияния факторов. В случае, если для анализа предметной области будут использоваться другие характеризующие признаки, подготовленная ранее экспертом модель работать не будет. Придется эксперту (совместно с инженером знаний) перепрограммировать ее уже на новые параметры. И опять же без помощи эксперта обойтись не удастся. Такая схема не соответствует основному принципу работы экспертных систем – имитировать механизм мышления человека применительно к решению задач из некоторой предметной области.

Единственный правильный выход в этой ситуации состоит в том, чтобы заложить в создаваемую экспертную систему механизм, который бы позволил обрабатывать практическую любую модель многофакторного анализа С набором характеризующих признаков. произвольным Эксперт описывает предметную область, программист (инженер знаний) описывает эту предметную область средствами программы Excel, расширяя ИХ применением VBA, полученная программа предоставляется конечному пользователю, который сможет ее использовать не прибегая больше к помощи эксперта и программиста (инженера знаний).

Немаловажная роль в процессе разработки экспертной системы средствами

Excel и VBA отводится программисту (инженеру знаний). Его задача используя предложенный инструментарий полностью воссоздать механизм мышления и действия эксперта при решении задачи. Эксперт, используя методику проведения дисперсионного анализа, описанную в теоретической части, будет пользоваться стандартным инструментальным набором, заложенным в программу Excel, в который включено 78 статистических функций. Применительно к дисперсионному анализу можно использовать В различном сочетании статистические функции:

СЧЁТ(зн1; зн2; ...)

Подсчитывает количество чисел в списке аргументов. Функция используется для получения количества числовых ячеек в интервалах или массивах ячеек

СРОТКЛ(ч1; ч2; ...)

Возвращает среднее абсолютных значений отклонений точек данных от среднего.

СРЗНАЧ(ч1; ч2; ...) Возвращает среднее (арифметическое) своих аргументов

КВАДРОТКЛ(ч1;ч2;...)

Возвращает сумму квадратов отклонений точек данных от их среднего

СТАНДОТКЛОНП(ч1;ч2;...)

Вычисляет стандартное отклонение по генеральной совокупности.

ДИСПР(число1;число2; ...)

Вычисляет дисперсию для генеральной совокупности

А также стандартные математический функции:

СТЕПЕНЬ(число;степень)

Возвращает результат возведения числа в степень

ПРОИЗВЕД(число1;число2; ...)

Перемножает числа, заданные в качестве аргументов и возвращает их произведение

ОКРУГЛ(число;число_разрядов)

Округляет число до указанного количества десятичных разрядов

КОРЕНЬ(число)

Возвращает положительное значение квадратного корня

СУММ(число1;число2; ...) Суммирует все числа в интервале ячеек

СУММКВ(число1;число2; ...)

Возвращает сумму квадратов аргументов

Задача эксперта правильно применить их согласно методики проведения многофакторного дисперсионного анализа. В случае работы с функциями в режиме пользовательского интерфейса (эксперт все делает в диалоговом режиме без VBA - программирования), первоначально согласно характеризующих подготавливается лист с Затем признаков исходными данными. В необходимые соответствующие ячейки вставляются математические И статистический функции, в аргументах которых указываются обрабатываемые Форматируется получаемыми диапазоны ячеек. лист С выводами. При значительном опыте в предметной области осуществление этих операций не создает особых трудностей, поскольку сама программа Excel достаточно проста и понятна в работе. Трудности возникают в случаях, когда приходится всяких раз проводить дисперсионный анализ с различными характеризующими его признаками. Основная сложность состоит в том, что в вставленных в ячейки формулах приходится вручную менять диапазоны обрабатываемых ячеек, потому как может меняться не только количество факторов на каждом уровне, но и количество проводимых выборок, а значит и изменяется структура исходных данных. Если при работе используется режим пользовательского интерфейса, то

делать это всякий раз придется вручную, что не исключает допущения различного рода ошибок.

В случае, если указанные выше действия проводить применяя программный код VBA, то можно исключить все описанные недостатки работы через пользовательский интерфейс. Сама технология работы будет тогда выглядеть следующим образом. Первоначально, исходя применяемой ИЗ модели многофакторного дисперсионного анализа пользователем задаются все необходимые характеризующие его признаки, потом на основании этих признаков программно форматируется лист с исходными данными, далее программно в соответствующие ячейки вставляются необходимые математические И статистический функции, в аргументах которых указываются обрабатываемые диапазоны ячеек, форматируется лист с получаемыми выводами. Следует заметить что все эти действия делаются только с использованием средств VBA применительно к объекту Range с использовании метода Cells и полностью выполняются в автоматическом режиме согласно оговоренной экспертом методики проведения многофакторного дисперсионного анализа. Полученный в результате этого запрограммированная книга Excel ничем не отличается от той, которую бы эксперт, используя инструменты пользовательского сделал интерфейса.

Существенное же отличие этих подходов будет заключаться в том, что если необходимо будет выполнить дисперсионный анализ ПО другим характеризующим признакам, TO конечный пользователь самостоятельно, используя программу VBA подготовит исходную структуру буквально за считанные секунды, а эксперту с использованием пользовательского интерфейса придется затратить на это значительно время. Именно тот факт, что конечный пользователь теперь сможет самостоятельно работать, говорит от том, что программа с которой он будет работать соответствует понятию экспертная система, ведь она используя инструментарий VBA полностью моделирует механизм мышления человека-эксперта, работающего в среде Excel.

Применительно к инструментарию VBA, входящего в программу Excel можно сказать, что VBA, как и любой другой специализированный программный

пакет, оперирует стандартными понятиями объектно-ориентированного языка программирования, требующих однотипных подходов к решению поставленной задачи. Эти понятия, подробно были описаны в начале третьей главы и именно они позволяют использовать платформу VBA, не обладая не специальными знаниями, не особыми навыками программирования в этой среде. Можно с определенной долей уверенности утверждать, что программист знакомый с любым из объектно-ориентированных языков программирования за достаточно короткий срок может освоить VBA и это обеспечит ему быстрое получение требуемого результата при минимуме затрат времени.

В любом языке программирования есть небольшие отличия, которые имеют место именно в этом языке программирования и отсутствуют в других. Это может быть более расширенный или упрощенный набор команд, функций, операторов, методов, средств компиляции, отладки и других. Не составляет исключение и VBA. Отличительная его особенность применительно к работе в Excel – это разный подход к синтаксису практически всех функций при работе через пользовательский интерфейс (ручной ввод) и использование этих же функций через инструментарий VBA. Приведем простой пример. Функция возвращающая среднее (арифметическое) своих аргументов. При ручной вставке ее в ячейку через пользовательский интерфейс используется синтаксис - СРЗНАЧ(ч1; ч2; ...), а вот если то же самое нам надо сделать программно, с использованием инструментария VBA, то синтаксис этой функции примет вид – AVERAGE(arg1, arg1,...). Описанное выше отличие применимо для всех используемых функциях. Подробное описание синтаксиса функций при использовании ИХ через инструментарий VBA приведено в справочной системе, входящей в пакет MS Excel. Остановимся более подробно на работе алгоритма многофакторного дисперсионного анализа с применением инструментария VBA.

3.5 Описание работы программы на VBA для многофакторного анализа в среде MS Excel.

Перед проведение многофактороного дисперсионного анализа необходимо заранее оговорить условия его проведения, так называемую модель, которая

характеризуется следующими признаками – количеством влияющих факторов, количеством уровней каждого влияющего фактора, количеством наблюдаемых измерений (опытов) и уровня значимости.

В качестве примера для разработки экспертной системы рассмотрен вариант проведения двуфакторного дисперсионного анализа, теоретические основы которого подробно рассмотрены во второй главе. Количество уровней каждого влияющего фактора может быть различным, и определяется пользователем самостоятельно в зависимости от задачи для которой применяется анализ. Количество наблюдаемых измерений (опытов) также может быть различным и зависит от условий проведения измерений. Уровень значимости (в статистике его называют критическим значением Фишера) зависит от точности задачи исследования и в основном имеет значения 0,05, 0,01, 0,001 или соответственно 95%, 90% или 99%.

Переменными параметрами для модели двуфакторного дисперсионного анализа будут являться количество уровней влияющих факторов и количество наблюдений. Уровень значимости исключается из переменных параметров модели двуфакторогого дисперсионного анализа, поскольку он проверяется при помощи таблицы критических значений Фишера и не влияет на алгоритм проведения расчетов экспертом, хотя оказывает существенное влияние на конечный результат. В итоге можно считать переменными параметрами только количество уровней влияющих факторов и количество проводимых измерений (опытов). С учетом того, что создаваемая экспертная система многофакторного анализа должна быть универсальной, то есть быть применима для проведения различных расчетов не только в разных областях применения, но при различных переменных параметрах, алгоритм ее работы должен быть работоспособен при различных условиях. Фактически сам алгоритм построения вычислений должен воссоздавать работу эксперта при проведении вычислений – только в этом случае этот алгоритм может быть положен в основу экспертной системы.

В качестве интерфейса программы используется интерфейс программы Excel со стандартным набором панелей меню для форматирования, редактирования данных, диалоговыми окнами и другими элементами интерфейса Exel. В качестве ввода/вывода информации используются листы книги Exel. Для работы пользователя доступны листы «Наименование данных», «Данные» и «Анализ». Листы «Таблица средних» и «Результаты» предназначены для выводя промежуточных вычислений и служат основой для окончательного вывода о степени влияния факторов на результирующий признак.

Как задача ранее было отмечено _ эксперта при проведении многофакторного анализа в среде Exel с использованием пользовательского интерфейса – подготовить лист с исходными данными, затем в соответствующие ячейки вставить необходимые математические и статистический функции, в аргументах которых указать обрабатываемые диапазоны ячеек и сформировать полученные выводы. А при изменении переменных параметров модели многофакторного анализа, ввести соответствующие изменения не сколько в алгоритм проведения расчетов, столько в структуру и диапазон обрабатываемых данных. При использовании вместо эксперта, программного кода на VBA это должно делаться автоматически, при этом фактически производятся все действия которые бы совершал при этом эксперт. Именно эту задачу выполняет описываемая ниже программа на VBA. Блок-схема работы программных модулей экспертной системы приведена в Приложении А.

Для наглядности отображения данных введены несколько параметров, характеризующих наименование результирующих факторов, количество и наименование их уровней, точность проводимых расчетов. Эти параметры не изменяют методику проведения многофакторного анализа, а служат для удобства работы пользователей.

Работа с программой начинается с заполнения значений в группе элементов «Структура данных» и «Параметры наблюдений» листа «Наименование данных». После заполнения количества и наименования уровней обоих факторов, и других данных, пользователь нажимает кнопку «Сформировать структуру». При этом формируется необходимая структура данных и согласно методики проведения двуфакторного дисперсионного анализа расставляются в соответствующие ячейки необходимые математические формулы. Фактически получается готовая форма для проведения многофакторного анализа. Если внимательно посмотреть на

69

листы, которые выводят результаты расчетов – «Таблицы средних», «Результаты» и «Анализ», то можно заметить, что в необходимых ячейках уже находятся соответствующие формулы. Эти формулы были вставлены в ячейки методами VBA. Пользователю остается только заполнить лист «Данные» соответствующими значениями наблюдений и на листе «Анализ» получить вывод о влиянии исследуемых факторов на результирующий признак. Если изменить параметры проведения анализа, например изменить число уровней влияющих факторов или количество наблюдений, и заново сформировать структуру – формулы в ячейках будут соответствовать вновь установленным значениям и диапазонам данных. Фактически используя инструментарий VBA и основываясь на методике проведения вычислений – воспроизводится работа эксперта.

Полный текст программы на VBA приведен в Приложении Б. Остановимся подробней на работе программного кода на VBA. Первым делом объявляются переменные.

Public всего As Integer 'количество измерений, наблюдений или опытов
Public fak1 As Integer ' кол-ва уровней фактора-1
Public fak2 As Integer ' кол-ва уровней фактора-2
Public fak1имя As String ' Наименование фактора-1
Public fak2имя As String ' Наименование фактора-2

Переменные служат для хранения различных как постоянных, так и временных значений, которые могут быть текстовыми, числовыми и что не мало важно – хранить значения объектов – например целые диапазоны ячеек со значениями. Это так называемые объектные переменные. В программе их несколько:

Public ячейки_данных As Range 'диапазон данных для исследования Public общее среднее As Range 'ячейка общего среднего

Использование переменных, упрощает построение программы на VBA, оптимизирует ее размер и отладку.

Программный код организован виде так называемых процедур (Sub). Рассмотрим по порядку работу программных модулей в том порядке, в котором они выполняются при работе пользователя с программой.

После заполнения пользователем параметров структуры обрабатываемых наблюдений, нажимается кнопка «Сформировать данных И параметров структуру», в результате чего управление передается в программный модуль в первую очередь через процедуру Sub bgn() «Zapolnuty», в котором присваиваются начальные значение объявленным переменным и определяются параметры проводимого анализа. Параметры проводимого анализа определяются исходя из значений, которые пользователь внес в соответствующие ячейки листа «Наименование Данных». После выполнения команд процедуры bgn(). управление передается обратно в процедуру Sub Zapolnuty(), где для исключения ошибочных действий пользователя проверяются ряд условий на ошибочно введенные данные, например указание количества уровней факторов 1 и 2:

If $fak_1 = 0$ Or $fak_2 = 0$ Then

MsgBox ("Должно быть указано количество обоих факторов.")

Поскольку программа Exel имеет ряд ограничений, например количество используемых на листе столбцов не должно превышать 256, то исходя из модели проведения двуфакторного анализа проверяем, чтобы таблица данных не содержала столбцов больше, чем может поместиться на листе Excel. Будем считать, что исходя из модели двуфакторного анализа, реализуемой средствами Excel, максимальное количество уровней любого из фактора не может быть 16 (16 * 16 = 256). Следует заметить, что на практике при многофакторном анализе редко приходится встречаться с анализом, когда количество уровней влияющих факторов превышает пять-шесть уровней, поэтому имеющееся ограничение Excel в данном случае будет не существенным. Соблюдение условия максимального количества уровней влияющих факторов, проверяется в следующей инструкции:

ElseIf fak1 > 16 Then

.

71

..... End If

Поскольку не только количество столбцов является ограничением Exel, но и количество строк на листе (не должно превышать 65535), проверяем условие на максимальное количество измерений (наблюдений):

```
If всего > макс_измерений Then

MsgBox ("......" & макс_измерений & Chr(13) & ".....")

Range("E16").Select

Exit Sub

End If
```

После проверки всех ограничивающих условий, формируется формат отображения чисел в таблицах, проверяется корректность заполнения уровня значимости и в итоге на листе «Наименование данных» формируется таблица, в которой можно для удобства можно указать наименования уровней обоих факторов. Количество ячеек в таблице рассчитывается автоматически согласно указанных пользователем количества уровней факторов. Делается это с помощью следующих команд на VBA:

```
For i1 = 1 To fak1
Cells(sdvig + i1, 7) = i1
Next i1
Аналогичные действия для уровней фактора Б
```

```
For i2 = 1 To fak2
Cells(sdvig + i2, 9) = i2
Next i2
rge,
```
переменная sdvig – номер строки на листах, с которой начинаются данные таблиц.

Для упрощения процедуры формирования таблиц данных и результатов, введены так называемые опорные ячейки, значения которых являются опорными координатами для построения таблиц. Кроме переменной sdvig, для этих целей используются переменные с одноименными названиями «строка» и «столбец». Границы ячеек обоих сформированных таблиц выделяются следующим кодом:

Dim dd As Range

'формат таблицы названий уровней фактора-1 Set dd = Range(Cells(sdvig + 1, 7), Cells(sdvig + fak1, 8)) dd.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous

Через команду Set присваивается ссылка на объектную переменную, чтобы потом через доступ к соответствующим свойствам ячеек, форматировать весь диапазон, который присвоен объектной переменной dd. Например через свойство «Borders», выставляется тип границы ячеек, а через свойство «Interior», цвет внутри ячеек устанавливается на белый:

dd.Interior.ColorIndex = xlNone

Переприсвоив значение объектной переменной «dd», аналогично форматируются ячейки для второго фактора:

Set dd = Range(Cells(sdvig + 1, 9), Cells(sdvig + fak2, 10)) dd.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous

Лля удобства восприятия, обоих факторов V номера уровней устанавливаются по центру через доступ к свойству «HorizontalAlignment», которое должно иметь значение «xlCenter». Фактически с помощью доступа к свойствам объектов «Range» или «Cells» можно отформатировать их также, как делается это через пользовательский интерфейс при использовании команд меню «Формат» - «Ячейки». Форматированием ячеек свойств уровней фактора заканчиваются работа с листом «Наименование данных». Далее с помощью инструкции «Call» управление передается процедурам по работе с другими листами:

Call форматирование_листа_данных Call форматирование_таблицы_средних Call Форматирование_таблицы_результатов Call Формирование_листа_Анализа

В процедуре «Форматирование листа данных» происходит создание структуры листа Exel для ввода анализируемых данных. Этот лист формируется в строгом соответствии с количеством уровней факторов и количеством наблюдений (опытов). Лист данных предназначен для заполнения пользователем данных полученных в ходе наблюдения (опыта). Структура для ввода данных позволяет в удобно воспринимаемой форме представить для анализа исходные данные. Алгоритм построения таблицы данных схож с предыдущей процедурой,

используются те же инструкции и операторы VBA. При этом названия столбцов и строк таблицы автоматически заполняются значениями, установленными пользователем листе «Наименование цифр на данных». a точность устанавливается в соответствии со значением «Точность данных после запятой». Делается это с помощью вставки в ячейку средствами VBA соответствующих формул. Следует обратить внимание, что синтаксис этих формул отличается от тех, которые обычно видит пользователь в значении ячейки. Например, для отображения названия уровня фактора, в ячейке на листе отображается

=ЕСЛИ(ЕПУСТО(.....);...;...)

а в VBA для того, чтобы получить такое значение в ячейке, ей необходимо присвоить следующее значение

=IF(ISBLANK(.....);...;...)

Как отмечалось выше – эти отличия обусловлены разным подходом к синтаксису функций при работе через пользовательский интерфейс (ручной ввод) и использование этих же функций через инструментарий VBA. Применяя к объектам «Range» метод «Merge» можно объединять ячейки:

Sheets("Данные").Range(.....).Merge

Объединение ячеек с помощью метода «Merge» применяется для удобства отображения названия уровней первого влияющего фактора.

В обоих описанных процедурах, создание и форматирование таблиц происходит с использованием инструкции:

```
For counter = start To end [Step step]
[statements]
[Exit For]
```

[statements]

Next [counter]

Инструкция выполняет повторение группы инструкций [statements] указанное число раз. В качестве инструкций [statements] выполняются команды по форматированию ячеек, а количество их повторений зависит от количества уровней первого или второго фактора и количества наблюдений (опытов), которые хранятся в ранее объявленных переменных – «fak1», «fak2», «всего» и других. Несмотря на кажущуюся простоту такого подхода к формированию таблицы – результат достигается без применения сложных алгоритмов, что позволяет применять его даже начинающим программистам. В дальнейшем этот прием по работе с формированием таблиц используется во всех остальных процедурах. В результате выполнения программных команд процедуры «форматирование листа данных» получается удобная форма для ввода анализируемых данных, столбцы которой сформированы и подписаны с учетом параметров проводимого анализа. Пользователю остается только заполнить данными соответствующие строки и столбцы.

С учетом того, что программа Exel поддерживает экспорт данных из различных источников, в частности из других листов Exel, Web-страниц, XML и текстовых файлов, файлов баз данных различных форматов, то заполнение листа результатами наблюдений может быть автоматизировано как с применением средств импорта данных в Exel, так и с применением средств экспорта данных в Exel, так и с применением средств экспорта данных в Exel других программ (например выгрузка данных в Exel из СУБД MS Access). В рамках этой работы не ставится цель показать возможности Exel по импорту данных, поэтому предполагается, что данные наблюдений (опытов) будут вводится пользователем вручную.

После выполнения процедуры «форматирование_листа_данных» управление передается в процедуру «форматирование_таблицы_средних», в которой происходит создание и форматирование так называемых таблиц средних значений. Следует отметить, что методика проведения многофакторного анализа достаточно сложна, и возникает необходимость проведения промежуточных расчетов, результаты которых используются для формирования окончательных результатов. Именно для этих целей в программе формируется дополнительный лист Exel – «Таблица средних», в котором и происходят промежуточные вычисления.

Использование «Таблицы средних» позволяет сохранять промежуточные значения в ячейках листа Exel, и для окончательных расчетов использовать эти значения, а не применять сложные формулы, которыми было получено промежуточное значение. Дело в том, что общая длина формул, которыми присваивается значение ячейке не должна превышать 256 символов. Если не использовать сохранение промежуточных результатов, то из-за этого ограничения использование некоторых формул, математической статистики, которые оперируют со сложными диапазонами ячеек было бы не возможно. Сохранение промежуточных результатов позволяет обойти это ограничение Exel и может использоваться для наглядной демонстрации методики проведения многофакторного анализа. Пользователь который работает с программой может не использовать в работе данные этого листа. При желании лист может быть скрыт от пользователя через команды меню «Формат» - «Лист» - «Скрыть».

Формирование листа «Таблица средних» начинается с создании таблицы средних значений уровней обоих факторов. Согласно методике проведения многофакторного анализа, таблица средних значений формируется на основании ранее сформированной таблицы данных. При этом определяются формулы подсчета групповых средних по ячейкам, строкам, столбцам и общая средняя. При подсчете средних используется статистическая функция

СРЗНАЧ(число1; число2; ...) где, число1, число2, ...— это от 1 до 30 аргументов для которых определяется среднее значение

В качестве аргументов могут быть как числа, так и диапазоны ячеек. В нашем случае удобней использовать диапазоны ячеек. Поскольку параметры

проводимого многофакторного анализа определены ранее пользователем указано количество уровней обоих факторов, количество измерений, то рассчитать диапазон ячеек для которого определяется среднее не составит затруднений. При этом диапазон ячеек определяется в текстовом виде, используя свойство Address, к определенному с помощью объектов Range и Cells диапазона ячеек. Формула СРЗНАЧ(число1; число2; ...) VBA на имеет вил AVERAGE(число1; число2), где в качестве аргументов используется диапазон ячеек определенный с помощью свойства Address. Таблица средних значений уровней обоих факторов является таблицей с промежуточными результатами, которые служат для выполнения дальнейших вычислений.

На основании таблицы средних значений уровней обоих факторов формируется структура промежуточной таблицы квадратов смешанных эффектов обоих факторов. При формировании таблицы в качестве формул используется формула возведения в степень. В данном случае возведение в квадрат (вторая степень). В Ехеl эта формула имеет вид

СТЕПЕНЬ(число;степень)

где,

число — основание. Оно может быть любым вещественным числом. степень — показатель степени, в которую возводится основание.

На VBA эта функция будет иметь вид

POWER(число;степень).

На листе «Таблица средних» в качестве таблиц с промежуточными расчетами формируются еще две таблицы - таблица квадратов отклонений от общего среднего и таблица квадратов отклонений от группового среднего. Для расчета значений используется описанная выше функция СТЕПЕНЬ() – аналог на VBA – POWER(), В качестве аргументов используются разница между значением каждого фактора и общим средним для таблицы отклонения от общего среднего.

При этом значение каждого фактора берется из таблицы «Данные», а значение общего среднего сохранено в переменной «общее_среднее». Для таблицы отклонений от группового среднего в качестве аргуменотов функции POWER() используются соответствующие значения из таблицы «Данные» и ранее сформированной промежуточной таблицы средних значений уровней обоих факторов. Адреса ячеек и адреса диапазонов при использовании в формулах формируются с использованием объектов Range и Cells. Форматирование таблиц – установка границ, формат чисел и другие действия выполняются с использованием доступа к соответствующим свойствам диапазона ячеек с помощью VBA.

В результате выполнения программных команд процедуры Sub форматирование_таблицы_средних() происходит формирование промежуточных таблиц с данными, которые используются для формирования окончательных результатов.

Поскольку всякий результат вычислений должен быть обоснован на основании произведенных расчетов, в программе формируется лист Exell – «Результаты». Лист «Результаты» формируется командами из процедуры Sub Форматирование_таблицы_результатов. Формулы на основании которых вычисляются соответствующие значения приведены во второй главе в Таблице 3. На листе «Результаты» последовательно формируются формулы для расчета всех компонентов многофакторного анализа – взвешанная сумма квадратов обоих факторов и их взаимодействия, сумма квадратов взаимодействия случайных факторов и сумма квадратов общих эффектов. Для расчета этих значений применяется статистическая функция, которая возвращает сумму квадратов отклонений точек данных от их среднего. Синтаксис этой функции в Exel:

КВАДРОТКЛ(число1;число2;...)

где,

Число1, число2, — это от одного до 30 аргументов, квадраты отклонений которых суммируются.

В качестве аргументов можно использовать ссылки на объектные

переменные, описывающие диапазоны ячеек. Синтаксис этой функции в VBA выглядит следующим образом:

DEVSQ(число1;число2;...)

Число степеней свободы для каждого фактора, их взаимодействия и число степеней свободы случайных факторов определяется исходя их соответствующих формул. Вывод этих формул средствами VBA не представляет сложностей, поскольку в них используются простые математические действия – вычитание и умножение. Этими простыми математическими действиями рассчитываются средние квадраты эффектов обоих факторов, их взаимодействие и средний квадрат эффекта взаимодействия случайных факторов. На основании этих данных рассчитываются значения статистик для проверки так называемых нулевых гипотез. Статистики рассчитываются для обоих факторов и их взаимодействия. Расчетные статистики сравниваются соответствующими табличными с **F**-критерия Фишера-Снедекора, значениями ДЛЯ определения которых используется статистическая функция FPACПОБР, которая имеет следующий синтаксис в программе Excel:

FPACПОБР(вероятность; степень_свободы1; степень_свободы2)
где,
вероятность — это вероятность, связанная с F-распределением.
степени_свободы1 — это числитель степеней свободы.
степени_свободы2 — это знаменатель степеней свободы.

Значение вероятности задается пользователем (поле со значением уровня значимости), степени свободы определяются по установленным формулам и их рассчитанные значения находятся в соответствующих ячейках – числитель в J17, J18, J19, а знаменатель в ячейке J20. В VBA функция F-критерия Фишера-Снедекора имеет следующий синтаксис:

FINV(вероятность; степень свободы1; степень свободы2)

Формированием листа «Результаты» заканчивается реализация методики проведения многофакторного анализа с использованием средств VBA. Расчетных значений, которые будут представлены на этом листе, для профессионалаэксперта будет достаточно, чтобы сделать вывод о влиянии исследуемых факторов на результирующий признак. Но поскольку создаваемая программа рассчитана на пользователей мало знакомых с математической статистикой, для достижения экспертных свойств программа должна сделать соответствующие выводы о взаимодействии факторов самостоятельно. Для этих целей в процедуре Sub Формирование_листа_Анализа() реализован алгоритм, с помощью которого пользователь программы может получить готовый вывод по результатам анализа.

Работа алгоритма строится на простых инструкциях проверки условий, которые задают выполнение определенных групп инструкций в зависимости от значения выражения.

```
If условие Then

[инструкции]

[ElseIf условие-n Then

[инструкции_elseif] ...

[Else

[инструкции_else]
```

End If

Согласно методики проведения многофакторного анализа, если расчетное значение статистики больше табличного значения F-критерия Фишера-Снедекора, то фактор является влияющим, если меньше, то фактор не является влияющим. На основании этого можно сформировать вывод о влиянии факторов.

Для удобства пользователя в программе также определяется фактор, который оказывает наиболее существенное влияние на результирующий признак. Расчетное значение статистики этого фактора (или взаимодействия обоих

факторов) принимает максимальное значение среди расчетных значений статистик других факторов. Все эти действия выполняются в процедуре Sub вывод(), которая выполняется нажатием пользователем на кнопку «Вывод». В процедуре применяются простые методы работы с текстовыми переменными. Непосредственно вывод по результатам анализа делается в текстовом виде с указанием влияющих факторов и степени их влияния в процентном выражении.

В последовательного результате выполнения указанных процедур, средствами VBA в соответствии с условиями проведения многофакторного соответствующие ячейки вносятся необходимые анализа, В формулы математической статистики, указываются необходимые диапазоны ячеек. Все это делается в строгом соответствии с методикой проведения многофакторного анализа, описанного в теоретической части второй главы. В итоге пользователю предоставляется для работы специально подготовленная книга в формате Excel. Заполнив которую данными наблюдений (опытов) пользователь может получить ответ о влиянии исследуемых факторов на результирующий признак. Следует отметить, что на начальном этапе пользователь только сформировал структуру в соответствии с параметрами проводимых наблюдений. Все остальные действия были выполнены средствами VBA. При этом схема по которой будут происходить вычисления полностью соответствует схеме работы человека эксперта.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ ОПРОБАЦИИ

4.1 Проверка правильности работы экспертной системы

В результате работы над магистерской диссертацией была разработана программа на VBA, которая значительно расширяет возможности табличного процессора MS Excel. Именно благодаря использованию VBA в Excele появилась возможность формировать специальные формы первоначальной настройки параметров дисперсионного анализа, создавать удобные формы представления исходных данных и в конечном итоге в удобном виде представлять пользователю результат влияния факторов и их взаимодействия на результирующий признак. При этом работа модуля полностью эмулирует работу человека-эксперта при проведении многофакторного дисперсионного анализа. Благодаря простоте использования разработанной программы И универсальности методов математической статистики, появилась возможность применять указанную программу при анализе различной информации как в практической, как и научноисследовательской деятельности.

Прежде чем приступать к практической апробации разработанной программы, необходимо проверить правильность производимых ей расчетов. Одним из способов проверки правильности работы алгоритмов программы, может быть сопоставление результатов расчетов, взятых из различных литературных источников, авторы которых описывают методику проведения многофактороного дисперсионного анализа и результатов, которые будут получены с помощью разработанной программы. Если расхождений не будет – то можно будет сделать вывод о правильности работы разработанной программы.

В качестве примера используем данные учебника под редакцией профессора Р.А. Шмойловой «Теория статистики» [25]. В данном издании приводится пример расчета методами многофакторного дисперсионного анализа результатов некоторого эксперимента влияния факторов А и Б на конечный результат. Количество уровней фактора А – три А₁, А₂, А₃. количество уровней фактора Б – четыре – Б₁, Б₂, Б₃, Б₄. В примере представлено семь результирующих значений при различных сочетаниях обоих факторов. Данные приведены в таблице 4.

Сочетание			Результ	ирующие з	начения		
факторов	1	2	3	4	5	6	7
А1-Б1	85	84	86	83	84	85	85
А ₁ -Б ₂	87	88	86	89	88	87	89
А1-Б3	82	80	81	82	81	80	82
А ₁ -Б ₄	90	91	89	91	92	90	91
A ₂ -Б ₁	75	77	74	78	75	74	77
А2-Б2	76	77	78	77	79	77	78
А2-Б3	73	72	73	75	72	72	73
А2-Б4	78	79	77	79	78	77	79
А3-Б1	91	92	91	94	95	93	94
А3-Б2	85	83	84	85	84	83	84
А3-Б3	88	87	88	87	86	88	87
А ₃ -Б ₄	90	89	91	90	92	90	91

Таблица 4 Пример проведения многофактороного дисперсионного анализа

В результате расчетов, автором учебника получены следующие значения статистик:

Фактор А – 1053,7 (при табличное значение 3,1)

Фактор Б – 111,4 (при табличное значение 2,7)

Взаимодействие факторов – 53,9 (при табличное значение 2,23)

Тем самым выявлено значительное влияние фактора A на результаты эксперимента. Данные эксперимента из учебника P.A. Шмойловой были обработаны с помощью разработанного модуля в программе Excel. Параметры эксперимента были аналогичными – два результирующих фактора, число уровней фактора A – три, число уровней фактора Б – четыре, число наблюдений равно

семи. Данные результатов эксперимента были занесены в разработанную экспертную систему и их общий вид представлен на рисунке 2.

2	A	В	C	D	E	F	G	Н	1	J	К	L	M	Ν	0
1															
2		11													
3		Табли	ица да	нных	наблю	дений	і (изме	ерений	7)						
4															
5										Į					
6		A		А	. 1			A	2			А	3		
7		Б	Б1	Б2	63	Б4	Б1	Б2	БЗ	Б4	Б1	Б2	БЗ	Б4	
8		1	85	87	82	90	75	76	73	78	91	85	88	90	
9		2	84	88	80	91	77	77	72	79	92	83	87	89	
10		3	86	86	81	89	74	78	73	77	91	84	88	91	
11		4	83	89	82	91	78	77	75	79	94	85	87	90	
12		5	84	88	81	92	75	79	72	78	95	84	86	92	
13		6	85	87	80	90	74	77	72	77	93	83	88	90	
14		7	85	89	82	91	77	78	73	79	94	84	87	91	
15		11	1		î. j	1				l. I	1		î î	1	
16								1 1							
17											1				

Рисунок 2 - Данные эксперимента в программе Excel

В результате произведенных в разработанной программе расчетов, были получены результаты, которые представлены на рисунке 3.

	Α	В	С	D	E	F	G	Н	1	J	K
3		Результ	і гаты ана	пиза							
4		1 00 5010									
5		Количе	ство уро	вней факто	раА-Зь	⊔Т.					
6	1	Количе	ство уро	вней факто	ра Б - 4 ц	UT.					6
7	1	Количе	ство наб	людений (и	ізмерений	й) - 7 шт.					
9				SP 28 - 356							Влияние %
10	1		Вз	вешанная	СVMMа кв	адратов эф	фектов ур	овней факт	(AQ) A ago	2475.31	74.3%
11	1		Ba	вешанная	, сумма кв	адратов эф	фектов ур	овней факт	ора Б (QB)	392,70	11,8%
12			Взвеша	анная сумм	а квадра	тов взаимод	цействия о	боих факто	ров (QAB)	380,12	11,4%
13				Сумма к	вадратов	взаимодей	ствия случ	чайных фан	сторов (QZ)	84,57	2,5%
14				Сумм	а квадрат	гов общих э	ффектов (Q=QA+QB	+QAB+QZ)	3332,70	
10						[]	1			2.00	
17						ЧИС.	ло степен	еи свободь - Харабари	а фактора А	2,00	0 0
10	1					ЧИС.	ло степен	еи свободь Балькаба	и фактора Б	00,0	
19			-		Thu	ЧИСЛО СТЕ	апеней сві А арабари	лооды ооон	их факторов		
20	-		-		ЧИС	сло степене	и свободь	г случаины	іх эффектов	72,00	
23					Средний	квадрат эф	фектов ур	овней факт	opa A (SA)	1237,65	1
24					Средний	квадрат эф	фектов ур	овней факт	ора Б (SB)	130,90	
25	1		Cpe,	дний квадр	ат эффек	тов взаимод	цействия с	боих факт	оров (SAB)	63,35	() ()
26			Средни	ій квадрат :	эффектов	взаимодей	ствия случ	чайных фа	кторов (SZ)	1,17	
21			104 201	1000	28.02		84 - SX	- 13 		Barrens	Totomark
28						2.000				Расчетное	Тарличное
29	1					Знач	ения стати	істики факт	ropa A (FA)	1053,68	3,12
30	-					∣ Знач	ения стати	стики факт	гора Б (FB)	111,44	2,/3
31						значения ст	атистики (ооих факт	оров (ГАВ)	53,94	2,23
32	1										

Рисунок 3 - Результаты расчетов в программе Excel

учебника Р.А. Шмойловой и значений статистик результирующих факторов в разработанной программе показывает их идентичность. На основании этого можно сделать вывод о правильности производимых расчетов согласно методики проведения многофакторного дисперсионного анализа в разработанной экспертной системе.

4.2 Практическая апробация экспертной системы

В большинстве случаев статистические методы используются в экономике, медицине, на производстве и в научных исследованиях. В качестве исходных для практической апробации разработанной программы были использованы данные реализации косметических наборов, то есть данные из экономической деятельности.

Условия проведения анализа состоят следующем. В магазине В самообслуживания по реализации косметических средств службой маркетинга предложено три варианта расположения секций для размещения косметических наборов по уходу за кожей лица. Варианты расположения секций – на входе в торговый зал, непосредственно в торговом зале и на выходе из торгового зала возле расчетных касс. На каждой секции располагался определенный ассортимент наборов разных производителей. Ассортиментные косметических наборы формировались из косметических средств известных брендов и комплектовались результате схожими косметическими средствами. В ПО типам каждый ассортиментный набор состоял практически из похожих косметических средств кремов, лосьонов, крем-масок, очищающих скрабов и других средств. Отличие наборов было в фирме производителе. Стоимость косметических наборов была одинаковой. На каждой секции располагалось пять различных косметических набора. В течении шести дней секции с косметическими средствами находились в торговом зале.

Для анализа была зафиксирована дневная выручка от реализации каждого косметического набора за каждый день проведения эксперимента. Для учета продаж косметических наборов с различных секций был использован метод специального штрих-кодирования товаров с различных секций. Одинаковые

наборы располагающиеся на разных торговых секциях кодировались по разному. Покупатели не догадывались, что служба маркетинга торговой организации проводит эксперимент. Наличие современной компьютерной системы учета, позволило методом сканирования штрих-кодов с упаковок косметических наборов получить исходные данные для анализа.

В результате предварительного анализа было выявлено, что выручка по реализации косметических наборов была разная. Необходимо было выяснить какие факторы оказывают влияние на объем продаж косметических средств. Перед маркетологами стояла задача выявить есть ли зависимость объемов реализации от расположения секций и вида косметического набора. Простой анализ объемов выручки не давал ответа на этот вопрос. Необходимо было проводить более углубленный анализ. В качестве практической опробации был предложен вариант использовать разработанную программу для выполнения экспертного анализа. Специалистам отдела маркетинга торговой организации была предложена данная программа и описание к ней.

Описанная выше задача попадает под условия проведения многофакторного анализа. Остановимся подробней на параметрах проведения многофакторного анализа для этого конкретного случая. Исследуемых фактора два. Первый – это вариант расположения секций, который имеет три уровня – секции располагаются на входе, в торговом зале и на выходе возле кассы. Второй фактор – это наборы косметических средств, число уровней которых равно пяти. В рамках данной работы не будут называться фирмы-производители косметических средств, эксперимента собственностью поскольку результаты являются торговой организации, то косметические наборы разных производителей будут именоваться как Набор \mathbb{N}_{2} , Набор \mathbb{N}_{2} и так далее, а в сокращенном виде как H1, Н2, Н3, Н4 и Н5. Тем самым в рамках данной работы не будут ни каким образом лоббироваться известные производители косметических средств, а будет показано применение на практике разработанной программы. Число наблюдений (опытов) в этом эксперименте равно шести – наблюдения проводились в течении шести дней. Полученные данные по дневной выручке для упрощения расчетов приняты в тысячах тенге.

Полученных в ходе наблюдений исходных значений достаточно, чтобы в разработанной программе сформировать структуру данных, согласно представленных результатов наблюдений, которая представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 - Параметры структуры эксперимента

В качестве уровня значимости принято значение 95%, которое удовлетворяет требованиям проведения эксперимента. Более высокие значения уровня значимости применяются при проведении экспериментов с количеством наблюдений более 100. В данном случае уровня значимости 95% будет достаточно для выполнения расчетов.

Согласно указанных параметров проведения эксперимента сформирована структура таблицы для ввода данных, полученных в результате эксперимента. Названия уровней обоих факторов, как и названия самих факторов введены в соответствующие поля свойств уровней факторов и структуры данных. Заполнение таблицы с данными, полученными в результате проведения эксперимента, не вызвало никаких затруднений сформированная структура достаточно наглядно отображает исходные данные. Поскольку полученных данных было не много – таблица заполнялась вручную. При большем количестве исходных данных, для заполнения таблицы можно воспользоваться встроенными средствами импорта MS Excel. Общий вид таблицы с данными эксперимента

Габлица ,	данны:	к наблі	юдени	й (изме	ерений)									
Секция	8		Вход					Зал	5	5 (5	2		Касса		
Набор	H1	H2	H3	H4	H5	H1	H2	H3	H4	H5	H1	H2	H3	H4	H5
1	17,10	19,40	20,40	21,60	17,10	17,90	21,60	19,80	22,10	21,60	20,90	22,00	22,30	24,40	18,40
2	17,60	20,00	21,30	22,00	19,40	18,90	23,10	19,90	23,50	21,80	21,30	23,40	22,50	24,40	19,50
3	18,30	20,10	21,70	23,10	20,00	19,30	23,80	20,10	24,00	22,00	21,80	24,50	23,40	25,70	20,60
4	18,50	22,30	22,20	23,70	20,20	20,40	24,40	20,70	25,40	23,30	22,40	24,80	24,00	27,20	21,70
5	19,00	22,50	23,60	24,30	21,20	21,60	24,50	21,50	26,20	24,90	23,00	26,30	24,10	28,60	22,70
6	19,10	23,50	24,00	24,50	21,60	21,80	25,30	21,60	26,70	24,90	24,50	26,90	25,70	29,00	23,10

89

Рисунок 5 - Вид таблицы с данными эксперимента

Структура разработанной программы построена таким образом, ДЛЯ проведения анализа достаточно указать параметры проведения эксперимента и внести в программу полученные результаты. Все остальные действия делаются ячейки листа Excel средствами автоматически -В VBA вставляются статистические формулы в аргументах которых указаны соответствующие обрабатываемые диапазоны данных. Поэтому сразу после заполнения таблицы с данными эксперимента можно переходить на лист «Таблицы средних» и анализировать предварительные результаты. Для получения окончательных выводов о влиянии исследуемых факторов – типа секций и вида косметических наборов необходимо перейти на лист «Анализ», где после нажатия кнопки «Вывод» можно получить окончательный ответ о влиянии указанных факторов на объем выручки. Окончательные выводы представлен на рисунке 6.

													_
	A	B	C	DE	F	G	Н	I I	J	K	L	M	
1					- 20		9.		gi (b (2			
2		Анал	лиз вл	ияни	я размещен	ия групп то	варов в се	экциях мага	зина на вел	ичину прода)	ж		
3		Резу	льта	гы ан	ализа.								
4													
6	1								Расчетное	Табличное			
7					Значен	ния статис	тики факто	ра Секция	23,8084	3,1186			
8					Значе	ения стати	стики факт	ора Набор	25,2646	2,4937			
9					Значе	ния статис	тики обои»	(факторов	4,0651	2,0644			
10													
11					Зывод:								
12		Све	роятн	юсты	о 95% выяв	пено влия	ние Фактор	ра Секция -	(18,59%)				
13		Све	роятн	юсты	о 95% выяв	пено суще	ственное в	злияние Фа	ктора Набор	- (39,45%)			
14		Све	роятн	юсты	о 95% влия	ние комбин	ации обои	х факторов:	Секция и Н	Набор незнач	ительное	- (12,69%)	
15		Влия	яние и	луча	йных фактор	ов 29,27 %	6						
16													

Рисунок 6 - Результаты анализа

С учетом того что, проводимый эксперимент ставился в рамках маркетингового исследования, охарактеризуем полученные выводы с точки зрения службы маркетинга торговой организации. Окончательные выводы показывают что наибольшее влияние (39%) оказывает тип косметического набора, то есть покупатели отдают предпочтение определенным производителям косметических средств. Немалое значение имеет место расположения торговых секций – зависимость выручки от расположения которых – 18%. Влияние случайных факторов (29%) это показатель, который характеризует выручку, которую приносят покупатели, не отдающие предпочтение какой-либо торговой косметического средства И лелаюшие марки покупки ИЗ принципа необходимости, то есть случайно. С точки зрения маркетинга влияние случайных факторов в размере 29% - это необходимость активизировать рекламные компании по продвижению определенных брендов косметических средств.

Более детальный вывод, который покажет какое именно сочетание факторов оказывает максимальное влияние на размер выручки можно провести, анализируя значения таблицы средних значений уровней факторов, расположенной на листе «Таблица средних» и показанный на рисунке 7.

	A	B	C	D	E	F	G	Н	1
1									
2		Анализ влиян	ия размеще	ния групп то	варов в се	кциях мага:	зина на ве	еличину про,	даж
3		Таблица среді	них значений	й уровней о	боих факто	ров			
5									
6			H1	H2	H3	H4	H5	среднее	
7		Вход	18,27	21,30	22,20	23,20	19,92	20,98	
8		Зал	19,98	23,78	20,60	24,65	23,08	22,42	
9		Касса	22,32	24,65	23,67	26,55	21,00	23,64	
10		среднее	20,19	23,24	22,16	24,80	21,33	22,34	
11						2.0000000000000000000000000000000000000	0.000.000.000		

Рисунок 7 - Вид таблицы средних значений с результатами анализа

Анализируя данные этой таблицы можно сделать вывод, что наибольшее значение выручки достигается при сочетании варианта расположении торговой секции возле кассы с четвертым ассортиментным набором косметических средств. Наименьшее значение выручки – когда торговая секция расположена на входе, и в ней находится первый ассортиментный набор. Это данные по сочетанию факторов.

Если проводить анализ по секциям – сравнивать средние значения выручки, что можно сделать вывод, что при любом сочетании ассортиментных наборов реализация косметических наборов с секции, расположенной возле кассы была максимальной. Покупатели предпочитали выбирать товары непосредственно возле кассы.

Анализируя средние значения по реализации косметических наборов можно заметить, что набор №4 лидирует- его приобретали покупатели наиболее часто с любых торговых секций.

В целом полученных с помощью представленной программы результатов для службы маркетинга оказалось достаточно. Задача, поставленная описанным экспериментом была выполнена. Особое внимание следует обратить на тот факт, что специалисты службы маркетинга при проведения анализа в предложенной программе не проводили сложных математических расчетов. Они только занесли в программу полученные данные, а программы выдала им ответ на поставленной задачу. При этот полученный ответ был представлен в доступном виде, он был обоснован результатами вычислений. Это было достигнуто за счет применения в программе методов, используемых при разработке экспертных систем, а описанную выше программу можно с уверенностью назвать экспертной системой, поскольку она воспроизводит работу человека-эксперта в области математической статистики.

Приведенный пример практической опробации разработанной экспертной системы показал эффективность ее использования для анализа экономической информации. Поскольку методы математической статистики применимы во всех областях деятельности человека, то можно с уверенностью утверждать, что разработанная программа может найти применение практически во всех областях, где будет требоваться анализ влияния различных факторов на конечный результат. Приведем пример.

Сельское хозяйство. Влияющие факторы – вид семян и тип возделываемых земель. Уровни влияющих факторов – вид семян можно разделить по названиям сортов например томатов, бахчевых, а тип возделываемых земель – искусственно

орошаемые, не орошаемые и так далее. В качестве результирующего признака – объем собранного урожая с единицы возделываемой площади. Количество наблюдений – по количеству съема урожая, например по количеству лет. Можно получить данные, показывающие насколько оказывают влияние на урожайность вид семян и тип возделываемых земель. В качестве случайных факторов здесь будут выступать климатические условия в разных годах сбора урожая.

Практическая апробация в службе маркетинга торговой организации и приведенный пример использования программы для анализа урожайности доказывают универсальность разработанной программы для проведения многофакторного анализа на уровне экспертной системы. Программу может использовать любой пользователь знакомый с табличным процессором MS Excel, при этом пользователь не обязан обладать экспертными знаниями в области математической статистики и быть программистом – программа проанализирует введенные данные и сделает вывод по результатам анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках представленной работы по разработке экспертной системы многофакторного анализа, выполнена поставленная цель - создана экспертная система, способная решать задачи обработки данных методами многофакторного анализа. В качестве метода обработки данных применяться методика проведения многофакторного дисперсионного анализа. Экспертная система создана в виде дополнительного модуля на VBA, расширяющего возможности программы MS Excel до уровня экспертной системы. При этом использовать в работе экспертную систему могут пользователи, которые не обладают знаниями в области математической статистики и программирования, а только знакомые с основными приемами работы в табличном процессоре MS Excel.

В ходе разработки экспертной системы была теоретически обоснована и раскрыта предметная часть экспертной системы – методика проведения многофакторного дисперсионного анализа. Для программной реализации экспертной системы из всего многообразия инструментальных средств разработки выбраны наиболее доступные средства, при этом особое внимание уделено удобству не только разработки, но и удобству работы с модулем конечных пользователей. Разработанная экспертная система может использоваться как самостоятельно, так и в качестве встраиваемого компонента при разработки других экспертных систем. При этом универсальность в работе достигается за счет применения стандартных статистических методов проведения многофакторного дисперсионного анализа. Проведена проверка правильности работы и практическая апробация экспертной системы.

Разработка доступных в использовании экспертных систем на основе методов математической статистики позволяет значительно упростить сложные математически расчеты, .доведя их до не трудоемкой работы с компьютерными программами. Немаловажное значение имеет среда разработки экспертных систем. Если распространенные пакеты математического анализа используют специфический интерфейс, мало знакомый современному пользователю, то разработка экспертных систем с интерфейсом распространенных офисных

приложений, будет способствовать их повсеместному применению как в практической, так и в научно - исследовательской деятельности.

Выбор в качестве инструментального средства разработки экспертной системы многофакторного анализа программы MS Excel, позволяет привлечь внимание как опытных разработчиков, так и студентов учебных заведений к более широкому применению распространенных офисных приложений, в том числе и более глубокому изучению возможностей табличного процессора MS Excel и применению этих возможностей в решении повседневных задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Реальность и прогнозы искусственного интеллекта: Сборник научнопопулярных статей Пер. с англ.; Под ред. В.Стераннока. – М.: Мир, 1987. - 247 с.

2 Н. Д. Нильсон. Искусственный интеллект. Методы поиска решений.- М.: Мир, 1973. - 186 с.

3 Острейковский В.А. Информатика: Учебник для Вузов. М.: Издательство Мир, 1995. - 511 с.

4 Экспертные системы. Принципы работы и примеры. /Под ред Р. Форсайта, пер с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 224 с.

5 Питер Джексон. Введение в экспертные системы. М., Издательский дом "Вильямс", 2001. - 624 с.

6 В. Н. Убейко. Экспертные системы. - М.: МАИ, 1992. - 324 с.

7 Д. Элти, М. Кумбс. Экспертные системы: концепции и примеры.- М.: Финансы и статистика, 1987. - 245 с.

8 В. О. Сафонов. Экспертные системы- интеллектуальные помощники специалистов.- С.-Пб: Санкт-Петербургская организация общества «Знания» России, 1992. - 154 с.

9 Д. Уотермен. Руководство по экспертным системам.- М.: Издательство Мир, 1980. - 358 с.

10 Яшин А.М. Разработка экспертных систем. – Л.: ЛПИ, 1990. – 259 с.

11 Хейес-Рот, Ф.; Уотерман, Д.; Ленат, Д. Построение экспертных систем. - М.: Изд-во Мир, 1987. – 351 с.

12 Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2001. – 286 с.

13 К. Таунсенд, Д. Фохт. Проектирование и программная реализация экспертных систем на ЭВМ.- М.: Финансы и статистика, 1990. - 246 с.

14 Математический энциклопедический словарь / Под ред. Ю.В. Прохорова.
 – М.: Сов.энциклопедия, 1988. – 847 с.

15 Справочник по прикладной статистике / Пер. с англ./Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 510 с.

16 Кимбл Г. Как правильно пользоваться статистическими расчетами. – М.: Финансы и статистика. М.: Изд-во Мир, 1988. – 251 с.

17 Кремер Н.Ш. Теория вероятности и математическая статистика. М.: Юнити – Дана, 2002. - 343 с.

18 Розанов Ю.А. Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика. М.: Наука. 1985. – 356 с.

19 Нейман Ю.А. Вводный курс теории вероятностей и математической статистики / Пер. с англ.. В.М. Ивановой; М.: Наука, 1968. – 451 с.

20 Общая теория статистики: Учебник / Г.С. Кильдишев, В.Е. Овсиенко и др.
 – М.: Статистика, 1980. – 423 с.

21 Варден Б.Л. Математическая статистика. Пер с нем Л.Н. Большева Под ред Н.В. Смирнова. – М.: Издательство Иностранной литературы, 1960. - 434 с.

22 Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 2003. - 523 с.

23 Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика, М.:Высшая школа, 1992. - 563 с.

24 Калинина В.Н. Математическая статистика. – СПб.: Санк-Петербург, 2005. - 1280 с.

25 Теория статистики. Учебник под ред. проф. Р.А.Шмойловой. Финансы и статистика.: 1996 г. - 489 с.

26 Юденкова В.А. Дисперсионный анализ. Мн. Высшая школа, 1982. - 95 с.

27 Иберла К. Факторный анализ / Пер. с нем. В.М. Ивановой; Предисл. А.М. Дуброва. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.

28 Общая теория статистики: Статистическая методология в изучении коммерческой деятельности: Учебник / Под ред. О.Э. Башиной, А.А. Спирина. – М.: Финансы и статистика, 2000. -439 с.

29 Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н., Уебе Г., Шеффер М. Многофакторный статистический анализ в экономике: Учеб.пособие для вузов/Под ред. Проф. В.Н. Тамашевича. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. - 598 с.

30 Тюрин Ю.Н., Макаров А.А., Ститистический анализ данных на компьютере / Под ред. В.Э. Фигурнова. – М.: Инфра-М, 1998. – 528 с.

31 Чистяков В.П., Гаврилова Т.А. и Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда LIPS. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. - 608 с.

32 Сойер Б., Фостер Д.Л. Программирование на PROLOG / Пер. с англ. В.П. Иванникова. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 191 с.

33 Стерлинг Л., Шапиро А.. Искусство программирования на языке Prolog / Пер. с англ. Н.П. Тихомирова. – М.: «Экзамен», 2004. – 252 с.

34 Братко И.А. Программирование на языке Пролог для исскуственного интеллекта. М.:Высшая школа, 1998. - 263 с.

35 Избачков Ю.С., Петров В.Н. Информационные системы: Учебник для вузов. 2-е издание. – СПб.: Питер, 2005. – 656 с.

36 Абдикеев Н.М. Проектирование интеллектуальных систем в экономике: Учебник / Под ред. Н.П. Тихомирова. – М.: «Экзамен», 2004. – 528 с.

37 Стрельников Ю.Н., Борисов Н.А. Разработка экспертных систем средствами инструментальной оболочки в среде MS Windows. – Тверь: ТГТУ, 1997. – 345 с.

38 Бююль Ахим, Цёфель Петер SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем./Ахим Бююль, Петер Цёфель – СПб.: ООО «ДиаСофтЮП», 2002. - 608 с.

39 Таганов Д.Н. SPSS: Статистический анализ в маркетинговых исследованиях. – СПб.: Питер, 2005. – 192 с.

40 Кондрашов В.Е. MatLab – как система программирования научнотехнических расчетов. СПб.: СПбУЭФ. 2002. - 608 с.

41 Глушаков С.В. Математические расчеты в Matcad 2000. . – СПб.: Питер, 2002. – 592 с.

42 Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows, Филинъ 1998. - 758 с.

43 Прохоров Г.В., Колбеев В.В. Математический пакет Maple-V. М. Издательско-торговый дом «Русская редакция», 2003. - 570 с.

44 Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel: Учеб.пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. - 368 с.

45 Ильина О.П., Макарова Н.В. Статистический анализ и прогнозирование экономической информации в электронной таблице Excel: Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбУЭФ, 1996. – 140 с.

46 Ларенс, Рональд, У. Инженерные расчеты в Excel.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. - 544 с.

47 Левин Р. и др. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем с иллюстрациями на Бейсике/ Р. Левин, Д. Дранг, Б. Эделсон: Пер. с англ.; М.Л. Сальникова. - М.: Финансы и статистика, 1991. – 239 с.

48 Биллинг В.А. VBA в Office 2000. Офисное программирование. – М. Издательско-торговый дом «Русская редакция», 1999. - 480 с.

49 Васильев А., Андреев А. VBA в Offece 2000: учебный курс – СПб: Питер, 2001. - 432 с.

50 Кузьменко В.Г. VBA 2000. – М.: Вином, 2000. – 408 с.

51 Крейг Дж. К. и Уэбб Дж. Microsoft VBA. Мастерская разработчика/Пер. с англ.–5-е изд. – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2001. - 720 с.

52 Панфилова Т.И. MS Excel и VBA: примеры и задания. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2004. - 244 с.

53 Гарнаев А.Ю. Использование MS Excel и VBA в экономике и финансах. – СПб.: БХВ СПб, - 2000. – 336 с.



Блок схема работы программных модулей экспертной системы

Рисунок А.1 - Блок схема работы программных модулей экспертной системы

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное)

Листинг программы на VBA

Public макс измерений As Integer 'максимальное возможное количество измерений, наблюдений. Public sdvig As Integer 'номер строки данных таблиц Public всего As Integer 'количество измерений, наблюдений Public fak1 As Integer 'кол-ва уровней фактора-1 Public fak2 As Integer 'кол-ва уровней фактора-2 Public fak1имя As String ' Наименование фактора-1 Public fak2имя As String ' Наименование фактора-2 Public число знаков As String 'Число знаков после запятой Public значимость As Integer ' уровень значимости Public строка As Integer Public столбец As Integer Public ячейки данных As Range 'диапазон данных для исследования Public общее среднее As Range 'ячейка общего среднего Public ячейки смешанных эффектов факторов As Range 'диапазон ячеек смешанных эффектов обоих факторов Public отклонение от общего среднего As Range 'диапазон ячеек квадратов отклонений от общего среднего Public групповое_среднее As Range 'диапазон групповых средних из "ячейки_данных" Public diapazon As Range Sub Zapolnuty() присвоение значений переменным и определение параметров проводимого анализа Call bgn проверяем указание обоих факторов If $fak_1 = 0$ Or $fak_2 = 0$ Then MsgBox ("Должно быть указано количество обоих факторов.") Exit Sub ElseIf fak1 > 16 Then проверяем ограничение Excel на количество уровней фактора-1 MsgBox ("Ограничение Excel:" & Chr(13) & "Максимальный уровень фактора-1 не более 16" & Chr(13) & "У вас получилось " & fak1 & Chr(13) & "Выберите меньшее значения") Range("E8").Select Exit Sub ElseIf fak2 > 16 Then 'проверяем ограничение Excel на количество уровней фактора-2 MsgBox ("Orpaничение Excel:" & Chr(13) & "Максимальный уровень фактора-2 не более 16" & Chr(13) & "У вас получилось " & fak2 & Chr(13) & "Выберите меньшее значения") Range("E12").Select Exit Sub End If проверяем условие на максимальное кол-во измерений, наблюдений и т.п. If всего > макс измерений Then MsgBox ("Максимальное количество наблюдение не более " & макс измерений & Chr(13) & "Задайте меньшее число.") Range("E16").Select Exit Sub End If формируем формат отображения чисел в таблицах чи = Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных").Range("E18")) = True, 0, Sheets("Наименования данных").Range("E18")))) If чи = 0 Then число_знаков = "0" ElseIf 4u = 1 Then число знаков = "0.0" ElseIf чи = 2 Then число_знаков = "0.00" ElseIf 4u = 3 Then число_знаков = "0.000" ElseIf чи = 4 Then число знаков = "0.0000" ElseIf чи = 5 Then число_знаков = "0.00000" ElseIf чи > 5 Then MsgBox "Вряд ли это разумно ставить точность " & чи & " знаков после запятой !" & Chr(13) & "Поставте меньшую точность." Range("E18").Select

Exit Sub End If

определяем и проверяем корректность заполнения уровня значимости значимость = Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных"). Range("E20")) = True, 0, Sheets("Наименования данных").Range("E20")))) If значимость = 0 Then MsgBox "Уровень значимости не должен быть пустым или равным 0 %" & Chr(13) & "Выберите значение между 0 и 100 %" Sheets("Наименования данных").Range("E20").Select Exit Sub Elself значимость >= 100 Then MsgBox "Уровень значимости не должен быть большим или равным 100%" & Chr(13) & "Выберите значение между 0 и 100 %" Sheets("Наименования данных").Range("E20").Select Exit Sub End If If MsgBox("Данные будут отформатированы на новые значения." & Chr(13) & "Старые удаляться, продолжить ?", vbYesNo, "Двухфакторный анализ") = vbYes Then Else Exit Sub 'определяем фактор с наибольшем количеством уровней Maximum = Application.WorksheetFunction.Max(Range("E8", "E12")) 'очистим старые данные Range("G8:J275").Delete Shift:=xlToLeft форматируем таблицу данных заполняем количество факторов For i1 = 1 To fak1 Cells(sdvig + i1, 7) = i1Next i1 For i2 = 1 To fak2 Cells(sdvig + i2, 9) = i2Next i2 у форматируем ячейки значений уровней факторов 1 и 2 Dim dd As Range формат таблицы названий уровней фактора-1 Set dd = Range(Cells(sdvig + 1, 7), Cells(sdvig + fak1, 8))dd.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous Set dd = Range(Cells(sdvig + 1, 8), Cells(sdvig + fak1, 8)) dd.Interior.ColorIndex = xlNone формат таблицы названий уровней фактора-2 Set dd = Range(Cells(sdvig + 1, 9), Cells(sdvig + fak2, 10)) dd.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous dd.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous Set dd = Range(Cells(sdvig + 1, 10), Cells(sdvig + fak2, 10)) dd.Interior.ColorIndex = xlNone центрирование номеров уровней факторов Range(Cells(sdvig + 1, 7), Cells(sdvig + Maximum, 7)).HorizontalAlignment = xlCenter Range(Cells(sdvig + 1, 9), Cells(sdvig + Maximum, 9)).HorizontalAlignment = xlCenter Call форматирование листа данных Call форматирование таблицы_средних Call Форматирование таблицы результатов Call Формирование листа Анализа Sheets("Наименования данных").Select Sheets("Наименования данных").Range("H8").Select

```
End Sub
```

sdvig = 7 'строка после которой начинаются наименования уровней факторов в интерфейсе макс измерений = 500 строка = 6: столбец = 2 'задание координат верхнего левого угла таблиц данных и расчетов 'определяем количество измерений всего = Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных").Range("E16")) = True, 0, Sheets("Наименования данных").Range("E16")))) 'определяем уровень значимости значимость = Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных"), Range("E20")) = True, 0, Sheets("Наименования данных").Range("E20")))) определяем количество и наименование уровней факторов 1 и 2 fak1 = Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных").Range("E8")) = True, 0. Sheets("Наименования данных").Range("E8")))) fak2 = Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных"). Range("E12")) = True, 0, Sheets("Наименования данных").Range("E12")))) fak1имя = IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных").Range("D6")) = True, "Фактор-1", Sheets("Наименования данных").Range("D6")) fak2имя = IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных").Range("D10")) = True, "Фактор-2", Sheets("Наименования данных").Range("D10")) End Sub Sub формат номера наблюдений() Exit Sub форматирование номера наблюдения (измерения) Beep If MsgBox("Форматировать поле номера наблюдения (изверения) во всех таблицах согласно формата заполненных данных ?", vbYesNo) = vbNo Then Exit Sub End If Call bgn стр = строка: стб = столбец 'получим левый верхний угол таблицы данных определяем позицию строки таблицы квадратов отклонений от общего среднего строка = строка + fak1 + 7 + fak1 + 8'строка = строка + 3 выставим формат ячейки номера наблюдения (испытания) For n = 1 To всего Sheets("Таблица средних").Cells(строка + n, столбец).NumberFormat = Sheets("Данные").Cells(стр + 1 + n, столбец).NumberFormat Next n Call bgn определяем позицию строки таблицы квадратов отклонений от группового среднего строка = строка + fak1 + 7 + fak1 + 8 + всего + 7 выставим формат ячейки номера наблюдения (испытания) For n = 1 To всего Sheets("Таблица средних"). Cells(строка + n. столбец). NumberFormat = Sheets("Данные"). Cells(стр + 1 + n. столбец).NumberFormat Next n End Sub Sub форматирование листа данных() Call bgn форматируем под данные факторов 1 и 2 лист "Данные" 'очистим лишние данные Sheets("Данные").Select Sheets("Данные"). Rows(5 & ":" & строка + макс измерений). Delete 'заполним название таблицы Sheets("Данные").Cells(2, 2) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!В2)=true,"""", 'Наименования данных'!B2))" Sheets("Данные").Cells(3, 2) = "Таблица данных наблюдений (измерений)"

заполним наименования факторов

Sheets("Данные").Cells(строка, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!D6)=true,"""", 'Наименования данных'!D6))" Sheets("Данные").Cells(строка, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter Sheets("Данные").Cells(строка + 1, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!D10)=true,""", 'Наименования данных'!D10))" Sheets("Данные").Cells(строка + 1, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter 'делаем шапку для значений фактора-1 столб = столбен For i = 1 To fak1 столб = столб + fak2 'вставляем ссылку на название фактора-1 Sheets("Ланные").Cells(строка, столб - fak2 + 1) = "=iffISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")=true, """", " & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")" объеденяем ячейки названия фактора-1 Sheets("Данные").Range(Cells(строка, столб - fak2 + 1), Cells(строка, столб)).Merge центруем название фактора-1 Sheets("Данные").Range(Cells(строка, столб - fak2 + 1), Cells(строка, столб)).HorizontalAlignment = xlCenter Next i 'делаем шапку для значений фактора-2 столб = столбец For i = 1 To fak1 For j = 1 To fak2 столб = столб + 1 'вставляем ссылку на название фактора-2 Sheets("Данные").Cells(строка + 1, столб) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")=true,"""," & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")" центруем название фактора-2 Sheets("Данные").Cells(строка + 1, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next j Next i 'заполним по умолчанию номер наблюдения (испытания) строка = строка + 1 For n = 1 To всего Sheets("Данные").Cells(строка + n, столбец) = nSheets("Данные").Cells(строка + n, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter Next n определим диапазон данных и отформатируем границы таблицы данных фактора-1, фактора-2 Call bgn Set ячейки данных = Sheets("Данные"). Range(Cells(строка + 2, столбец + 1), Cells(строка + 2 + всего, столбец + fak1 * fak2)) Set diapazon = Sheets("Данные").Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + 1 + всего, столбец + fak1 * fak2)) diapazon.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous diapazon.NumberFormat = число знаков vcтановим формат "Общий" для текстовых значений ячеек с названиями факторов Set diapazon = Sheets("Данные").Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + 1 + всего, столбец)) diapazon.NumberFormat = "General" присвоим всем ячейкам данных нулевые значения Sheets("Данные").Range(Cells(строка + 2, столбец + 1), Cells(строка + 1 + всего, столбец + fak1 * fak2)) = 0 End Sub Sub форматирование таблицы средних() очистим лишние данные Sheets("Таблица средних"). Select Sheets("Таблица средних"). Rows(5 & ":" & строка + макс_измерений * 2). Delete таблица средних значений уровней обоих факторов Call bgn 'вставляем формулу заголовка =СЦЕПИТЬ(ЕСЛИ(ЕПУСТО('Наименования данных'!С2)=ИСТИНА;"";'Наименования данных "С2);". Таблица средних значений (расчетная)") Sheets("Таблица средних").Cells(2, 2) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!В2)=true,"""", 'Наименования данных'!В2))" Sheets("Таблица средних"). Cells(3, 2) = "Таблица средних значений уровней обоих факторов"

столб = столбец For j = 1 To fak2 столб = столб + 1 вставляем ссылку на название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столб) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")=true,""""," & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")" 'центруем название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next j форматируем колонку названий фактора-1 столб = столбец For i = 1 To fak1 'вставляем ссылку на название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столб) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")=true, """", " & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8). Address & ")" центруем название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next i 'отформатируем границы "Таблицы средних" Set diapazon = Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + fak1 + 1, столбец + fak2 + 1)) diapazon.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous заполним ячейки "Таблицы средних" формулами подсчета средних значений факторов 'формула =ЕСЛИ(СЧЁТ(G6:G133) <>0;СРЗНАЧ(G6:G133);"") столб = столбец For i = 1 To fak1 'строки For j = 1 To fak2 'столбцы столб = столб + 1 diapason = "'Данные'!" & Range(Cells(строка + 2, столб), Cells(строка + 1 + всего, столб)). Address 'ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<0,ROUND(AVERAGE(" & diapason & "),2),""")" '- с округлением среднего значения ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<>0,AVERAGE(" & diapason & "),"""")" '- без округления среднего значения Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столбец + j) = ее Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столбец + j).NumberFormat = число знаков Next j Next i 'дополнительно подсичтаем средние по строкам Sheets("Таблица средних"). Cells(строка, столбец + fak2 + 1) = "среднее" Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столбец + fak2 + 1).HorizontalAlignment = xlCenter вставим формулы For i = 1 To fak1 diapason = "Таблица средних'!" & Range(Cells(строка + i, столбец + 1), Cells(строка + i, столбец + fak2)).Address 'ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<>0. ROUND(AVERAGE(" & diapason & ").2). """")" '- с округлением среднего ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<>0.AVERAGE(" & diapason & "),"""")" '- без округления среднего Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столбец + fak2 + 1) = ее Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столбец + fak2 + 1).NumberFormat = число_знаков Next i 'дополнительно подсичтаем средние по строкам Sheets("Таблица средних"). Cells(строка + fak1 + 1, столбец) = "среднее" Sheets("Таблица средних").Cells(строка + fak1 + 1, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter For j = 1 To fak2 diapason = "Таблица средних!" & Range(Cells(строка + 1, столбец + j), Cells(строка + fak1, столбец + j)).Address 'ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<0,ROUND(AVERAGE(" & diapason & "),2),"""")" ' - с округлением среднего ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<0,AVERAGE(" & diapason & "),"""")" ' - без округления среднего Sheets("Таблица средних").Cells(строка + fak1 + 1, столбец + i) = ее Sheets("Таблица средних"). Cells(строка + fak1 + 1, столбец + j). NumberFormat = число знаков Next j 'дополнительно подсичтаем среднее по всему диапазону diapason = "Таблица средних !" & Range(Cells(строка + 1, столбец + 1), Cells(строка + fak1, столбец + fak2)). Address 'ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<>0,ROUND(AVERAGE(" & diapason & "),2),"""")" '- с округлением среднего ee = "=if(count(" & diapason & ")" & "<>0,AVERAGE(" & diapason & "),"""")" - без округления среднего Sheets("Таблица средних").Cells(строка + fak1 + 1, столбец + fak2 + 1) = ее

Sheets("Таблица средних").Cells(строка + fak1 + 1, столбец + fak2 + 1).NumberFormat = число знаков 'присвоим значение переменной общее среднее (для дальнейших расчетов) Set общее среднее = Sheets("Таблица средних").Cells(строка + fak1 + 1, столбец + fak2 + 1) 'Таблица смешанных эффектов обоих факторов Call bgn стр = строка: стб = столбец 'получим левый верхний угол таблицы данных строка = (строка + fak1 + 1) 'конец предыдущей таблицы строка = строка + 3 'строка заголовка этой таблицы 'вставляем формулу заголовка =СЦЕПИТЬ(ЕСЛИ(ЕПУСТО('Наименования данных'!С2)=ИСТИНА;"": 'Наименования данных !! С2); ". Таблица средних значений (расчетная)") Sheets("Таблица средних").Cells(строка, 2) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!B2)=true,"""", 'Наименования данных'!B2))" Sheets("Таблица средних"). Cells(строка + 1, 2) = "Таблица квадратов смешанных эффектов обоих факторов" форматируем шапку названий фактора-2 строка = строка + 3 'верхняя строка таблицы столб = столбец For j = 1 To fak2 столб = столб + 1 'вставляем ссылку на название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столб) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")=true,""""," & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")" центруем название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next j форматируем колонку названий фактора-1 столб = столбец For i = 1 To fak1 'вставляем ссылку на название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столб) = "=if(ISBLANK('HaumehoBahuя данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")=true,"""", " & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")" 'центруем название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next i заполним ячейки "Таблицы средних" формулами подсчета средних значений факторов 'формула =ЕСЛИ(СЧЁТ(G6:G133) <>0;СРЗНАЧ(G6:G133);"") For i = 1 To fak1 'строки For j = 1 To fak2 'столбцы Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столбец + j) = "=if(ISNUMBER(" & общее_среднее.Address & ")=false,""",POWER(" & Cells(стр + i, стб + j).Address & " - " & Cells(стр + i, стб + fak2 + 1).Address & " - " & Cells(стр + fak1 + 1, стб + j). Address & " + " & общее среднее. Address & ",2))" Sheets("Таблица средних").Cells(строка + i, столбец + j).NumberFormat = число знаков Next j Next i зафиксируем диапазон смешанных эффектов обоих факторов Set ячейки смешанных эффектов факторов = Sheets("Таблица средних").Range(Cells(строка + 1, столбец + 1), Cells(строка + fak1, столбец + fak2)) 'отформатируем границы "Таблицы средних" Set diapazon = Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + fak1 + 1, столбец + fak2 + 1)) diapazon.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous ячейки смешанных эффектов факторов.Borders(xlEdgeLeft).Weight = xlMedium ячейки смешанных эффектов факторов.Borders(xlEdgeTop).Weight = xlMedium ячейки_смешанных_эффектов_факторов.Borders(xlEdgeBottom).Weight = xlMedium ячейки смешанных эффектов факторов.Borders(xlEdgeRight).Weight = xlMedium форматируем рассчетную таблицу квадратов отклонений от общего среднего Call bgn стр = строка: стб = столбец 'получим левый верхний угол таблицы данных 'определим номер строки заголовка таблицы строка = (строка + fak1 + 1) + (5 + 1 + fak1 + 1) 'конец предыдущей таблицы

строка = строка + 3 'строка заголовка этой таблицы

формируем заголовок таблицы 'вставляем формулу заголовка =СЦЕПИТЬ(ЕСЛИ(ЕПУСТО('Наименования данных'!С2)=ИСТИНА;""; 'Наименования данных "C2);". Таблица квадратов отклонений от общего среднего (расчетная)") Sheets("Таблица средних"). Cells(строка, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!B2)=true,"""", 'Наименования данных'!B2))" Sheets("Таблица средних"). Cells(строка + 1, столбец) = "Таблица квадратов отклонений от общего среднего" определяем позицию верхнего левого угла таблицы строка = строка + 3 заполним наименования факторов Sheets("Таблица средних"). Cells(строка, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования ланных'!D6)=true."""".'Наименования данных'!D6))" Sheets("Таблица средних"). Cells(строка, столбец). Horizontal Alignment = xlCenter Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!D10)=true, """", 'Наименования данных'!D10))" Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter 'делаем шапку для значений фактора-1 столб = столбец For i = 1 To fak1 столб = столб + fak2 'вставляем ссылку на название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столб - fak2 + 1) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")=true,"""", " & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")" объеденяем ячейки названия фактора-1 Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка, столб - fak2 + 1), Cells(строка, столб)). Merge 'центруем название фактора-1 Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка, столб - fak2 + 1), Cells(строка, столб)). Horizontal Alignment = xlCenter Next i 'делаем шапку для значений фактора-2 столб = столбец For i = 1 To fak1 For j = 1 To fak2 столб = столб + 1 вставляем ссылку на название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столб) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")=true,"""", " & "Наименования данных!!" & Cells(sdvig + j, 10). Address & ")" 'центруем название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next j Next i 'заполним по умолчанию номер наблюдения (испытания) For n = 1 To всего Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1 + n, столбец) = "=if(ISBLANK('Данные'!" & Cells(стр + 1 + n, столбец).Address & ")=true,""""," & "Данные'!" & Cells(стр + 1 + n, столбец). Address & ")" Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1 + n, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter Next n заполним таблицу формулами квадратов отклонений от общего среднего "=POWER((R[-8]C[-4]-'Таблица средних'!R[-6]C[-2]),2)" столб = столбец nn = 0 ' ссылка на столбец в диапазоне данных "ячейки данных" For i = 1 To fak1 For j = 1 To fak2 столб = столб + 1 nn = nn + 1For n = 1 То всего ячейка = Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1 + n, столб).Address формула = "=if(ISBLANK(Данные!!" & ячейки данных.Cells(n, nn).Address & ")=true, """", POWER(('Данные'!" & ячейки данных. Cells(n, nn). Address & "-" & общее среднее. Address & "),2))" Sheets("Таблица средних"). Range(ячейка) = формула Next n Next j Next i зафиксируем диапазон отклонение от общего среднего Set отклонение от общего среднего = Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка + 1 + 1, столбец + 1), Cells(строка + 1 + 1). всего, столб))

отформатируем границы таблицы данных фактора-1, фактора-2

Set diapazon = Sheets("Таблица средних").Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + всего + 1, 2 + fak1 * fak2)) diapazon.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous diapazon.NumberFormat = число знаков Set diapazon = Sheets("Таблица средних").Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + всего + 1, столбец)) diapazon.NumberFormat = "General" форматируем рассчетную таблицу квадратов отклонений от группового среднего Ĉall ben ст = строка 'зафиксируем значение для определения значений из таблицы средних строка = (строка + fak1 + 1) + (5 + 1 + fak1 + 1) + (5 + 1 + 1 + всего) 'конец предыдущей таблицы строка = строка + 3 'строка заголовка этой таблицы формируем заголовок таблицы вставляем формулу заголовка =СЦЕПИТЬ(ЕСЛИ(ЕПУСТО('Наименования данных'!С2)=ИСТИНА;""; 'Наименования данных !! С2); ". Таблица квадратов отклонений от общего среднего (расчетная)") Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных"!В2)=true,"""", 'Наименования данных"!В2))" Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столбец) = "Таблица квадратов отклонений от группового среднего" переопределяем позицию верхнего левого угла таблицы строка = строка + 3 'заполним наименования факторов Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!D6)=true,"""", 'Наименования данных'!D6))" Sheets("Таблица средних"). Cells(строка, столбец). Horizontal Alignment = xlCenter Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столбец) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!D10)=true,""", 'Наименования данных'!D10))" Sheets("Таблица средних"). Cells(строка + 1, столбец). HorizontalAlignment = xlCenter 'делаем шапку для значений фактора-1 столб = столбец For i = 1 To fak1 столб = столб + fak2 'вставляем ссылку на название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Cells(строка, столб - fak2 + 1) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")=true,"""", " & ""Наименования данных'!" & Cells(sdvig + i, 8).Address & ")" объеденяем ячейки названия фактора-1 Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка, столб - fak2 + 1), Cells(строка, столб)). Merge центруем название фактора-1 Sheets("Таблица средних").Range(Cells(строка, столб - fak2 + 1), Cells(строка, столб)).HorizontalAlignment = xlCenter Next i 'делаем шапку для значений фактора-2 столб = столбец For i = 1 To fak1 For j = 1 To fak2 столб = столб + 1'вставляем ссылку на название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столб) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10).Address & ")=true,""""," & "'Наименования данных'!" & Cells(sdvig + j, 10). Address & ")" 'центруем название фактора-2 Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1, столб).HorizontalAlignment = xlCenter Next j Next i 'заполним по умолчанию номер наблюдения (испытания) For n = 1 To всего Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1 + n, столбец) = "=if(ISBLANK('Данные'!" & Cells(стр + 1 + n, столбец).Address & ")=true,""""," & "'Данные'!" & Cells(стр + 1 + n, столбец). Address & ")" Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1 + n, столбец).HorizontalAlignment = xlCenter Next n заполним таблицу формулами квадратов отклонений от общего среднего "=POWER((R[-8]C[-4]-'Таблица средних'!R[-6]C[-21) 2)" столб = столбец nn = 0 ' ссылка на столбец в диапазоне данных "ячейки_данных" For i = 1 To fak1 For j = 1 To fak2

ячейка груп средн = Sheets("Таблица средних").Cells(ст + i, столбец + j).Address столб = столб + 1 nn = nn + 1For n = 1 To всего ячейка = Sheets("Таблица средних").Cells(строка + 1 + n, столб).Address формула = "=if(ISBLANK(Данные!!" & ячейки данных.Cells(n, nn).Address & ")=true, """", POWER(('Данные'!" & ячейки данных. Cells(n, nn). Address & "-" & ячейка груп средн & "),2))" Sheets("Таблица средних"). Range(ячейка) = формула Next n Next j Next i зафиксируем диапазон групповых средних Set групповое среднее = Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка + 1 + 1, столбец + 1), Cells(строка + 1 + всего, столб)) отформатируем границы таблицы данных фактора-1, фактора-2 Set diapazon = Sheets("Таблица средних"). Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + всего + 1, 2 + fak1 * fak2)) diapazon.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeTop).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeBottom).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlEdgeRight).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideVertical).LineStyle = xlContinuous diapazon.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle = xlContinuous diapazon.NumberFormat = число знаков Set diapazon = Sheets("Таблица средних").Range(Cells(строка, столбец), Cells(строка + всего + 1, столбец)) diapazon.NumberFormat = "0" diapazon.NumberFormat = "General" End Sub Sub Форматирование таблицы результатов() Call bgn 'очистим лишние данные Sheets("Результаты").Select Sheets("Результаты"). Rows(5 & "." & строка + макс измерений). Delete заголовок таблицы Sheets("Результаты").Cells(2, 2) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!В2)=true,"""", 'Наименования данных"!В2))" Sheets("Результаты").Cells(3, 2) = "Результаты анализа." 'общие параметры Sheets("Результаты").Cells(5, 2) = "=CONCATENATE(""Количество уровней "",if(ISBLANK('Наименования данных'!D6)=true, ""первого фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D6), "" - "", 'Наименования данных'!E8, "" шт. "")" Sheets("Результаты").Cells(6, 2) = "=CONCATENATE(""Количество уровней "",if(ISBLANK('Haименования данных'!D10)=true,""второго фактора"", "фактора "" & 'Haименования данных'!D10),"" - "",'Haименования данных'!E12, "" шт."")" Sheets("Результаты").Cells(7, 2) = "=CONCATENATE(if(ISBLANK('Наименования данных'!Е16)=true,""А наблюдений вообще нет !!!"",""Количество наблюдений (измерений) - "" & 'Наименования данных'!Е16),"" шт. "")" 'взвешанная сумма квадратов эффектов уровней фактора-1 Sheets("Pesyntratian"). Cells(10, 9) = "=CONCATENATE(""Взвешанная сумма квадратов эффектов уровней "",if(ISBLANK('Наименования данных'!D6)=true,""первого фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D6),"" (QA) "")" Sheets("Результаты").Cells(10, 10) = "=if(count(Таблица средних")" & отклонение от общего среднего.Address & ")=0,"""",PRODUCT(" & fak2 & ", " & всего & ",DEVSQ(Таблица средних!!" & Range(Cells(строка + 1, столбец + fak2 + 1), Cells(строка + fak2 + 1, столбец + fak2 + 1)).Address & ")))" 'взвешанная сумма квадратов эффектов уровней фактора-2 Sheets("Результаты").Cells(11, 9) = "=CONCATENATE(""Взвешанная сумма квадратов эффектов уровней "", if(ISBLANK('Наименования данных'!D10)=true, ""второго фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D10), "" (QB) "")" Sheets("Результаты").Cells(11, 10) = "=if(count('Таблица средних'!" & отклонение от общего среднего.Address & ")=0,"""", PRODUCT(" & fak1 & "," & всего & ",DEVSQ(Таблица средних'!" & Range(Cells(строка + fak1 + 1, столбец + 1), Cells(строка + fak1 + 1, столбец + fak2)).Address & ")))" взвешанная сумма квадратов взаимодействия факторов 1 и 2 'Sheets("Результаты").Cells(12, 9) = "=CONCATENATE(""Взвешанная сумма квадратов взаимодействия факторов "", if(ISBLANK('Наименования данных'!D8)=true, ""первого и "", 'Наименования данных'!D8), "" и "", if(ISBLANK('Наименования данных'!G8)=true, ""второго"", "Наименования данных'!G8), "" (QAB) "")" Sheets("Peзультаты").Cells(12, 9) = "=CONCATENATE(""Взвешанная сумма квадратов взаимодействия обоих факторов (QAB) "")" Sheets("Результаты").Cells(12, 10) = "=if(IsNumber(Таблица средних!!" & общее среднее.Address & ")=false,"""", PRODUCT(" & всего & ",sum(Таблица средних!" & ячейки_смешанных_эффектов_факторов. Address & ")))" 'Сумма квадратов взаимодействия случайных факторов (QZ) Sheets("Результаты").Cells(13, 9) = "Сумма квадратов взаимодействия случайных факторов (QZ) " Sheets("Результаты").Cells(13, 10) = "=if(count('Таблица средних'!" & групповое_среднее.Address & ")=0,"""",sum('Таблица средних !!" & групповое среднее. Address & "))" 'Сумма квадратов общих эффектов (Q=QA+QB+QAB+QZ)
Sheets("Результаты").Cells(14, 9) = "Сумма квадратов общих эффектов (Q=QA+QB+QAB+QZ)" Sheets("Результаты"). Cells(14, 10) = "=if(count(Таблица средних"!" & отклонение_от_общего_среднего. Address & ")=0,"""",sum(Таблица средних'!" & отклонение от общего среднего. Address & "))" % влияния факторов Sheets("Peзультаты").Cells(9, 11) = "Влияние %": Sheets("Peзультаты").Cells(9, 11).HorizontalAlignment = xlCenter Sheets("Результаты").Cells(10, 11) = "=if(IsNumber(Результаты'!J14)=false,"""",Результаты'!J10/Результаты'!J14)" Sheets("Результаты").Cells(11, 11) = "=if(IsNumber(Результаты'!J14)=false,"""",Результаты'!J11/Результаты'!J14)" Sheets("Pesyntratis"). Cells(12, 11) = "=if(IsNumber(Pesyntratis"). III) = "alos, "", "Pesyntratis". Pesyntratis". III) = "=if(IsNumber(Pesyntratis"). III) = "alos, "", "Pesyntratis". III) = "alos, "Pesyntratis". III) = Sheets("Результаты").Cells(13, 11) = "=if(IsNumber('Результаты'!J14)=false, """", 'Результаты'!J13/'Результаты'!J14)" формат названий и значений Sheets("Результаты").Range(Cells(10, 9), Cells(14, 9)).HorizontalAlignment = xlRight Sheets("Peзультаты").Range(Cells(10, 10), Cells(14, 10)).NumberFormat = число_знаков Sheets("Peзvльтаты").Range(Cells(10, 11), Cells(13, 11)).NumberFormat = "0.0%" Sheets("Pe3yJbTaTbl").Range(Cells(10, 11), Cells(13, 11)).HorizontalAlignment = xlCenter 'степени свободы Sheets("Результаты"). Cells(17, 9) = "=CONCATENATE(""Число степеней свободы "", if(ISBLANK('Наименования данных!!D6)=true, ""первого фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D6))" Sheets("Результаты").Cells(17, 10) = "='Наименования данных'!E8-1" Sheets("Результаты").Cells(18, 9) = "=CONCATENATE(""Число степеней свободы "",if(ISBLANK('Наименования данных"!D10)=true,""второго фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D10))" Sheets("Результаты"). Cells(18, 10) = "='Наименования данных'! E12-1" Sheets("Результаты").Cells(19, 9) = "=CONCATENATE(""Число степеней свободы обоих факторов"")" Sheets("Результаты").Cells(19, 10) = "=('Наименования данных'!E8-1)*('Наименования данных'!E12-1)" Sheets("Результаты").Cells(20, 9) = "=CONCATENATE(""Число степеней свободы случайных эффектов"")" Sheets("Результаты").Cells(20, 10) = "-Наименования данных'!Е8*'Наименования данных'!E12*'Наименования данных'!E16-'Наименования данных'!Е8*'Наименования данных'!Е12" формат названий и значений Sheets("Результаты").Range(Cells(17, 9), Cells(20, 9)).HorizontalAlignment = xlRight средние квадраты (опредляются делением О на число степеней свободы 'Средний квадрат эффектов уровней фактора-1 (SA) Sheets("Результаты").Cells(23, 9) = "=CONCATENATE(""Средний квадрат эффектов уровней "",if(ISBLANK('Наименования данных!!D6)=true,""первого фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D6),"" (SA) "")" Sheets("Результаты").Cells(23, 10) = "=if(IsNumber('Результаты'!J10)=false,"""", "Результаты'!J10/'Результаты'!J17)" 'Средний квадрат эффектов уровней фактора-2 (SB) Sheets("Результаты").Cells(24, 9) = "=CONCATENATE(""Средний квадрат эффектов уровней "",if(ISBLANK('Наименования данных'!D10)=true, ""второго фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D10), "" (SB) "")" Sheets("Результаты").Cells(24, 10) = "=if(IsNumber(Результаты'!J11)=false, """", Результаты'!J11/'Результаты'!J18)" 'Средний квадрат взаимодействия факторов (SAB) Sheets("Результаты").Cells(25, 9) = "=CONCATENATE(""Средний квадрат эффектов взаимодействия обоих факторов (SAB) "")" Sheets("Результаты").Cells(25, 10) = "=if(IsNumber('Результаты'!J12)=false,"""", Результаты'!J12/'Результаты'!J19)" 'Средний квадрат взаимодействия случайных факторов (SZ) Sheets("Результаты"). Cells(26, 9) = "Средний квадрат эффектов взаимодействия случайных факторов (SZ) " Sheets("Результаты").Cells(26, 10) = "=if(IsNumber('Результаты'!J13)=false, """", 'Результаты'!J13/'Результаты'!J20)" формат названий и значений Sheets("Результаты").Range(Cells(23, 9), Cells(26, 9)).HorizontalAlignment = xlRight Sheets("Результаты").Range(Cells(23, 10), Cells(26, 10)).NumberFormat = число знаков вычисленные значения статистики Sheets("Результаты").Cells(28, 10) = "Расчетное" Sheets("Результаты").Cells(28, 11) = "Табличное" Sheets("Результаты").Range(Cells(28, 10), Cells(28, 11)).HorizontalAlignment = xlCenter 'Вычисленное значения статистики фактора-1 (FA) Sheets("Результаты").Cells(29, 9) = "=CONCATENATE(""Значения статистики "",if(ISBLANK('Наименования данных'!D6)=true,""первого фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D6),"" (FA) "")" Sheets("Результаты").Cells(29, 10) = "=if((IsNumber(Результаты'!J26)=false),"""", Результаты'!J23/Результаты'!J26)" 'Вычисленное значения статистики фактора-2 (FB) Sheets("Результаты").Cells(30, 9) = "=CONCATENATE(""Значения статистики "",if(ISBLANK('Наименования данных'!D10)=true,""второго фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D10), "" (FB) "")" Sheets("Результаты").Cells(30, 10) = "=if((IsNumber(Результаты'!J26)=false),"""", Результаты'!J24/Результаты'!J26)" 'Вычисленное значения статистики обоих факторов (FAB) Sheets("Результаты").Cells(31, 9) = "=CONCATENATE(""Значения статистики обоих факторов (FAB) "")" Sheets("Peзультаты").Cells(31, 10) = "=if((IsNumber(Pesyльтаты'!J26)=false),""", Peзультаты'!J25/Peзультаты'!J26)" 'табличное значение статистика фактора-1 формирование уровня значимости как коофицента If 100 - значимость >= 10 Then зн стр = "0." & (100 - значимость) ElseIf 100 - значимость < 10 Then зн стр = "0.0" & (100 - значимость) End If 'втавка формул расчета табличных значений статистик Sheets("Результаты").Cells(29, 11) = "=FINV(" & зн стр & ", Результаты".J17, Результаты'!J20)" Sheets("Результаты").Cells(30, 11) = "=FINV(" & зн_стр & ",'Результаты'!J18,'Результаты'!J20)"

Sheets("Результаты").Cells(31, 11) = "=FINV(" & зн стр & ", Результаты"!J19, Результаты'!J20)" формат названий и значений Sheets("Результаты").Range(Cells(29, 9), Cells(31, 9)).HorizontalAlignment = xlRight Sheets("Результаты").Range(Cells(29, 10), Cells(31, 11)).NumberFormat = "0.0000" End Sub Sub Формирование листа Анализа() Call bgn 'очистим лишние данные Sheets("Анализ").Select 'Sheets("Анализ"). Rows(5 & ":" & строка + макс измерений). Delete заголовок таблины Sheets("Анализ").Cells(2, 2) = "=if(ISBLANK('Наименования данных'!В2)=true,"""", 'Наименования данных'!В2)" Sheets("Анализ").Cells(3, 2) = "Результаты анализа." вычисленные значения статистики Sheets("Анализ").Cells(строка, 10) = "Расчетное" Sheets("Анализ").Cells(строка, 11) = "Табличное" Sheets("Анализ").Range(Cells(строка, 10), Cells(строка, 11)).HorizontalAlignment = xlCenter 'Вычисленное значения статистики фактора-1 (FA) Sheets("Анализ").Cells(строка + 1, 9) = "=CONCATENATE(""Значения статистики "",if(ISBLANK('Hauмeнoвaния данных'!D6)=true,""первого фактора"", ""фактора "" & 'Hauмeнoвaния данных'!D6), "" "")" Sheets("Анализ").Cells(строка + 1, 10) = "=if((IsNumber('Pезультаты'!J26)=false), """"", "Результаты'!J23/'Результаты'!J26)" 'Вычисленное значения статистики фактора-2 (FB) Sheets("Анализ").Cells(строка + 2, 9) = "=CONCATENATE(""Значения статистики "",if(ISBLANK('Наименования данных!!D10)=true, ""второго фактора"", ""фактора "" & 'Наименования данных'!D10), "" "")" Sheets("Анализ"). Cells(строка + 2, 10) = "=if((IsNumber('Результаты'!J26)=false),"""", "Результаты'!J24/'Результаты'!J26)" 'Вычисленное значения статистики обоих факторов (FAB) Sheets("Анализ").Cells(строка + 3, 9) = "=CONCATENATE(""Значения статистики обоих факторов "")" Sheets("Анализ").Cells(строка + 3, 10) = "=if((IsNumber(Результаты'!J26)=false),"""", Результаты'!J25/Результаты'!J26)" 'табличное значение статистика фактора-1 формирование уровня значимости как коофицента If 100 - значимость >= 10 Then зн стр = "0." & (100 - значимость) ElseIf 100 - значимость < 10 Then зн стр = "0.0" & (100 - значимость) End If втавка формул расчета табличных значений статистик Sheets("Анализ").Cells(строка + 1, 11) = "=FINV(" & зн_стр & ",'Результаты'!J17,'Результаты'!J20)" Sheets("Анализ").Cells(строка + 2, 11) = "=FINV(" & зн_стр & ",'Результаты'!J18,'Результаты'!J20)" Sheets("Анализ").Cells(строка + 3, 11) = "=FINV(" & зн_стр & ",'Результаты'!J19,'Результаты'!J20)" формат названий и значений Sheets("Анализ").Range(Cells(строка + 1, 9), Cells(строка + 3, 9)).HorizontalAlignment = xlRight Sheets("Анализ").Range(Cells(строка + 1, 10), Cells(строка + 3, 11)).NumberFormat = "0.0000" выод по умолчанию Sheets("Анализ").Cells(строка + 6, 2) = "Вывод не сделан." Sheets("Анализ").Cells(строка + 7, 2) = "Для получения результатов анализа" Sheets("Анализ").Cells(строка + 8, 2) = "Нажмите кнопку ""Вывод""" Sheets("Анализ").Cells(строка + 9, 2) = "" End Sub Sub вывод() Call bgn Sheets("Анализ").Cells(строка + 6, 2) = "" Sheets("Анализ").Cells(строка + 7, 2) = "" Sheets("Анализ").Cells(строка + 8, 2) = ""

предложение0 = "С вероятностью " & Abs(Fix(IIf(IsNull(Sheets("Наименования данных").Range("E20")) = True, 0, Sheets("Наименования данных").Range("E20")))) & "% ' предложение1 = "" предложение2 = предложение0 предложение3 = предложение0 'влияние%

AB = IIf(IsNumeric(Sheets("Результаты").Range("K10")) = False, 0, Sheets("Результаты").Range("K10")) БВ = IIf(IsNumeric(Sheets("Результаты").Range("K11")) = False, 0, Sheets("Результаты").Range("K11")) АББ = IIf(IsNumeric(Sheets("Результаты").Range("K12")) = False, 0, Sheets("Результаты").Range("K12")) CB = IIf(IsNumeric(Sheets("Результаты").Range("K13")) = False, 0, Sheets("Результаты").Range("K13")) 'расчетное AP = IIf(IsNumeric(Sheets("Анализ").Range("J7")) = False, 0, Sheets("Анализ").Range("J7"))

БР = IIf(IsNumeric(Sheets("Анализ").Range("J8")) = False, 0, Sheets("Анализ").Range("J8"))

Sheets("Анализ").Cells(строка + 9, 2) = ""

'табличные AT = IIf(IsNumeric(Sheets("Анализ").Range("K7")) = False, 0, Sheets("Анализ").Range("K7")) БТ = IIf(IsNumeric(Sheets("Анализ").Range("K8")) = False, 0, Sheets("Анализ").Range("K8")) АБТ = IIf(IsNumeric(Sheets("Анализ").Range("К9")) = False, 0, Sheets("Анализ").Range("К9")) If $AP + \overline{B}P + A\overline{B}P = 0$ Then предложение = "Данные не заданы" Sheets("Анализ").Cells(строка + 6, 2) = предложение Exit Sub End If Maximum = Application.WorksheetFunction.Max(Sheets("Анализ").Range("J7"), Sheets("Анализ").Range("J8"), Sheets("Анализ").Range("J9")) 'вывод по фактору А If $AP \ge AT$ Then If AP = Maximum Then предложение1 = предложение0 & "выявлено существенное влияние Фактора " & fak1имя & " - (" & Round(AB * 100, 2) & "%)" Else предложение1 = предложение0 & "выявлено влияние Фактора " & fak1имя & " - (" & Round(AB * 100, 2) & "%)" End If Else предложение1 = "Фактор " & fak1имя & " не является влияющим." End If 'вывод по фактору Б If $BP \ge BT$ Then If **BP** = Maximum Then предложение2 = предложение2 & "выявлено существенное влияние Фактора " & fak2имя & " - (" & Round(БВ * 100, 2) & "%)" Else предложение2 = предложение2 & "выявлено влияние Фактора " & fak2имя & " - (" & Round(БВ * 100, 2) & "%)" End If Else предложение2 = "Фактор " & fak2имя & " не является влияющим." End If 'вывод по фактору АБ If $ABP \ge ABT$ Then If AБP = Maximum Then предложение3 = предложение3 & "выявлено влияние комбинации обоих факторов: " & fak1имя & " и " & fak2имя & "- (" & Round(A6B * 100, 2) & "%)" Else предложение3 = предложение3 & "влияние комбинации обоих факторов: " & fak1имя & " и " & fak2имя & " незначительное - (" & Round(АБВ * 100, 2) & "%)" End If Else предложение3 = "Комбинация обоих факторов " & fak1имя & " и " & fak2имя & " не являются влияющими." End If Sheets("Анализ").Cells(строка + 6, 2) = предложение1 Sheets("Анализ").Cells(строка +7, 2) = предложение2 Sheets("Анализ"). Cells(строка + 8, 2) = предложение3 Sheets("Анализ").Cells(строка + 9, 2) = "Влияние случайных факторов " & Round(CB * 100, 2) & " %"

End Sub