

ЗАПОРОЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

на правах рукописи

МУХИНА ИРИНА КОНСТАНТИНОВНА

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ

ЭКСПЕРИМЕНТА В ПОСТРОЕНИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

05.13.16 – применение вычислительной техники,
математического моделирования и математических
методов в научных исследованиях

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико – математических наук

Запорожье – 1994



00756859 (/)

Робота виконана на кафедрі Прикладної математики

Запорозького державного університету.

Научний керівитель - доктор технічних наук,
професор Толок В.А.

Офіційні опоненти - доктор фізико-математических наук,
професор Перепелица В.А. (ЗГУ)

- кандидат технічних наук,
старший научний співробітник
Товмаченко Н.Н. (КГУ)

Ведущая организация - Новосибирский технический университет

Защита состоится " 27 " октября 1994 г. в 15 час. 00 мин.
в ауд. ____ на заседании специализированного Совета К 068.52.02
Запорозького державного університету по адресу: 330600,
ГСП-4І, Запорозьє, ул. Жуковського, 66.

Автореферат розослан " 27 " сентября 1994 г.

Учений секретар Специализированного совета,
кандидат технических наук, доцент ЛННБ ім. В. Стефаніка Ю.А. Сисоев

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время передовые страны мира вступили в новую стадию развития - постиндустриальную или информационную. Это обусловило создание новых информационных технологий (НИТ), которые способны исследовать системы, относящиеся к числу очень сложных и требующих кибернетического подхода. Без широкого применения и использования НИТ невозможно решение на современном уровне целого ряда актуальных задач в таких важнейших направлениях, как экономический анализ и социология, автоматизация и управление технологическими процессами, управление и контроль качеством продукции и услуг, анализ данных научно - технических наблюдений. Универсальным инструментом для решения задач моделирования, анализа, прогноза и управления сложными системами являются математические методы планирования эксперимента (МПЭ) и статистического анализа данных, которые позволяют эффективно решать эти задачи в условиях многофакторности, многоуровневости и неоднозначности принятия решений.

Решающим фактором для эффективного внедрения компьютерных технологий во все сферы народного хозяйства является улучшение управления информацией, включая данные и знания. Управление информацией и ее обработка является главным элементом НИТ, поэтому актуально создание новых технологий, которые могут манипулировать сложными, многофакторными и стохастическими объектами, поддерживать сложные взаимосвязи между данными, выполнять корректирующие действия в условиях неопределенности и делать выводы при недостатке информации. Другими словами, необходимы информационные технологии с элементами искусственного интеллекта (ИИ), обладающие способностью генерировать новые выводы. Одним из возможных подходов к созданию подобных технологий может служить

использование МПЭ, в качестве одной из базовых компонент такой системы.

Для МПЭ, разрабатываемых для повышения эффективности эксперимента, характерно применение математических методов не только на стадии обработки данных, но и на самом первом этапе - при создании плана, причем чаще всего многофакторного плана, когда одновременно варьируется множество факторов. Под планированием эксперимента (ПЭ) понимается процедура выбора числа опытов и условий их проведения, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Все переменные, определяющие изучаемый объект изменяются одновременно по специальным правилам. Результаты эксперимента представляются в виде математической модели, обладающей определенными статистическими свойствами, что позволяет при обработке результатов получить значения интересующих величин с заданной точностью.

Таким образом, современные компьютерные технологии математической обработки (МОД) данных являющиеся основным элементом любой НИТ, должны совмещать слабоформализуемые этапы принятия решений (от постановки задачи до получения конечного результата) с вычислительными алгоритмами математической обработки данных. Присутствие в таких компьютерных технологиях процедур ПЭ и методов прикладной статистики дает возможность оптимального использования ранее накопленных данных, работы с различными шкалами данных, использования множества критериев эффективности результата, множества моделей и соответствующих планов эксперимента для стратификации выборок из базы данных (БД). Наложение методов "активного" эксперимента на "пассивно" собранные данные в БД позволяет реализовать "вычислительный" эксперимент для решения поставленных задач с увеличением гибкости

системы, а также уменьшением времени работы и объема вычислений.

Цель работы.

Целью данной работы является разработка функций и структур отображения математических методов планирования эксперимента в базу знаний компьютерной технологии математической обработки данных (МОД).

Достижение цели работы.

Достижение указанной цели предполагает решение следующих основных задач:

- разработку концепции тандемной системы, состоящей из двух различных подсистем: первая из которых относится к интеллектуальным, а вторая - к расчетно-логическим;

- разработку методов представления ПЭ в виде предметной области для отображения в базах знаний;

- систематизацию и классификацию планов эксперимента для построения модели предметной области;

- разработку структуры представления знаний о моделях, планах эксперимента и алгоритмах обработки в виде сети фреймов;

- построение и наполнение фреймовой системы предметной области;

- построение алгоритмов статистической обработки данных, как функций отображения МПЭ в базу знаний;

- анализ и исследование готовых программных сред с целью апробации предлагаемых подходов;

- реализацию и практическое воплощение предлагаемых подходов в виде прототипов реально действующих программных продуктов.

Методы исследования.

При решении поставленных задач использованы основные положения теории математического планирования эксперимента, статистического анализа данных, компьютерной статистики, методов представления знаний и прикладной статистики, а также теории алгоритмов и методов проблемно-ориентированного программирования.

Научная новизна.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих результатах:

1. Предложен новый подход к построению компьютерных технологий математической обработки данных с использованием аппарата многофакторного планирования эксперимента.

2. Сформулирована концепция тандемной системы, состоящей из интеллектуальной и расчетно-логической подсистем для исследования и решения задач управления сложными объектами любой природы с применением методов "активно-пассивного" эксперимента.

3. Построена и наполнена структура отображения знаний о планах эксперимента в виде понятийной фреймовой сети.

4. Разработан теоретический аппарат принятия решений на различных этапах работы с данными.

5. Предложено множество алгоритмов, являющихся формализованными и представляемыми конечной последовательностью модулей, необходимых для описания методов дисперсионного анализа.

Практическая ценность работы

1. Разработанная в диссертационной работе классификация планов эксперимента и фреймовая сеть представления знаний о ПЭ могут быть рекомендованы, как база для создания любых компьютерных технологий МОД многофакторных систем с использованием процедур ПЭ. На предложенных выше принципах реализована универсальная расчетно-логическая система по планам дисперсионного анализа (ДА) с интеллектуальным интерфейсом.

2. Построен прототип экспертной системы по статистическим методам контроля качества (СКК) с учетом методов планирования эксперимента для реальной производственной задачи.

3. Теоретические результаты апробированы в виде наполнения готовых программных сред и частично реализованы, как программные продукты с целью повышения эффективности, оперативности и гибкости МОД.

4. Разработанная концепция тандемной системы и программные средства могут быть использованы при анализе данных любой природы в задачах экономики, социологии, маркетинга, управления и контроля качества и др.

На защиту выносятся:

1. Принципы работы с "пассивно" собранными данными в БД с использованием методов "активного" эксперимента на основе возможностей современной ВТ.

2. Обоснование подходов к построению компьютерных технологий МОД с позиции математического планирования эксперимента.

3. Методы извлечения данных из БД по матрицам планов эксперимента с учетом многофакторности, блокирования неоднородности и рандомизации.

4. Новая процедура в построении НИТ позволяющая оптимизировать процесс решения задачи и экономить ресурсы ВТ, за счет двух

основных принципов - выборочного метода и свертки информации.

5. Структура отображения планов и методов ПЭ в виде фреймовой сети в базу знаний компьютерных технологий.

6. Реализованные программные средства по активным методам ПЭ управления и контроля качества продукции, с использованием предлагаемых теоретических результатов.

Апробация работы.

Результаты диссертационной работы докладывались на:

Республиканской студенческой конференции " Применение ЭВМ в средних и средне-специальных учебных заведениях " (Запорожье, февраль 1987);

Всесоюзной конференции " Методологические проблемы освоения интеллектуальных систем и ВТ " (Новосибирск, СО АН СССР, декабрь 1987);

Всесоюзной конференции " Применение ЭВМ в учебном процессе ВУЗа " (Москва, декабрь 1988);

Семинаре " Планирование эксперимента " под рук. Ю.П. Адлера (Москва, Политехнический музей, январь 1989);

Всесоюзной конференции " Математические методы планирования эксперимента в лабораторных и промышленных экспериментах " (Киев, апрель 1989);

Всесоюзной конференции " Статистический анализ данных на ЭВМ " (Ужгород, май 1989);

Всесоюзном семинаре " Статистические экспертные системы " (Москва, ВДНХ, июнь 1989);

Ежегодных внутривузовских конференциях преподавателей и студентов (ЗГУ);

Научном семинаре по проблеме " КИБЕРНЕТИКА " при институте

кибернетики им. Глушкова при НАН Украины;

получены поощрительная премия на конкурсе проектов ГКНТ СССР и Гособразования СССР на разработку лучших образцов технических средств обучения, за педагогическое программное средство для аудиовидеокomпьютерного проблемно-ориентированного комплекса по дисциплине "Статистические методы контроля и управления качеством продукции" (Постановление ГКНТ СССР и Гособразования СССР от 30.03.90 N 200/229) и серебряная медаль на выставке достижений народного хозяйства СССР за расчетно - логическую систему ПЛАДА (Удостоверение N 20420. Постановление от 13.07.89 г., N 414-Н Москва).

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографии, приложений. Она состоит из 19 с., из них 159 с. машинописного текста, 13 рисунков, библиографического списка из 87 наименований, 5 приложений.

Краткое содержание работы.

Во введении отмечена актуальность темы диссертации, формулируется цель работы, задачи и излагаются основные положения диссертации.

В первой главе рассматриваются теоретические подходы к конструированию экспертных систем с использованием методов активно-пассивного эксперимента. Автором предложена новая технологическая цепочка компьютерной технологии МОД состоящая из последовательности следующих этапов, многие из которых носят

итеративный характер:

1 ЭТАП. Формализация задачи, т.е. представление входных данных в математическом виде.

2 ЭТАП. Системный анализ исследуемого объекта, т.е. определение, анализ и параметризацию объектов предметной области, компонентов, составляющих ее, и их взаимодействий.

3 ЭТАП. Модельный анализ исследуемого объекта, т.е. изучения предметной области с целью построения адекватной модели.

4 ЭТАП. Выбор критерия эффективности построенной модели, либо, как требования к параметрам модели для целей интерпретации, либо, как требования к предсказанным по модели значениям для целей оптимизации результатов.

5 ЭТАП. Синтез планов проведения активного эксперимента, с целью формирования матрицы плана, как алгоритма осуществления выбора данных из БД.

6 ЭТАП. Анализ ПЭ с целью выяснения необходимых свойств данных; например, свойства совместимости уровней факторов.

7 ЭТАП. Обращение в БД для реализации многофакторного выбора данных, для различных сочетаний уровней факторов, задаваемых строкой матрицы плана.

8 ЭТАП. Обработка данных вычислительного эксперимента (ВЭ) математико-статистическими алгоритмами и получение результатов.

9 ЭТАП. Статистический анализ полученных данных, интерпретация и проверка полученных результатов.

Предметную область в виде математических МПЭ будем считать заданной, если определены:

$D = \{ D_k: k = 1, \dots, K \}$ - конечное множество структур исходных данных;

$Z = \{ Z_j: j = 1, \dots, J \}$ - класс задач, образованный множеством типовых задач анализа данных;

$P = \{P_i : i = 1, \dots, I\}$ - конечное множество планов проведения эксперимента;

$A = \{A_m : m = 1, \dots, M\}$ - конечное множество алгоритмов, причем: $A_m = \{R_m^l : l = 1, \dots, N_m\}, \cup_l R_m^l = R$, где: R - множество прикладных программных модулей.

В разделе I.1 предложена совокупность правил принятия решений для выбора процедур построения модели при активном эксперименте. Пространство состояний для поиска решений в данном случае задано в виде операторов перехода, представленных правилами продукций. Подмножества целей связываются операцией конъюнкции или дизъюнкции, что позволяет исходную задачу выбора модели свести к более простым подзадачам, которые в свою очередь, разбиваются на еще более простые и т.д. пока на конечных вершинах графа не появятся элементарные подцели с очевидным решением.

В разделе I.2 рассматриваются и анализируются ранее созданные классификации планов дисперсионного, регрессионного и факторного анализа. На основании современного состояния проблемы оказалось возможным построить новую классификацию планов, расширив и дополнив существующие классификации более, чем 75 наименованиями, провести систематизацию планов, их описание и анализ, а также установить дополнительные структурные связи между различными планами. Сравнительный анализ собранной информации позволил выделить подмножества свойств и параметров общего характера, планов принадлежащих различным типам анализа для построения фреймовой системы.

В разделе I.3 разработана структура отображения знаний о планах эксперимента в виде фреймовой сети, для чего предложен скелетный фрейм для общего понятия план эксперимента, заполнены значения слотов для конкретных планов дисперсионного и факторного анализа. Затем проведено погружение созданной фреймовой сети в

общую фреймовую сеть предметной области.

В разделе I.4 приведены, заполненные на основании проведенного сводного анализа разнообразных источников информации, 37 фреймов конкретных планов дисперсионного анализа (ДА) и 89 фреймов планов регрессионного анализа (РА). Планы РА рассмотрены более подробно, так как для разного числа факторов одни и те же планы могут обладать различными свойствами.

Вторая глава посвящена описанию универсальной расчетно - логической системы с элементами искусственного интеллекта по методам планирования дисперсионного анализа (ПЛАДА), созданной с использованием предлагаемых в первой главе теоретических подходов. Проведен сравнительный анализ существующих программ и систем разработанных в области прикладной статистики.

В разделе 2.1 дано описание модели и структурной схемы, созданной системы ПЛАДА. Модель системы можно представить в виде:

$$S = \langle L, R, M, F \rangle,$$

где: L - входной язык системы;

R - прикладные программы - модули;

M - информационная модель предметной области;

F - управляющая программа.

Построено дерево решений классификации задач предметной области, описаны основные требования к разработке системы ПЛАДА, а также принципы построения данной системы.

В разделе 2.2 описано функциональное наполнение системы, в котором общие модели дисперсионного анализа даны с точки зрения предметной области. Например, если $y = f(A)$ и A - фактор, который изменяется на нескольких уровнях, то модель эксперимента при проведении повторных опытов имеет вид

$$y(i(m)) = \mu + d(i) + e(i(m)),$$

где: $y(i(m))$ - результат эксперимента, полученный на i-м уровне

фактора А, в m - той повторности ;

μ - генеральное среднее (общий эффект всего эксперимента ;

$\alpha (i)$ - эффект i -го уровня фактора А ;

$e (i(m))$ - ошибка эксперимента, полученная в результате m повторений .

Каждая программа - модуль системы идентифицируется функциональным назначением. Приведена структура функционального наполнения и правила принятия решений о типе модели, в зависимости от постановки задачи.

В разделе 2.3 приведен модульный анализ предметной области по следующим основным направлениям:

- определение наборов данных и их структур, используемых в качестве исходных данных при решении задач ;

- определение класса задач с учетом степени их важности для практики ;

- изучение взаимосвязи класса задач с учетом тех вычислительных процедур, которые могут быть использованы для их решения ;

- выбор методов решения задач данного класса с учетом их эффективности и условий применения ;

- выбор и анализ планов эксперимента с учетом их свойств, условий применения и возможностей генерации или хранения ;

- анализ алгоритмов обработки планов и решения задач данного класса, а также построение системы модулей ;

- создание проектной модели предметной области, условий применения и возможностей генерации или хранения ;

- анализ алгоритмов обработки планов и решения задач данного класса, а также построение системы модулей ;

- создание проектной модели предметной области .

Проведение модульного анализа позволило определить возможности и структуру пакета, конструкции входного языка, способы организации вычислительного процесса, способы представления и хранения знаний о предметной области в виде фреймовой сети, описанной в первой главе данной работы.

Система реализована на языке TURBO-BASIC в оверлейном режиме для компьютеров типа IBM/PC и в нее входят следующие подпрограммы (результаты работы программ даны в Прил. 3 диссертации):

- а) планирование эксперимента;
- б) имитационное моделирование SIM1, SIM2;
- в) выработка случайных чисел и построение гистограмм RANDOM;
- г) однофакторный ковариационный анализ ANACOV;
- д) проверка гипотез об оценке линейной модели GLIN;
- е) Множественные сравнения методом Шеффе, Бонферрони, Тьюки ANOVA1.MC;
- ж) мощность критерия и построение кривой мощности критерия POWER1, POWER2, PCURVE.

В свою очередь в планировании эксперимента включены:

- Полные классификации:

- а) однофакторный ДА ANOVA1;
- б) двухфакторный ДА с повторными опытами и без повторных, с непрерывными и дискретными факторами ANOVA2-1, ANOVA2-2, ANOVA2-3;
- в) трехфакторный ДА с повторными опытами и без повторных ANOVA3.
- г) двухуровневые и трехуровневые ортогональные планы L2N, L3N.

- Неполные классификации с ограничением на рандомизацию:

- а) латинские квадраты LATIN.

- Неполные классификации без ограничения на рандомизацию

с неполностью рандомизированными блоками:

- а) двухуровневые и трехуровневые планы с расщепленными делаянками L2N-SP, L3N-SP.

Третья глава диссертации посвящена описанию внедрения предлагаемых теоретических подходов в производственные задачи. Практически значимым здесь является улучшение оперативности и гибкости ЭС по статистическим методам контроля качества (СКК) при использовании процедуры планирования эксперимента.

Раздел 3.1 посвящен моделям, методам и планам статистического контроля качества продукции с точки зрения новых информационных технологий МОД. Исходя из различных задач, для построения структуры отображения информации о контроле качества предложено два разных типа понятийных фреймов по планам контроля: фрейм для анализа планов контроля и фрейм для синтеза планов контроля. Исследуется возможность создания базового варианта тандемной системы контроля качества продукции с использованием процедуры планирования эксперимента, настраиваемого в дальнейшем на конкретное производство. Базовый вариант расчетно-логической подсистемы содержит ряд основных алгоритмов СКК и методы, которые следует включать при разработках конкретных систем, а также необходимые алгоритмы МПЭ.

В разделе 3.2 исследуются правила принятия решений для наполнения базы знаний ЭС по СКК. Описаны элементы ЭС по СКК - представляющие собой технологию сбора, хранения и обработки информации о качестве продукции. Основой такой технологии являются статистические методы контроля качества. На производстве проведение "активного" эксперимента встечается редко в связи с тем, что связано с изменениями технологического режима. Поэтому обычно данные собирают и накапливают в "пассивном" режиме. Сформировав таким образом "историю качества" некоторого изделия

или партии, можно затем наложив "активный" эксперимент в нескольких точках определенных выбором плана, обработать данные и получить в факторы, наиболее значимо влияющие на качество изделия.

Предложенный в диссертации подход к построению тандемных систем позволяет более гибко изменять планы контроля, как поставщиком так и потребителем, так как выбор планов становится текущей технической операцией. Для этого разработана фреймовая система для отражения планов проведения контроля, с учетом различных методов и признаков контроля.

Раздел 3.3 посвящен сравнительному анализу возможности наполнения статистическими методами контроля качества (СКК) "пустых оболочек" ЭС и описанию прототипа ЭС по СКК для определения характера распределения по типу гистограмм. Кроме того автором исследована практическая задача, поставленная на Запорожском заводе магнитофонов "Весна", касающаяся качества магнитных головок. Данная задача была систематизирована для представления ее в виде дерева решений. Затем описаны этапы идентификации, концептуализации и формализации этой задачи и преобразование в список правил базы знаний. Всего разработано 24 правила, положенные затем в основу элементарной экспертной системы по статистическим методам контроля качества (ЭСССКК), реализованной на языке MSX-BASIC для любых ПК.

В заключении изложены основные результаты диссертационной работы:

1. Разработана подробная классификация планов эксперимента по типу модели (для моделей регрессионного и дисперсионного анализа).
2. Построены структурные связи между различными планами для обнаружения общих параметров и свойств планов.
3. Предложена структура отображения информации о планах эксперимента, в виде сети понятийных фреймов, для хранения

множества планов в базе знаний.

4. Построены скелетные, понятийные фреймы для планов ДА и РА с различными спецификациями для слотов.

5. Проведен сводный анализ источников информации и наполнено свыше ста фреймов для идентификации различных планов.

6. Создано 11 алгоритмов для основных моделей ДА и более десяти дополнительных для различных критериев и других процедур статистического анализа.

7. Разработана модель функционального наполнения системы ПЛАДА планами и статистическими процедурами ДА.

8. На основании представления знаний о планах эксперимента, создан и наполнен файл "Каталог планов".

9. Создана и реализована универсальная расчетно-логическая система по планам ДА (ПЛАДА) для использования на ПК типа IBM PC.

10. Предложено представление статистического контроля качества в виде предметной области тандемной системы.

11. Построены фреймы для анализа и синтеза планов контроля.

12. Разработаны правила базы знаний и представление знаний о предметной области в виде дерева для определения вида распределения.

13. Создан программный продукт в виде прототипа ЭС - ЭЭСЖК для определения характера распределения и воспроизводимости технологического процесса.

14. Разработан проект тандемной системы для управления качеством отдельных технологических процессов.

15. Построена диаграмма "причин и результатов" для диагностики и поиска причин выпуска дефектной продукции (на примере производства магнитных головок).

В приложениях к диссертации приведены:
I. Критерии оптимальности в планировании эксперимента.

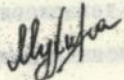
ДНБ ім. В. Стефаніка
АН України

459199

2. Определения основных планов ДА и РА.
3. Результаты работы некоторых функциональных подпрограмм-модулей системы ПЛАДА.
4. Тексты программ прототипа экспертной системы по статистическому контролю качества.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Разработка статистической модели диагностики обучаемого. Отчет о НИР (заключительный). Отв. исполнитель Мухина И.К./ Запорожский госуниверситет. - N ВН-282/90. - Запорожье, 1990. - 58 с.
2. Загайтова Е.И., Мартыненко О.Н., Мухина И.К. Диалоговая система ПЛАДА по активным методам ДА с интеллектуальным интерфейсом/ Тез. докл. на Всесоюз. конф. "Методологические проблемы освоения интелект. сист. и ВТ". - Новосибирск. - 1987. - С. 38.
3. Мухина И.К. Построение элементов экспертной системы по контролю качества с позиции активно-пассивного эксперимента/ Тез. докл. на I Украинской конф. "Техническая диагностика и неразрушающий контроль в Украине" - 1994. - Днепропетровск, - С.26.
4. Разработка функционального пакета прикладных программ статистической обработки (блок статистических процедур). Отчет по НИР (заключительный). Отв. исполнитель Мухина И.К. Запорожский госуниверситет. - N 02.89 0039227. - Запорожье, 1989. - 72 с.
5. Мартыненко О.Н., Мухина И.К. Планирование эксперимента на персональном компьютере: опыт, проблемы, перспективы: Сб. научн. трудов Запорожского госуниверситета, 1994. - С.45-48.



Мухина И.К. Использование математических методов планирования эксперимента в построении экспертных систем.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 05.13.16 - применение вычислительной техники, математических методов в научных исследованиях, Запорожский университет, 1994.

Защита 5 научных работ, которые содержат теоретические разработки функций и структур отображения математических методов планирования эксперимента в базу знаний компьютерных технологий обработки данных, а также построение фреймовой сети для представления знаний о моделях, планах эксперимента и алгоритмах обработки. Предложена концепция тандемной системы, состоящей из интеллектуальной и расчетно-логической части с использованием методов извлечения данных из БД по матрицам планов эксперимента. Реализованы программные средства по активным методам планирования эксперимента, управления и контроля качества продукции с применением предлагаемых теоретических результатов.

Mukhina I.K. The Application of Mathematical Methods of Experiment Planning in Construction of Expert Systems.

The PhD Thesis, speciality 05.13.16 - the application of computer technique and mathematical methods in researches, Zaporozhye University, 1994.

5 scientific works are defended, which contain the theoretical elaboration of functions and structures for experiment planning reflection to Knowledge Base of computer technologies of data processing. The frame network of knowledge representation with using of experimental design and algorithmes is constructed. The conception of tandemn system, which consists of the intelligence and calculative-logical parts, is suggested. This system applies the methods data extraction out of Data Base with using experimental design. This programm product on active methods of experimnt planning, management and production quality are realized with application of suggested theoretical results.

Ключеві слова: експертна система, план експерименту, фреймова мережа, функція відображення, структура даних.

AB 30.991

AB 30.991