

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Златоусте
Кафедра «Проектирование и технология изделий сервиса»

687(07)
М99

Ю.С. Мязина, Л.Н. Лисиенкова

САПР ОДЕЖДЫ

Учебное пособие

Челябинск
Издательство ЮУрГУ
2007

УДК 687.1.01(075.8)+658.512.2(075.8)
М99

Одобрено
учебно-методической комиссией филиала ЮУрГУ в г. Златоусте

Рецензенты:
И.С. Ликинская, Н.В. Кейль

Мязина, Ю.С.
М99 САПР одежды: учебное пособие. / Ю.С. Мязина, Л.Н. Лисиенкова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 48 с.

В учебном пособии рассмотрены принципы создания САПР, состав и структура САПР, особенности разработки экспертных систем в области сервиса, отражен современный уровень развития САПР одежды.

Учебное пособие рекомендуется студентам специальности 100101 «Сервис».

УДК 687.1.01(075.8))+658.512.2(075.8)

© Издательство ЮУрГУ, 2007

ВВЕДЕНИЕ

Начальный этап становления рынка одежды в РФ закончился и сейчас наблюдается прогрессивный рост требований потребителей к качественным, разнообразным изделиям и с быстро меняющимся ассортиментом моделей. Поэтому одним из основных требований рынка одежды к швейным предприятиям является высокая мобильность и эффективность процессов проектирования. В связи с этим совершенствование процессов проектирования конструкций одежды, обеспечивающих оптимизацию требований производства и потребителей на основе проектирования САПР, является актуальным.

Известно, что резкий скачок в повышении качества и конкурентоспособности товаров обеспечивается при переходе на новые технологии проектирования. Поэтому для повышения качества одежды совершенствование процесса проектирования ее конструкций имеет первостепенное значение. Практика проектирования конструкций, как одежды, так и других товаров потребления, показали, что основным направлением совершенствования процесса проектирования конструкций одежды является его автоматизация.

Известно, что процесс проектирования конструкций одежды является весьма затратным и трудоемким и требует неоднократного изготовления макетов и образцов проектируемых изделий для отработки их на показатели качества и обсуждения на художественных советах предприятия, что не позволяет осуществлять сквозное автоматизированное проектирование. Причиной этого является сложность объекта проектирования, обусловленная как минимум следующими факторами: необходимостью рассматривать объект проектирования в системе с фигурой, быстрой сменяемостью моды и чрезвычайно большим разнообразием швейных материалов с различными свойствами, большой долей работ творческого характера, достаточно низким организационным и инженерно-техническим уровнем швейных предприятий и др.

Рассмотренные особенности автоматизированных систем отечественного и зарубежного производства, применяемых в швейной отрасли, способны решать различные задачи в проектировании швейных изделий, что показывает современный уровень САПР швейных изделий. Первые шаги САПР одежды были связаны с автоматизацией труда конструктора. Современные САПР уже достаточно давно успешно реализуют не только процедуры конструирования швейных изделий, такие как проектирование базовой конструкции (БК) по размерным признакам; конструктивное моделирование чертежа БК; оформление лекал деталей изделия; градация лекал деталей одежды; создание раскладок лекал деталей, в том числе на ткани со сложным раппортом; оформление текстовой, конструкторской документации, но и процедуры художественного и технологического проектирования. Большинство современных САПР включают в свой состав модули (подсистемы), решающие задачи художника, такие как проектирование технического и художественного эскиза, подбор цветового решения модели и др., а также задачи технолога: формирование технологической документации, расчет расхода материалов и затрат времени и т.д.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САПР ОДЕЖДЫ

Принципы создания САПР

Система автоматизированного проектирования (САПР) – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователем системы), выполняющей автоматизированное проектирование.

Основная функция САПР – выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей. САПР объединяет технические средства, различные виды обеспечения, параметры и характеристики которых выбирают, учитывая особенности задачи инженерного проектирования объектов.

Функционирование САПР определяет новую прогрессивную технологию проектирования, основанную на взаимодействии человека и ЭВМ. В зависимости от степени участия человека и использования ЭВМ различают режимы проектирования.

Автоматический режим проектирования осуществляется при выполнении маршрута (последовательность этапов или проектных процедур в системе) проектирования по формальным алгоритмам на ЭВМ без вмешательства человека в ход решения.

Автоматизированное проектирование характеризует процесс, в котором часть процедур в маршруте выполняется человеком. Такой режим характеризует невысокую степень автоматизации проектирования.

Диалоговый (интерактивный) режим является более совершенным, при нём все процедуры в маршруте выполняются с помощью ЭВМ, а участие человека проявляется в оперативной оценке результатов проектных процедур или операций, в выборе предложений и корректировке хода проектирования. Если инициатором диалога является человек, то диалог называется активным. Если прерывание вычислений происходит по командам программы, то диалог называется пассивным.

При разработке САПР решаются следующие основные задачи:

- системотехнической деятельности САПР;
- проектирование программного обеспечения;
- проектирование баз данных (БД);
- организация диалога в САПР.

При создании САПР следует руководствоваться принципами системного единства, совместимости, типизации, развития:

- принцип системного единства обеспечивает целостность системы;
- принцип совместимости обеспечивает функционирование составных частей САПР и сохраняет открытую систему в целом;
- принцип типизации ориентирует на преимущественное создание и использование типовых и унифицированных элементов САПР (типизации подлежат элементы многократного применения);

- принцип развития обеспечивает пополнение, совершенствование и обновление составных частей САПР, взаимодействие и расширение взаимосвязи с автоматизированными системами различного уровня и функционального назначения.

Состав и структура САПР

Составными структурными частями САПР, жёстко связанными с организационной структурой проектной организации, является **подсистема**, в которой при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР. Каждая подсистема состоит из набора задач, в функциональном отношении тесно связанных между собой и в то же время образующих некоторую автономную часть системы, поэтому это даёт возможность вести разработку, отладку и внедрение в производство её структурных звеньев как самостоятельных систем.

По назначению подсистемы разделяют на проектирующие и обслуживающие.

Проектирующие подсистемы имеют объектную ориентацию и реализуют определённый этап проектирования, и в зависимости от степени специализации по типам объектов разделяются на объектно-ориентированные (объектные) и объектно-независимые (инвариантные) подсистемы. Объектная подсистема осуществляет проектирование некоторого объекта (класса объектов) на определённой стадии проектирования.

Инвариантная подсистема осуществляет функции управления и обработки информации, не зависящие от особенностей проектируемого объекта. Например: эскизное проектирование изделий, проектирование технологических процессов обработки деталей.

Обслуживающие подсистемы имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и вывод полученных в них результатов. Например: автоматизированный банк данных, подсистемы ввода-вывода.

При проектировании каждой подсистемы и системы в целом должны учитываться общесистемные принципы взаимодействия человека и ЭВМ, иерархической структуры построения системного единства, развития, информационного единства, инвариантности, специализации.

При разработке САПР швейных изделий сохраняются все принципы построения, присущие САПР в других отраслях промышленности. Разнообразие конструкторских работ определяет структуру и взаимосвязь всех разрабатываемых подсистем САПР:

- подсистема ввода – вывода, формирования и ведения информации;
- подсистема управления вычислительным процессом;
- подсистема информационно-поисковая;
- подсистема проектирования базовых основ конструкции;

- подсистема проектирования новых моделей одежды;
- подсистема проектирования основных лекал и лекал производных деталей;
- подсистема градации лекал;
- подсистема проектирования одежды промышленного производства по индивидуальным заказам населения;
- подсистема управления качеством;
- подсистема проектирования схем раскладок;
- подсистема проектирования норм расхода материалов и др.

Первые три подсистемы являются обслуживающими, остальные – объектно-ориентированными.

Подсистемы должны быть разбиты на компоненты по видам обеспечения.

Подсистема ввода-вывода, формирования и ведения исходной и промежуточной информации включает следующие процедуры: ввод с промежуточного носителя; непосредственный ввод информации в память ЭВМ; вывод на промежуточный носитель; вывод на периферийные устройства; формирование и ведение информационных массивов; обеспечение достоверности входной и выходной информации.

Назначение данной подсистемы – обеспечение всех подсистем САПР.

Подсистема управления вычислительным процессом включает следующие процедуры: организацию информационного обслуживания вычислительного процесса; организацию диалогового режима функционирования; управление вычислительным процессом.

Назначение данной подсистемы – обеспечение устойчивого функционирования САПР.

Информационно-поисковая подсистема включает процедуры: поиск готовой модели из числа хранящихся в банке данных; поиски компоновки моделей из деталей разработанных ранее конструкций; поиск унифицированных деталей и конструктивно-декоративных элементов; поиск деталей, подлежащих преобразованию при конструктивном моделировании.

Назначение данной подсистемы – поиск готовых моделей или компоновка из деталей, хранящихся в базе данных.

Подсистема проектирования базовых основ конструкции включает процедуры: выбор исходной информации на проектирование; расчет координат конструктивных (узловых) точек базовой основы; оптимизацию конструктивных параметров; расчет контуров основных деталей базовой конструкции; формирование чертежей деталей базовой конструкции; построение чертежей на проектируемый размер всех деталей конструкции.

Подсистема проектирования новых моделей одежды (конструктивное моделирование) включает процедуры: преобразование контуров деталей с учетом модельных особенностей; построение чертежей лекал новой модели в натуральную величину и в масштабе с использованием средств обработки графической информации; корректировку спроектированных лекал и уточнение декоративно-конструктивных элементов с использованием дисплея в диалоговом режиме.

Назначение данной подсистемы — проектирование новых моделей одежды в диалоговом режиме.

Подсистема проектирования основных лекал и лекал производных деталей включает процедуры: преобразование контуров основных деталей с учетом технологических припусков; построение чертежей основных лекал новой модели; преобразование контуров лекал основных деталей в лекала деталей подкладки; преобразование контуров лекал основных деталей в контуры лекала бортовой прокладки и вспомогательные лекала; построение лекал деталей подкладки, бортовой прокладки и вспомогательных лекал.

Подсистема проектирования комплектов лекал включает следующие процедуры: аппроксимацию контуров лекал; градацию лекал; формирование чертежей лекал новой модели на все размеры и роста по базовому размеру и росту, полученных при градации; построение чертежей лекал модели на все размеры и роста с использованием средств обработки графической информации; расчет площади лекал на все размеры и роста проектируемой модели.

Назначение данной подсистемы – разработка комплекта всех лекал одного размера и роста, градация лекал, получение эталонных лекал в натуральную величину.

Подсистема проектирования одежды промышленного производства по индивидуальным заказам населения включает следующие процедуры: получение исходной информации о размерах и форме фигур заказчиков; преобразование полученной информации для установления индивидуальных особенностей телосложения заказчика; подбор базовой основы или модельной конструкции и ее модификация в соответствии с индивидуальными особенностями фигуры заказчика и расчет координат конструктивных точек лекал деталей модифицированной конструкции.

Назначение данной подсистемы – проектирование лекал деталей конструкции одежды на фигуры различного телосложения без выполнения примерок.

Подсистема управления качеством включает следующие процедуры: изучение потребительского спроса; формирование рациональной структуры промышленной коллекции одежды с учетом направления моды и потребительского спроса; прогнозирование оптимального уровня качества проектируемой одежды; контроль достигнутого уровня качества на каждой стадии проектирования и принятие управляющих решений; оценку уровня качества

Подсистема проектирования схем раскладок включает следующие процедуры: расчет суммарной площади лекал на комплект моделей; зарисовку раскладок лекал на заданные сочетания размеров и ростов; расчет процента межлекальных отходов для проектирования схем раскладок.

Назначение данной системы – проектирование оптимальных схем раскладок в диалоговом режиме, формирование миниатюрных схем раскладок.

Подсистема проектирования норм расхода материалов включает следующие процедуры: расчет норм расхода основных материалов на модель всех размеров и ростов; расчет норм расхода неосновных и вспомогательных материалов на модель всех размеров и ростов.

Для подсистем в САПР в лёгкой промышленности необходимо учитывать совместимость ручного, автоматизированного и автоматического способов, накопление опыта в системе (хранение проектов и использование их как прототипов или аналогов для новизны проектируемого изделия, для повторного использования и т.д.), выбор графических стандартов.

Принципы проектирования подсистем САПР

Принцип взаимодействия человека и ЭВМ в процессе проектирования основан на сочетании знаний, опыта и интуиции человека с быстродействием технических средств. Формализация многих этапов проектирования вызывает затруднения, так как невозможно полностью исключить неформализуемые подходы (действия), характерные для проектировщика. Многие виды задач решаются человеком значительно быстрее и эффективнее. Поэтому активное взаимодействие человека и ЭВМ является одним из основных принципов построения и эксплуатации САПР.

Принцип иерархической структуры построения САПР реализует комплексный подход к автоматизации всех уровней проектирования. Взаимосвязи, существующие в традиционном проектировании, должны сохраняться в САПР. Иерархия уровней определяет рациональную структуру САПР, разделённую на несколько подсистем, взаимосвязанных друг с другом.

Принцип системного и информационного единства во всех подсистемах означает, что большинство задач проектирования обслуживается информационно согласованными программами. Единство информационных связей предусматривает единую форму представления однотипных данных, «т.е. в системе должны использоваться единые термины, понятия, входные и выходные данные, установленные в нормативных документах. Информационные связи могут проявляться в том, что результаты решения одной задачи будут исходными данными для другой задачи. Если для согласования программ требуется существенная переработка общего массива данных с участием человека, то это значит, что программы информационно плохо согласованы.

Автоматическая связь программ без ручной перекомпоновки массивов определяет принцип оптимальности связей человека в ЭВМ внутри машины.

Принцип оптимальности связей между САПР и внешней средой. Если каждый раз при проектировании заново вводят не только специфические исходные данные, но и сведения справочного характера (параметры унифицированных элементов), то имеет место нерациональная организация связей САПР с окружающей средой. Все данные, используемые многократно при проектировании разных объектов, должны храниться системой в банке данных.

САПР – открытая и развивающаяся система. Во-первых, разработка САПР занимает продолжительное время и экономически выгодно вводить в эксплуатацию части системы по мере их готовности. Введённый в эксплуатацию базовый вариант в дальнейшем расширяется. Во-вторых, постоянный прогресс вычислительной техники и вычислительной математики приводит к появлению более со-

вершенных математических моделей и программ. Поэтому САПР должна обладать способностью наращивания и совершенствования, пополнения и обновления подсистем и компонентов.

Принцип инвариантности предполагает, что подсистема и компоненты САПР должны быть по возможности универсальными или типовыми и функционировать независимо друг от друга, обеспечивая возможность решения большого количества задач каждой подсистемой. При этом символы, коды должны быть согласованы так, чтобы обеспечивалось совместное функционирование всех подсистем и сохранялась открытая структура системы в целом!

САПР – специализированная система с максимальным использованием унифицированных модулей. Требования высокой эффективности САПР и универсальности противоречивы. Специализацией систем можно достичь высокой эффективности, но при этом возрастают затраты на их разработку. Чтобы снизить расходы на разработку целесообразно строить специализированные системы с использованием унифицированных составных частей – модулей. Необходимое условие унификации – поиск общих положений в моделировании, анализе и синтезе разнородных технических объектов, что обеспечивает универсальность программных технических средств обеспечения.

Компоненты видов обеспечения САПР

Каждая подсистема САПР составлена из функциональных частей, объединённых общей целевой функцией и обеспечивающих работоспособность этой системы.

Компоненты обеспечения указаны ниже.

Методическое обеспечение (МО) САПР определяет объект проектирования, процесс проектирования и взаимосвязь между человеком и машиной, т.е. что проектировать и как управлять процессом проектирования. Оно составляется на основе тщательной проработки и анализа методологии проектирования. Поэтому разработка методического обеспечения требует знания предметной области проектирования и технических средств, с тем, чтобы определить, какие этапы и задачи проектирования следует решать автоматически, какие оставить за проектировщиком, а какие необходимо использовать в интерактивном режиме. Также включает совокупность документов, в которых отражены состав, правила отбора и эксплуатации средств автоматизации проектирования.

Техническое обеспечение (ТО) САПР представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования. Техническое обеспечение делится на группы средств программной обработки данных, подготовки и ввода данных, отображения и документирования, архива проектных решений, передачи данных от ЭВМ к терминалам (конечным пунктам вывода информации).

Одним из основных показателей технического обеспечения САПР являются высокая надёжность оборудования и удобство пользования, чтобы гарантировать

проектировщику получение достоверных результатов с наименьшими затратами труда.

Математическое обеспечение (ММ). По назначению и способам реализации математическое обеспечение САПР делится на две части:

- математические методы и построенные на их основе математические модели;
- формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

Элементы математического обеспечения чрезвычайно разнообразны и определяются спецификой проектирования: принципы построения функциональных моделей, методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, постановка экспериментальных задач и т.д.

Формы представления математического обеспечения разнообразны и реализуются в программном обеспечении САПР.

Программное обеспечение (ПО) САПР. Программное обеспечение САПР представляет собой совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования, представленных на машинных носителях в виде текстовых документов.

Программное обеспечение делится на общесистемное, базовое и прикладное (специальное) [10].

Общесистемное ПО предназначено для организации функционирования технических средств, т.е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов и представлено операционными системами ЭВМ и вычислительных комплексов (ВК). Общесистемное ПО обычно создаётся для многих приложений и специфику САПР не отражает.

В базовое ПО входят программы, обеспечивающие правильное функционирование прикладных программ. Базовое программное обеспечение не является объектом разработки при создании программного обеспечения САПР (пример: базовое ПО для обработки геометрической и графической информации, для формирования и использования БД).

В прикладном ПО реализуется математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Обычно имеет форму пакетов прикладных программ (ППП), каждый из которых обслуживает определённый этап процесса проектирования или группу однотипных задач внутри различных этапов.

Основу **информационного обеспечения (ИО) САПР** составляют данные, которыми пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для обработки проектных решений. Эти данные могут быть представлены в виде документов на различных носителях, содержащих сведения справочного характера о материалах, комплектующих, типовых проектных решениях и т.д. Совокупность данных, используемых всеми компонентами САПР, составляет информационный фонд САПР. Основная функция ИО САПР – ведение информационного фонда, т.е. обеспечение создания, поддержки и организации доступа к

ним. Выделяют немашинное и внутримашинное обеспечение. К первому относятся система классификации и кодирования, методические материалы на проектирование, массивы нормативно-справочной документации. Внутримашинное – включает банк данных, массивы базы данных и комплекс программ для записи, хранения и поиска информации.

Лингвистическое обеспечение (ЛО) САПР представлено совокупностью языков, применяемых для автоматизированного проектирования и проектных решений. Основная часть ЛО – языки общения человека с ЭВМ. Среди алгоритмических языков высокого уровня наиболее распространён язык Фортран, на нём составлено программное обеспечение существующих САПР. Однако он имеет ограниченные возможности для описания сложных алгоритмов логического характера. Для этих целей используются языки ПЛ/1, Паскаль, АДА [1].

Классификация САПР

Основной причиной, обусловившей возникновение потребности проведения работ по автоматизации проектирования, явилась низкая производительность инженерного труда в сфере обработки информации по сравнению с производительностью труда рабочих в материальном производстве. На первых порах эта проблема решалась экстенсивным путем за счет перевода трудовых ресурсов из материального производства в сферу обработки информации [11].

Современный уровень развития производства, появление микрокомпьютеров, растровых графических дисплеев, разработка трехмерной «каркасной» технологии послужили основой для автоматизации процесса проектирования объектов сложных форм и развития современных систем САД/САМ.

Первоначально в практике проектирования преимущественно использовались системы САД – Computer Aided Design (проектирование и конструирование с помощью ЭВМ), впоследствии получили развитие и стали широко применяться системы САМ – Computer Aided Manufacturing (производство с централизованным управлением от ЭВМ). Перспективой развития систем САД/САМ является разработка систем СИМ – Computer Integrated Manufactur, предполагающих автоматизацию и объединение в единую систему не только всех этапов проектирования и производства изделия, но и работ, связанных с его последующим хранением, реализацией и эксплуатацией. Аналогами зарубежных систем САД/САМ в нашей стране являются системы САПР/АПП – системы автоматизированного проектирования и автоматизации производственных процессов.

Компьютеризация инженерной деятельности в целях повышения производительности труда началась еще в начале первой половины XX века. В настоящий момент можно выделить два класса систем компьютеризации инженерной деятельности (КИД): системы автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизации управления (АСУ). Последние в свою очередь делятся на системы организационного управления, а именно АСУ предприятием (АСУП), АСУ производством (АСУПр) и на системы управления технологическими процессами (АСУТП). Помимо этого имеются системы управления качеством (АСУК) [2].

Первые коммерческие САПР появились на рынке в 60-х годах XX-го века. Ориентированы они были на автоматизацию конструирования и назывались САД-системами. Впоследствии значительное развитие получили также системы автоматизации проектирования технологических процессов (САРР), программирования изготовления деталей на станках с ЧПУ (САМ) и инженерных расчетов (САЕ – Computer Aided Engineering).

Далее под термином САПР будут подразумеваться, в основном, системы, направленные на автоматизацию выполнения конструкторских проектов. Степень специализации системы определяет способность САПР выполнять задачи, характерные для конкретной профессиональной деятельности (проектирование инженерных сетей, печатных плат, дизайна интерьера, конструкций одежды и т.п.). Универсальные САПР, в отличие от специализированных, предназначены для выполнения общепроектных задач без учета специфики работы в конкретной профессиональной деятельности.

Классификация по типу пространства действия определяет тип используемого пространства для проектирования. Двухмерные (2D) системы подразумевают наличие у объекта проектирования двух измерений.

Системы 2,5D-проектирования, опираясь на двухмерное графическое ядро, используют методы расчета пространственных форм объекта в трех проекциях.

Системы 3D-проектирования используют сложный математический аппарат для визуального представления и управления пространственной формой объекта в трехмерном пространстве.

Основанием для **классификации трехмерных систем** может служить тип модели поверхности проектируемого объекта. Среди них следует выделить системы, оперирующие твердотельными (solid) объектами, и системы, обрабатывающие полигональные и NURBS-поверхности (NURBS-поверхности от Non-Uniform Rational B-Splines – неоднородные рациональные B-сплайны), формируются на основе набора изопараметрических кривых, описываемых контрольными точками, а так же их модификации. Такое деление нельзя назвать строгим, так как многие системы используют несколько способов описания объемных тел в зависимости от решаемых ими задач. Многие 3D-системы поддерживают несколько типов моделей поверхностей. Как правило, системы, работающие с NURBS-поверхностями, выполняют операции их преобразования в полигональные и наоборот. В силу сложности пространственной формы проектируемого изделия САПР одежды не используют твердотельное моделирование.

Многие современные САПР швейных изделий сочетают в себе трехмерные и двухмерные технологии. Развертывающие 3D-САПР одежды позволяют проектировать форму изделия в трехмерном пространстве, а затем получать развертки изделия на плоскость для дальнейшего преобразования. «Одевающие» 3D-САПР одежды предназначены для проектирования плоских лекал изделия традиционными способами, дальнейшего их «сшивания» и «одевания» на виртуальный манекен для проверки посадки изделия и внесения изменений в плоские лекала.

Основание классификации САПР по степени параметризации определяет способность системы описывать и запоминать процесс проектирования в виде набора параметров с целью автоматического воспроизведения при новых значениях параметров. В связи с этим выделяют: непараметрические системы; системы, поддерживающие концепцию сквозной параметризации; и комбинированные системы, ведущие запись алгоритма на отдельном этапе (этапах) проектирования.

В рамках проектирования швейных изделий параметрические САПР позволяют формировать алгоритмы построения и преобразования чертежей конструкций. Их преимуществом является возможность многократного повторения алгоритма с новыми исходными параметрами, такими как размерные признаки, прибавки, коэффициенты и т.п. Процесс создания алгоритма требует от конструктора принятия дополнительных решений по формализации шагов проектирования и обеспечения устойчивости работы алгоритма. Поэтому параметрические системы представляются более сложными по сравнению с непараметрическими.

Наибольшее распространение приобрели комбинированные САПР, так как представляют собой комбинацию простоты использования непараметрических систем и широкие возможности формализации процесса проектирования параметрических. Комбинированные САПР можно классифицировать по степени доступа пользователя к параметрам проектирования.

Комбинированные системы с ограниченным доступом пользователя к параметрам проектирования основаны на непараметрическом подходе, однако, предлагают пользователю готовые алгоритмы проектирования с возможностью изменения их параметров.

Второй тип комбинированных САПР имеет четкое разделение на подсистемы в зависимости от этапа проектирования, при этом некоторые подсистемы обладают полной или частичной параметризацией.

Комбинированные системы с полным доступом к параметрам проектирования позволяют пользователю по своему усмотрению включать режим записи алгоритма и самому определять его параметры на любом этапе проектирования изделия.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ САПР

Индивидуальное проектирование может использоваться только крупными отраслевыми проектными организациями, располагающими необходимыми ресурсами для самостоятельного создания системы. По оценкам, основанным на опыте зарубежных и отечественных проектировщиков САПР, создание системы в организации в 1000 человек составляет по времени 4–6 лет и стоимостью 10–15 млн. долларов.

Его целесообразно использовать для создания САПР, ориентированных на конструирование широко распространённых классов изделий (печатные платы в радиоэлектронике, военные разработки), или САПР сложных уникальных изделий, которые не могут быть спроектированы имеющимися средствами.

Типовое проектирование. Проектировщик выбирает типовую САПР, которая по его мнению наиболее подходит для реализации проекта и приспособливает её для решения собственных задач, незначительно изменяя состав технических средств и базового ПО. Проектировщик застрахован от грубых ошибок, но имеет мало шансов получить оптимальную систему в том смысле, как это понимается при индивидуальном проектировании. Основными целями при типовом проектировании САПР является обеспечение лёгкой адаптируемости системы к возможным изменениям условий работы, сокращению стоимости и сроков проектирования.

Основным принципом создания САПР является **принцип модульной структуры**, в соответствии с которым система должна состоять из отдельных модулей, организованных и связанных между собой управляющей подсистемой САПР. Данный принцип обеспечивает возможность поэтапного ввода системы в действие, а также совершенствования и усложнения системы одновременно с её эксплуатацией. Модуль (агрегат) – это функциональный узел, предназначенный для многократного применения и имеющий упорядоченные значения параметров.

САПР как объект проектирования является сложной технической системой (СТС). Под СТС понимают технические объекты, характеризующиеся следующими свойствами: целенаправленностью, целостностью и членимостью, иерархичностью, многоаспектностью и развитием [7].

Разработка СТС считается эффективной, если эффект от ее применения превалирует над полными затратами на ее создание и эксплуатацию. Как правило, эффект и полные затраты имеют многоаспектный характер [8]. Эффект Q может проявляться в получении технических, экономических или социальных результатов. Полные затраты Z должны учитывать совокупность используемых для достижения эффекта финансовых, материальных, трудовых и временных ресурсов. Поэтому в общем случае эффективность САПР описывают парой множеств

$$\mathcal{E} = \{Q_n, Z_n\}.$$

Наряду с эффективностью САПР в ряде случаев рассматривают эффективность процесса ее проектирования, под которой понимают пару множеств:

$$\mathcal{E}_{no} = \{Q_n, Z_n\},$$

где Q_n – оценка результатов проектирования САПР; Z_n – оценка затрат на проектирование САПР.

Результаты проектирования обычно оцениваются качеством функционирования САПР, качеством разработанной документации и научно-техническим уровнем САПР. Научно-технический уровень определяется с позиций соответствия системы отечественным и зарубежным образцам систем аналогичного назначения. Эффективность СТС достигается в результате правильного выбора критериев оценки проектных решений и использования моделей их оценки, генерации

возможно более широкого множества вариантов построения компонентов СТС и выбора согласованных оптимальных решений по построению СТС. Проблема эффективности СТС не может быть решена путем независимой оптимизации ее отдельных подсистем и требует целостного подхода. Понятие целостного подхода является центральным в системотехнической деятельности. На его базе строится понятийный аппарат, используемый для решения всех системотехнических задач.

В САПР выделяют три вида пользователей [9].

1. Разработчики САПР – специалисты в области применения ЭВМ, имеющие достаточную квалификацию для разработки базовых методов, средств и оснащения САПР, способных осуществлять разработку общесистемного ПО, инструментальных и технологических средств проектирования, генерацию и настройку САПР на условия конкретного применения.

2. Прикладные программисты – специалисты, имеющие высокую квалификацию, знающие методологию проектирования, алгоритмы прикладной области и способные разрабатывать специализированное ПО, используя общесистемное ПО.

3. Проектировщики – специалисты в области проектирования, хорошо освоившие возможности САПР для выполнения автоматизированного проектирования.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

Специфика математических моделей проектируемых объектов определяет математическое обеспечение системы и внутреннее содержание процедур взаимодействия инженера и ЭВМ.

Методы получения математических моделей можно представить двумя группами.

К первой группе относятся методы получения математических моделей элементов и макромоделей систем. Для этих методов характерно использование неформальных (эвристических) приемов и процедур. Неформальный подход используется при выборе вида математических соотношений модели, в то время как последующее определение числовых параметров модели может быть формализовано.

Ко второй группе относятся методы получения полных математических моделей систем из заданных математических моделей элементов. Эти модели могут быть полностью формализованы и инвариантны ко многим техническим объектам.

В первой группе различают теоретические и экспериментальные методы. Теоретические методы основаны на использовании закономерностей, характерных для моделирующего процесса. Математический аппарат этих моделей обычно составляют системы уравнений.

Экспериментальные методы основаны на использовании экспериментально полученных зависимостей между параметрами и переменными. Если проанализировать существующий процесс проектирования конструкций швейных изделий, то можно отметить неформальный характер многих приемов и процедур проектирования, предусматривающих систему диалога человека и ЭВМ.

Методы математического описания контуров лекал швейных изделий

На этапе математической обработки и хранения геометрической информации о лекалах швейных изделий выполняются следующие задачи:

- математическое описание контуров лекал в удобном и компактном виде, основанное на использовании методов аппроксимации;
- геометрическое преобразование плоскостного отображения лекал из одной формы в другую, включающее операции сдвига изображений, сжатия или растяжения, поворота, отсечения части изображения, перекося и т. д.

Математическим аппаратом для решения задач геометрического проектирования является вычислительная геометрия. Рассмотрим некоторые методы математического описания кривых.

В условиях САПР геометрическая информация о контурах поступает в ЭВМ в виде набора координат дискретных точек лекал. Для считывания координат используются различные устройства ввода графической информации. В результате в памяти машин накапливается большой объем исходной информации и возникает задача сокращения этого объема при сохранении точности задания контура.

Традиционно для математического описания контуров криволинейных участков лекал используются методы интерполяции и аппроксимации.

Интерполяция в простейшем смысле – это конструктивное восстановление функции определенного класса по известным ее значениям.

Аппроксимация – это замена одних математических объектов другими, близкими к исходным. В геометрическом проектировании аппроксимация сводится к замене дискретно заданного контура лекал кривыми, которые могут быть выражены через различные функциональные зависимости.

Так как швейные лекала имеют разнообразную сложную конфигурацию, описать единым уравнением весь контур практически невозможно, поэтому аналитическое описание дается на отдельные расчлененные участки. Кусочно-аналитическая модель, используемая для этих целей, представляет собой совокупность аналитических описаний простых участков и структуру соединений этих участков.

Наибольшее распространение при описании контуров получили методы кусочно-линейной, линейно-круговой и сплайновой аппроксимации.

Методы кусочно-линейной аппроксимации. При кусочно-линейной аппроксимации осуществляется замена участков криволинейного контура отрезками прямых. При этом отклонение аппроксимирующих отрезков от исходных линий контура, называемое погрешностью аппроксимации, должно быть меньше за-

данной величины A . В результате аппроксимации контур или другие замкнутые линии швейного лекала заменяются многоугольниками, вершины которого называются узлами аппроксимации. Координаты узловых точек фиксируются в порядке их обхода.

Запись линейной интерполяции может быть представлена следующим образом. Каждый узел (участок кривой) выражаем через функцию

$$f_i = S(x_i), \quad \varphi(x_i) = y_i,$$

где S — длина аппроксимируемого участка;

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ — число узлов аппроксимации;

x_i, y_i — координаты i -го узла аппроксимации.

Для $x_i \leq x \leq x_{i+1}$ имеем

$$S_1(x) = (1-t)f_i + tf_{i+1},$$

где

$$t = \frac{x - x_i}{h_i}; \quad h_i = x_{i+1} - x_i.$$

Допустимая погрешность приближения Δ зависит от шага аппроксимации h_i : чем меньше шаг h_i , тем точнее и ближе аппроксимирующий контур подходит к исходному.

Для проверки условия принадлежности точки контура к аппроксимирующей кривой используется оценка допустимой погрешности через величину Δ . С этой целью определяются разности

$$\delta y_i = y_{i+1} - y_i$$

и при постоянных h_i проверяется условие

$$|\delta y_{i+1} - \delta y_i| \leq \Delta.$$

В случае невыполнения этого условия построения отрезка, проходящего через первые две точки, заканчивается и строится новый отрезок прямой.

Основной недостаток кусочно-линейной аппроксимации — большое количество узлов аппроксимации и негладкая форма контура.

Методы линейно-круговой аппроксимации. В настоящее время известно несколько алгоритмов линейно-круговой аппроксимации. В простейшем случае аппроксимация осуществляется путем проведения окружностей через последовательно расположенные тройки точек. При аппроксимации дугами окружностей необходимо определить радиус искомой окружности $R_{иск}$ (рис. 1).

Предположим, что требуется произвести аппроксимацию дугой окружности контура, заданного рядом точек. Сначала определяется начальное значение радиуса приближающей дуги.

За начальное значение радиуса принимается расстояние от точки пересечения нормалей до начальной точки участка, т. е.

$$R_n = AO_1.$$

После этого строят дугу окружности радиусом AO_1 с центром в точке O_1 . Далее определяются постоянные для данного контура величины Δr и a . Δr — от-

клонение построенной дуги окружности от заданного контура, определяется по формуле

$$\Delta r = B_1 O_1 - B O_1.$$

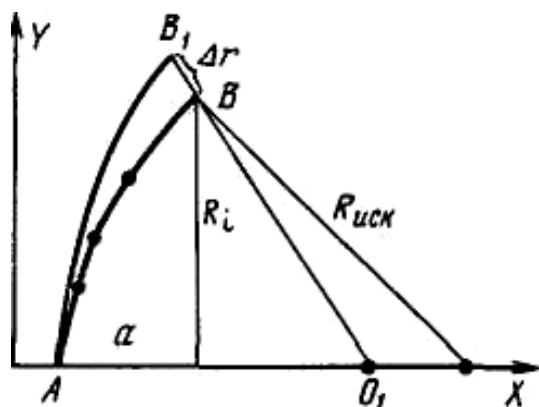


Рис. 1. Схематичное изображение аппроксимации контура дугой окружности с учетом допустимой ошибки: a – постоянный прогиб участка контура; Δr – абсолютное значение ошибки для конечной точки участка по отношению к выбранному значению

Величина a определяется как проекция точки B_1 на линию AO_1 .

Для нахождения искомого радиуса $R_{иск}$ используется формула

$$R_{иск} = R_i \left(1 - \frac{\Delta r_i}{a}\right) + \frac{\Delta r_i^2}{2a}.$$

По этой формуле уточняется значение радиуса, которым и будет являться величина $R_{иск}$, а не R_i (см. рис. 1).

По уточненному значению радиуса выбирается участок максимального отклонения точек заданного контура. Сравнивается выбранное значение с допустимым. Если Δr_{max} превышает допустимое значение, то итерация продолжается; если нет – параметры аппроксимирующей дуги считаются найденными.

Для получения при аппроксимации более гладкой контурной линии может быть использован способ гладкой окружностной интерполяции, называемый способом биарок.

При аппроксимации через два соседних участка контура строится пара сопрягающихся дуг (C_1 и C_2) окружностей (рис. 2) так, чтобы дуга C_1 проходила через точку P_1 , касаясь вектора \vec{m}_1 , а дуга C_2 проходила через точку P_2 , касаясь вектора \vec{m}_2 .

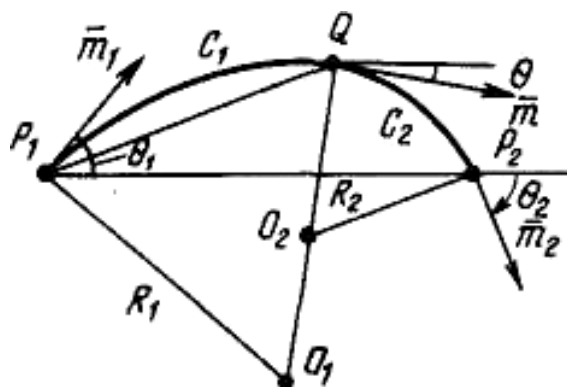


Рис. 2. Аппроксимация контура биарками при заданных углах: $\theta_1 = 50^\circ$; $\theta = -10^\circ$; $\theta_2 = -70^\circ$

Общая кривая, составленная из двух дуг, называется биарком. В качестве параметра, который определяет положение каждой из дуг, принят угол θ , расположенный между вектором \vec{m} , общей касательной к дугам C_1 и C_2 в точке Q и вектором, параллельным прямой $P_1 P_2$. Способом биарков можно аппроксимировать практически любой участок контура швейного лекала.

Математическое описание **контуров с помощью сплайн-функций**. В системах автоматизации процессов проектирования методы аппроксимации применяются не только для математического описания спроектированных контуров, но и, прежде всего, в целях конструирования кривых и поверхностей. При построении кривой в этих случаях утрачивает (или почти утрачивает) смысл такой математический критерий, как точность аппроксимации, и главную роль начинают играть такие критерии, как внешний вид и гладкость кривой, отсутствие осцилляции и другие.

При аппроксимации швейных лекал математические методы не только позволяют сократить объем информации о контуре, но и улучшить эстетическое представление контура.

Наибольшее распространение при математическом описании получили методы сплайн-аппроксимации. Термин «сплайн» возник от названия чертежного инструмента – тонкой металлической линейки, которая может изгибаться так, чтобы проходить через заданные точки. Достаточная степень совпадения контура с исходной функцией достигается при использовании кубических сплайнов.

Для вычисления сплайн-функции, заданной на сетке $x_1 < x_2 < \dots < x_n$, требуется упорядоченная монотонно возрастающая последовательность x_i (рис. 3). Это означает, что сплайн-функция $y = y(x)$ может быть построена только для однозначной функции. Этого недостатка можно избежать, если использовать параметрическое представление кривых.

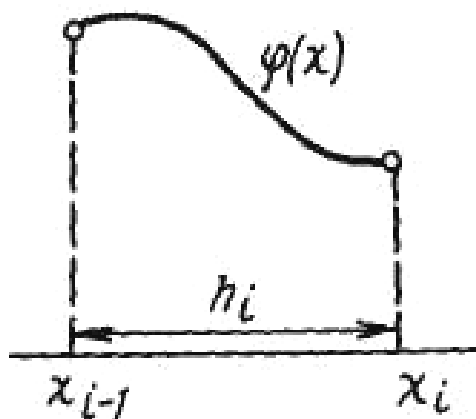


Рис. 3. Участок кубического интерполирующего сплайна

В этом случае кривая задается не функцией, а некоторым параметром, например t . Параметр служит меткой точки на рассматриваемой кривой или просто ее координатой. Желательно, чтобы любое заданное значение этого параметра соответствовало только одной точке на кривой. Поскольку параметр выбирается в значительной степени произвольно, кривая не имеет единственного параметрического представления. Предлагается два способа задания параметра t . В простейшем случае t задается как последовательность целых чисел: $t_j = j$.

При другом способе параметр t соответствует суммарной длине хорд, которая является аппроксимацией длины дуги между первой и j -й точками. В этом случае:

$$t_1 = 1; \quad t_2 = 2;$$

$$t_j = t_{j-1} + \sqrt{\frac{(x_j - x_{j-1})^2 + (y_j - y_{j-1})^2}{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}.$$

Вычислив приближенно длины отрезков:

$$x = x(t), \quad y = y(t),$$

строят кривую, проходящую через точки x_j и y_j , соответствующие выбранным t_j (рис. 4). Непрерывность и гладкость кривых в местах соединения обеспечиваются выбором параметризации по обе стороны сочленения. На практике при построении плавной кривой, проходящей через n точек, конструктор с помощью гибкой линейки (сплайна) вычерчивает каждый участок, ориентируясь на положения нескольких точек, ближайших к этому участку. При переходе к соседнему участку процедура подбора соседних точек продолжается.

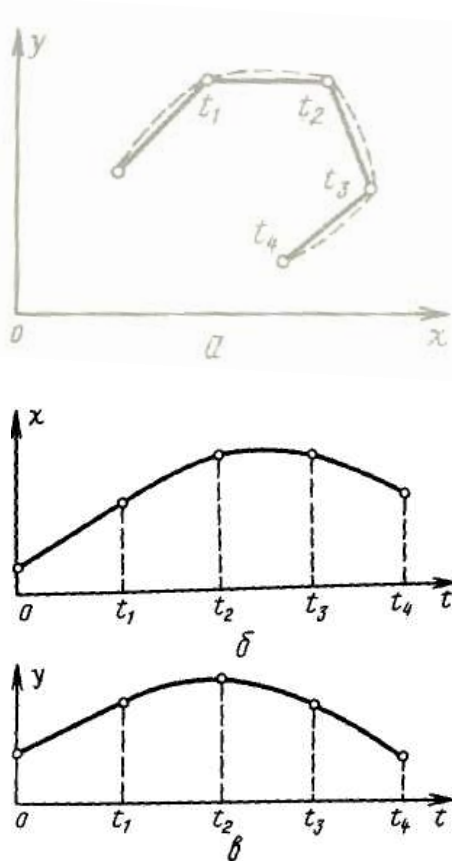


Рис. 4. Параметрическое задание сплайна: а – исходный контур; б – параметрическая форма функциональной зависимости $x := x(t)$; в – параметрическая форма функциональной зависимости $y := y(t)$

Непрерывность и гладкость кривых в местах соединения обеспечиваются выбором параметризации по обе стороны сочленения. На практике при построении плавной кривой, проходящей через несколько точек, конструктор с помощью гибкой линейки (сплайна) вычерчивает каждый участок, ориентируясь на положения нескольких точек, ближайших к этому участку. При переходе к соседнему участку процедура подбора соседних точек продолжается. Построенный таким образом сплайн называют локальным сплайном. Кубическая параметризация оказалась пригодной и для локальных сплайнов. Как известно, кубический сплайн обеспечивает совпадение в узлах с исходной функцией и непрерывность первой и второй производной в точках соединения.

Непрерывность второй производной имеет значение, например, при проектировании контура кулачка, но несущественна для графического представления кривой. Поэтому можно заметно упростить алгоритм вычисления первых производных в точках соединения.

При построении локального сплайна производные в точках соединения можно определять по трем, четырем или пяти смежным

точкам, пользуясь известными интерполяционными формулами Ньютона и Стирлинга для равномерной сетки. Таким образом, для вычисления первых производных в точках соединения не требуется решать систему, как это необходимо при определении полного сплайна. Когда вычислены первые производные, могут быть определены коэффициенты кубического многочлена.

Математическая модель геометрических преобразований лекал

Математическую модель процесса преобразования геометрического образа при конструировании одежды можно описать следующим образом.

Контур развертки деталей одежды можно представить в виде замкнутой кривой гомеоморфной окружности. Обозначим ее через G (рис. 5). Кривая эта склеена из отдельных криволинейных секций $(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_k)$, гомеоморфных отрезков. В местах склеивания первая производная имеет разрыв (как частный случай, производная в этих точках может быть и непрерывной). Таким образом, кривую можно записать в виде

$$G = \gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_k.$$

Назовем кривую G обобщенным контуром развертки.

Представим процесс преобразования развертки как некоторое гомеоморфное преобразование f кривой G в кривую G' .

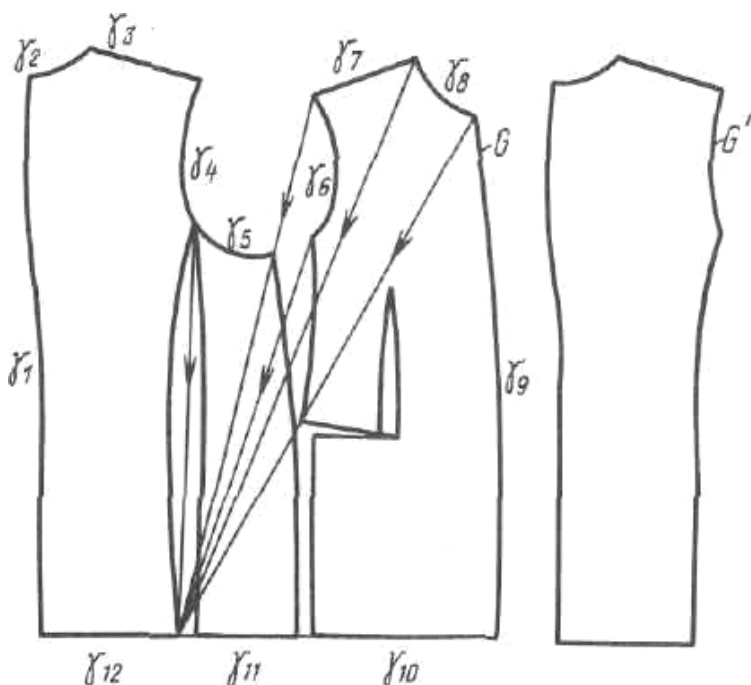


Рис. 5. Обобщенный контур развертки изделия и его преобразование с целью выявления отдельной детали

При этом каждая из секций γ_i кривой G подвергается своему гомеоморфному преобразованию f_i , что можно записать в виде

$$f(G) = f_1(\gamma_1) + f_2(\gamma_2) + \dots + f_k(\gamma_k)$$

Выражение $f(G) = G'$ является записью обобщенной математической модели процесса преобразования геометрической информации при конструировании одежды, которая представляет собой с точки зрения топологии гомотетию кривой G в G' или, иначе говоря, непрерывное отображение (движение) кривой G в G' . Гомотетию еще называют также деформацией.

Модель охватывает все этапы преобразований, начиная с получения развертки, что является гомеоморфным преобразованием пространственной кривой G на плоскость, и кончая преобразованием кривой G' на плоскости.

Чтобы наглядно проиллюстрировать графический образ обобщенного контура развертки, его можно представить как кривую, которая получится, если карандашом обвести все детали одежды, не отрывая его от бумаги. Тем самым будет описана замкнутая односвязная область, гомеоморфная кругу. При этом, естественно, карандаш может по несколько раз проходить через одни и те же точки или линии,

а при переходе с контура одной детали на другую, если они не соприкасаются, образуются соединительные мостики, как это показано на рис. 5. Теперь для получения из этой фигуры одной детали, например спинки, преобразовывают ненужную часть контура в физическую точку, лежащую на этой же кривой, которая становится одной из угловых точек спинки. Точка эта является физической в том смысле, что для нас неотличима от точки, но, тем не менее, в достаточно малой окрестности сохраняет все особенности строения своего прообраза, являясь как бы зародышем, из которого обратным преобразованием можно восстановить первоначальную картину. Такое сжатие можно уподобить постепенному уменьшению масштаба части изображения, пока оно для нашего глаза не превратится в точку. Таким образом, подобным преобразованием можно получить любое многообразие деталей при различных вариантах их членения, вводить или убирать у деталей различные элементы, выточки и т. д.

Исходными данными для модели являются координаты угловых точек и параметры преобразования. Для процесса градации лекал и получения лекал производных деталей координаты угловых точек однозначно определены и заданы в виде приращений к соответствующим точкам прообраза. При техническом моделировании нет жесткого алгоритма нахождения новых положений угловых точек. Конструктор каждый раз определяет их исходя из соображений конкретной задачи на основе опыта и интуиции. Поэтому решение этой задачи возможно только в интерактивном диалоговом режиме.

Методы преобразования лекал швейных изделий в САПР

На основе эвристического эксперимента установлено, что процесс преобразования лекал имеет следующие особенности:

- во всех случаях основой преобразования является изменение положения угловых точек, которые могут быть жестко заданы в случае градации и получения производных деталей лекал или же получаться в результате априорных соображений при конструктивном моделировании;
- преобразование криволинейных участков контуров может быть задано перемещением либо только двух крайних точек, либо двух крайних и одной или более промежуточных точек;
- при градации лекал преобразованные криволинейные участки контуров сохраняют характер оригинала, тогда как в других случаях они могут переходить в совсем другие кривые (кривая может перейти в прямую и наоборот);
- при конструктивном моделировании и построении вспомогательных лекал после преобразования число угловых точек может изменяться;
- преобразования число угловых точек может изменяться;
- очень часто при построении лекал применяются операции по учету припусков по контуру (на швы, уработку и т. д.), которые представляют собой построение эквидистанты к исходной кривой контура.

Как правило, преобразование криволинейных участков определяется тремя параметрами. Первый параметр – это число точек участка, для которых заданы изменения их координат. Обозначим их через K . Минимальное число точек, которое может быть задано, равно двум ($K = 2$), при этом заданы изменения двух крайних точек. Если координата одной из крайних точек не изменяется, то считается, что ее приращение равно нулю. Таким образом, K может принимать значения – 2, 3, 4 и т. д.

Второй параметр определяет возможность задания изменения длины криволинейного участка. Обозначим этот параметр через Pe , он может принимать следующие значения:

$Pe = 0$ – изменение длины не задано;

$Pe = 1$ – изменение длины задано.

Третий параметр определяет возможность задания изменения первой производной на концах участка. Обозначим этот параметр через Pp , он может принимать следующие значения:

$Pp = 0$ – изменение производной не задано;

$Pp = 1$ – изменение производной задано только на одном конце;

$Pp = 2$ – изменение производной задано на обоих концах.

Если изменение длины или производной на концах не задано, то считается, что их значения после преобразования безразличны. Если их значения после преобразования не должны изменяться, то это означает, что изменения заданы, а их величины равны нулю.

Таким образом, эти три параметра определяют вид исходной информации для преобразования и тем самым характеризуют тип этого преобразования.

Введем для характеристики типа преобразования параметр преобразования Pn , который определяется как $Pn = KPePp$. Таким образом, если задано, например, значение $Pn = 410$, то это означает, что для преобразования данного участка задано изменение координат четырех точек, задано изменение длины, а значения производных на концах после преобразования безразличны.

Преобразования участков имеют следующие особенности:

- непрерывные преобразования, которые переводят непрерывную гладкую кривую в непрерывную же гладкую кривую;

- при $K = 2$ преобразованная кривая сохраняет основные черты своего прообраза, при $K = 3$ первоначальная форма кривой может быть разрушена (появятся новые точки перегиба и т. д.) и при достаточно большом K может полностью потеряться связь с прообразом, тогда задача преобразования выродится в задачу интерполяции на новом дискретном базисе точек;

- чем больше K тем меньше предел, в котором можно изменять длину кривой и производные на концах. Самый большой диапазон изменения этих величин при $K = 2$. Однако одновременный учет изменений длины и производных также сужает этот диапазон.

При градации лекал конструктор стремится свести преобразование на отдельных участках к подобию. Преобразование подобия, как известно, принадлежит к группе линейных. Такое же преобразование получается при $Pn = 200$, которое составляет значительную долю при проектировании одежды. Таким образом, можно считать, что на отдельных участках преобразования являются линейными и функции состоят из сегментов линейных функций φ_{ik} , обеспечивающих в точках склейки условие непрерывности. Для реализации такого рода преобразований разработан метод, который по аналогии с кусочно-линейной аппроксимацией назван кусочно-линейным преобразованием плоскости.

В высшей геометрии линейные преобразования называют аффинными. Аффинное преобразование плоскости определяется парой уравнений:

$$\begin{cases} x' = a_{11}x + a_{12}y + a_{13} \\ y' = a_{21}x + a_{22}y + a_{23} \end{cases}$$

при условии, что

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \neq 0.$$

На рис. 6 показаны основные случаи аффинных преобразований: прямые переходят в прямые; параллельные прямые переходят в параллельные; простое отношение трех точек, лежащих на одной прямой, не изменяется.

Порядок кривой при преобразовании не изменяется, что вытекает из свойства линейности аффинных преобразований.

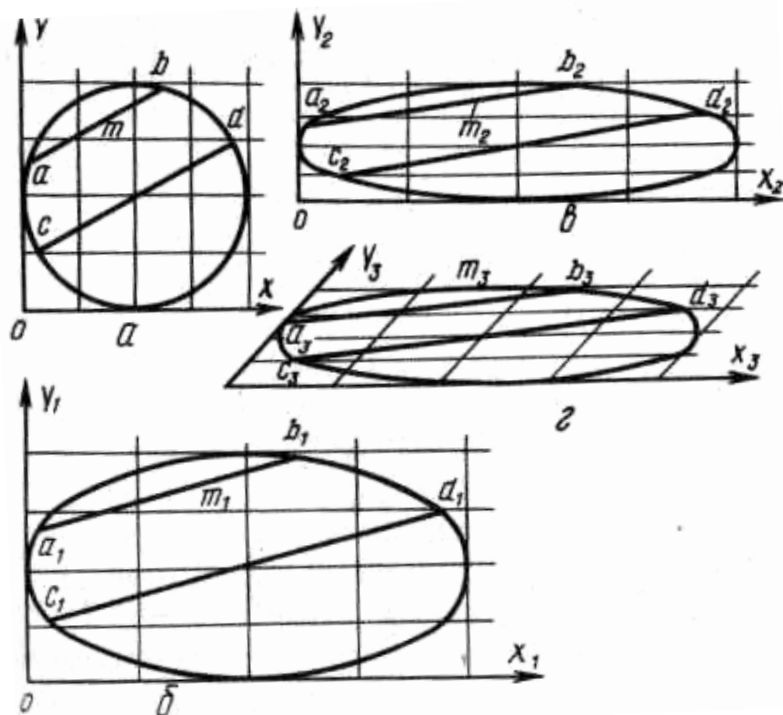


Рис. 6. Аффинные преобразования геометрического образа: а – окружность в прямоугольной системе координат, имеющая параллельные отрезки ab , cd ; б – деформация растяжения по оси x_0 ; в – последующее сжатие по оси $o y$; г – изменение угла между осями координат, т.е. деформация сдвига (перекос) с образованием аффинной системы координат

Для полного определения аффинного преобразования плоскости необходимо задать три пары условий. В частности, преобразование будет определено, если известны образы трех точек плоскости, не лежащих на одной прямой.

При рассмотрении аффинных преобразований удобно представить все множество точек плоскости в однородных координатах. Однородные координаты точки на плоскости определяются как центральная проекция некоторой точки пространства с центром, имеющим координаты $(x, y, z) = (0, 0, 1)$ и обозначаются тройкой чисел $x, y, 1$, где x и y — декартовы координаты точки.

Матричное представление аффинных преобразований в однородных координатах имеет вид

$$[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & 0 \\ a_{12} & a_{22} & 0 \\ a_{13} & a_{23} & 0 \end{bmatrix}.$$

Рассмотрим частный случай матричного преобразования, характерный для процесса градации лекал. Коэффициенты матрицы при градации ($a_{11} \neq a_{22}$, $a_{21} \neq a_{12}$) соответствуют аффинным преобразованиям общего вида.

Аффинное преобразование плоскости, а соответственно и контура, принадлежащего этой плоскости, считается заданным, если известны коэффициенты a_{ik} .

Для задания аффинных преобразований достаточно иметь координаты трех точек (A_1, A_2, A_3) исходной кривой и координаты соответствующих им образов точек $(\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3)$ на преобразованном контуре (рис. 7). В соответствии с принципами градации лекал детали координаты точек на преобразованных кривых будут определяться через величины приращений к соответствующим точкам $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{A}_3$ исходной кривой. Следовательно, можно записать:

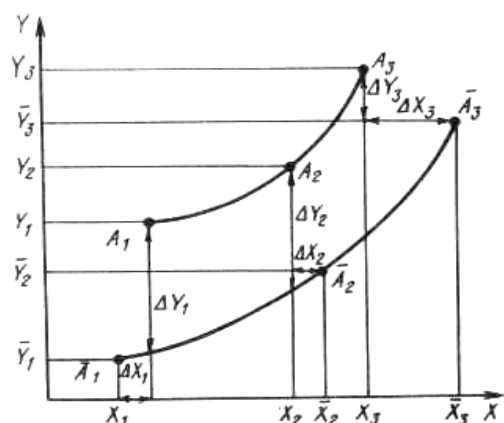


Рис. 7. Аффинные преобразования контура при градации

$$\begin{aligned} \bar{A}_1 &\rightarrow [X_1 + \Delta X_1; Y_1 + \Delta Y_1]; \\ \bar{A}_2 &\rightarrow [X_2 + \Delta X_2; Y_2 + \Delta Y_2]; \\ \bar{A}_3 &\rightarrow [X_3 + \Delta X_3; Y_3 + \Delta Y_3] \end{aligned}$$

Для определения коэффициентов преобразования переместим кривые A_1A_3 и $\bar{A}_1\bar{A}_3$ в новую систему координат таким образом, чтобы точки A_1 и \bar{A}_1 совпадали с ее началом. Тогда координаты точек $A_2, A_3, \bar{A}_2, \bar{A}_3$ будут соответственно равны:

$$\begin{aligned}
A_2 &\rightarrow [X_2 - X_1, Y_2 - Y_1]; \\
\overline{A_2} &\rightarrow [(X_2 - X_1) + (\Delta X_2 - \Delta X_1), (Y_2 - Y_1) + (\Delta Y_2 - \Delta Y_1)]; \\
A_3 &\rightarrow [X_3 - X_1, Y_3 - Y_1]; \\
\overline{A_3} &\rightarrow [(X_3 - X_1) + (\Delta X_3 - \Delta X_1), (Y_3 - Y_1) + (\Delta Y_3 - \Delta Y_1)].
\end{aligned}$$

Значения коэффициентов преобразования a_{11} , a_{12} , a_{21} , a_{22} получим при составлении двух систем уравнений с двумя неизвестными:

$$\left. \begin{aligned} X_1 a_{11} + Y_1 a_{12} &= \overline{X_1} \\ X_2 a_{11} + Y_2 a_{12} &= \overline{X_2} \end{aligned} \right\}; \quad \left. \begin{aligned} X_1 a_{21} + Y_1 a_{22} &= \overline{Y_1} \\ X_2 a_{21} + Y_2 a_{22} &= \overline{Y_2} \end{aligned} \right\}.$$

Решая их совместно, находим:

$$\Delta = \begin{vmatrix} X_1 & Y_1 \\ X_2 & Y_2 \end{vmatrix}; \quad a_{11} = \begin{vmatrix} \overline{X_1} & Y_1 \\ \overline{X_2} & Y_2 \end{vmatrix}; \quad a_{21} = \begin{vmatrix} \overline{Y_1} & Y_1 \\ \overline{Y_2} & Y_2 \end{vmatrix}; \quad a_{12} = \frac{\begin{vmatrix} X_1 & \overline{X_1} \\ X_2 & \overline{X_2} \end{vmatrix}}{\Delta}; \quad a_{22} = \frac{\begin{vmatrix} X_1 & \overline{Y_1} \\ X_2 & \overline{Y_2} \end{vmatrix}}{\Delta}.$$

Подставив в формулы указанные выше значения координат точек и выполнив несложные математические преобразования, получим:

$$\begin{aligned}
D &= \begin{vmatrix} X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 \\ X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 \end{vmatrix}; \\
a_{11} &= 1 + \frac{\omega}{D} \begin{vmatrix} \Delta X_3 - X_1 & Y_3 - Y_1 \\ \Delta X_2 - X_1 & Y_2 - Y_1 \end{vmatrix}; \\
a_{12} &= \frac{1}{D} \begin{vmatrix} X_3 - X_1 & X_3 - X_1 + \omega(X_3 - X_1) \\ X_2 - X_1 & X_2 - X_1 + \omega(X_2 - X_1) \end{vmatrix}; \\
a_{21} &= \begin{vmatrix} Y_3 - Y_1 + \omega(\Delta Y_3 - \Delta Y_1) & Y_3 - Y_1 \\ Y_2 - Y_1 + \omega(\Delta Y_2 - \Delta Y_1) & Y_2 - Y_1 \end{vmatrix}; \\
a_{22} &= 1 + \frac{\omega}{D} \begin{vmatrix} X_3 - X_1 & \Delta Y_3 - \Delta Y_1 \\ X_2 - X_1 & \Delta Y_2 - \Delta Y_1 \end{vmatrix}.
\end{aligned}$$

где D – определитель;

$X_1, Y_1; X_2, Y_2; X_3, Y_3$ – координаты соответственно начальной, промежуточной и конечной точек исходного контура;

$a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ – коэффициенты аффинного преобразования;

$\Delta X_1, \Delta Y_1; \Delta X_2, \Delta Y_2; \Delta X_3, \Delta Y_3$ – приращения соответственно к начальной, промежуточной и конечной точкам исходного контура;

ω – количество шагов от базового размера к искомому, $\omega = \frac{k_i - k_o}{h}$,

k_i – номер искомого размера (роста);

k_o – номер базового размера (роста);

h – шаг от размера к размеру (от роста к росту).

Таким образом, на основе аффинных преобразований общего вида получаем окончательные формулы расчета координат точек криволинейных участков контуров деталей швейных изделий разных размеров и ростов:

$$\bar{X}_i = a_{11}(X_i - X_1) + a_{12}(Y_i - Y_1) + X_1 + \Delta X_1 \omega;$$

$$\bar{Y}_i = a_{22}(X_i - X_1) + a_{22}(Y_i - Y_1) + Y_1 + \Delta Y_1 \omega$$

где \bar{X}_i, \bar{Y}_i – координаты точки контура лекала искомого размера (роста).

Любое аффинное преобразование осей и контура детали можно представить в виде суммы пяти простых преобразований: сдвига, поворота, растяжения (сжатия), растяжения (сжатия) с перекосом и без него. В матричной форме имеют вид:

$$\text{сдвиг на } \Delta x \text{ и } \Delta y - [x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \Delta x & \Delta y & 1 \end{vmatrix};$$

$$\text{поворот на угол } \theta - [x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix};$$

$$\text{растяжение (сжатие) на } S_x \text{ и } S_y - [x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix};$$

$$\text{перекос на угол } \omega - [x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \sec\omega & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix};$$

Растяжение (сжатие) с перекосом на угол μ –

$$[x' \ y' \ 1] = [x \ y \ 1] \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \operatorname{ctg}\mu(S_y - 1) & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Растяжение (сжатие), при котором $S_x = S_y$, называется преобразованием подобия, или гомотетией. Растяжение (сжатие) с перекосом осуществляется в на-

правлении под углом μ к оси абсцисс. При перекосе происходит переход к системе координат с новым координатным углом ω . Матрица суммарного преобразования получается в результате перемножения матриц простейших преобразований. Это становится возможным благодаря введению однородных координат. С помощью аффинных преобразований можно реализовать только шесть типов преобразований: 200, 300, 201, 202, 210, 211. Эти преобразования названы элементарными. Для определения коэффициентов этих преобразований используется разложение их на сумму пяти названных выше простых преобразований и перемножение их матриц. На рис. 8 приведен пример получения таким образом преобразования 210. Это означает, что для данного участка кривой задано изменение координат двух ее крайних точек ($\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta Y_1, \Delta Y_2$) и изменение длины Δl . Значения производных на концах после преобразования безразличны. Процесс преобразования можно представить в виде приведенной ниже последовательности простейших преобразований.

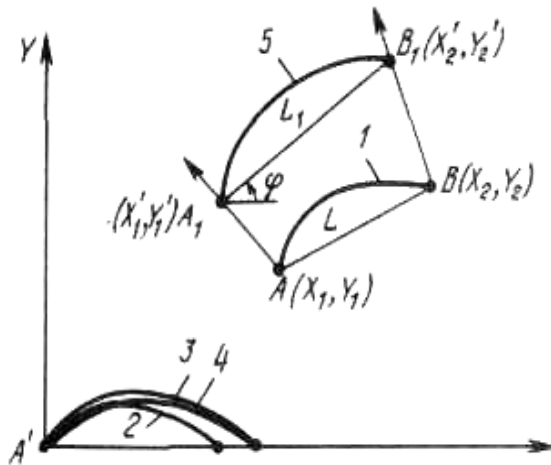


Рис. 8. Преобразование $P_n=200$

1. Перенос (сдвиг) исходной кривой AB (рис. 8, кривая 1) до совмещения точки A с началом координат, т. е. получаем точку A' .

2. Поворот исходной кривой для совмещения точки B с осью абсцисс (кривая 2), получаем точку B' .

3. Растяжение (гомотетия) при $S_x = S_y$ таким образом, чтобы точка B' заняла положение точки B'' (кривая 3).
4. Растяжение (сжатие) вдоль оси y ($S_x = 1, S_y = c$). Коэффициент растяжения c определяется из условия, что кривая будет иметь заданную длину L_1 (кривая 4).
5. Поворот на угол ω , соответствующий новому положению кривой.
6. Перенос (сдвиг) полученной кривой до совмещения точки A' с точкой A_1 . При этом точка B'' займет положение точки B_1 (кривая 5).

Для реализации более сложных преобразований используется метод, который по аналогии с кусочно-линейной аппроксимацией получил название кусочно-линейного преобразования плоскости.

Кусочно-линейное преобразование плоскости представляет собой кусочно-заданную непрерывную функцию, склеенную из сегментов линейных функций, относящихся к классу аффинных преобразований. Склейка происходит в точках, для которых заданы изменения координат. В качестве звеньев кусочно-линейных преобразований используются полученные выше элементарные преобразования. Подвергнутые различным элементарным преобразованиям участки криволинейного контура должны в точках склейки сохранять непрерывность первой производной. Такое условие могут обеспечить только элементарные преобразования

201, 202 и 211, позволяющие задавать изменения производных на концах. Таким способом можно построить любое преобразование типа $Pn = K0Pp$.

Преобразования типа $Pn = K1Pp$, т. е. когда задано еще и изменение длины кривой, строятся с помощью преобразования 212, не являющегося элементарным. Рассмотрим алгоритм его построения. Сначала подвергнем заданную кривую преобразованию 202. После этого разберем два случая. В первом случае касательные вектора на концах кривой направлены по разным сторонам хорды, их соединяющей (рис. 9, а).

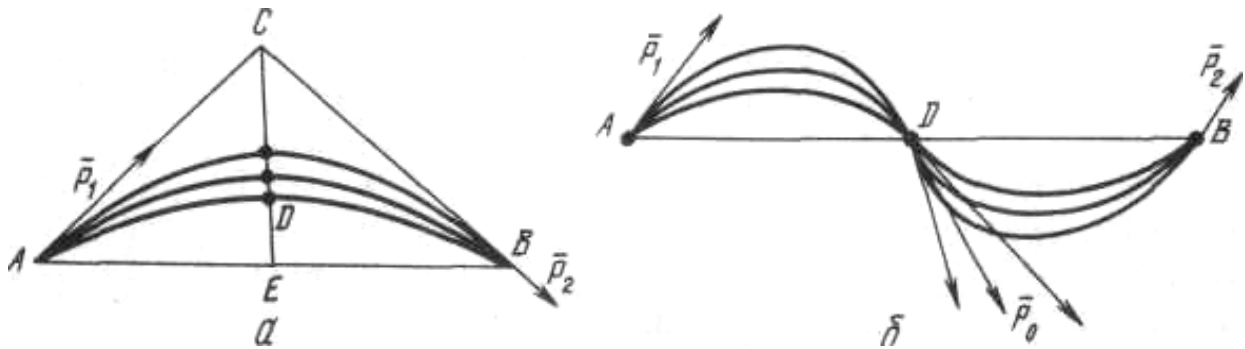


Рис.9. Преобразование $Pn = K1Pp$ соответствует суммарному преобразованию 212 и 202 и дополнительно задано изменение длины кривой Δl : а – преобразование 202 при условии, что векторы \bar{P}_1 и \bar{P}_2 направлены в разные стороны; б – преобразования для случая, когда точка D находится на медиане в точке пересечения с хордой, а векторы \bar{P}_1 и \bar{P}_2 , направлены в одну сторону

Эта хорда вместе с продолжениями касательных векторов образует треугольник ABC . Кривая AB при сохранении условий на концах, не меняя своего порядка, может деформироваться только в пределах этого треугольника. Определим точку пересечения кривой с медианой CE . Полученную точку D будем рассматривать как дополнительную промежуточную точку склейки. Будем перемещать ее вдоль медианы CE , каждый раз определяя в ней касательную и подвергая участки кривой AD и DB преобразованию 202. Перемещение прекращается, как только длина кривой не станет равной заданной. Естественно, движение может осуществляться от точки E до точки C , и это накладывает ограничение на возможное изменение длины.

Во втором случае касательные вектора направлены в одну сторону от хорды, соединяющей конечные точки (рис. 9, б). За промежуточную точку D берется точка пересечения кривой с хордой AB . Определяем в ней направление касательного вектора \bar{P}_0 и начинаем его поворачивать, каждый раз подвергая участки кривой AD и DB преобразованию 202. Поворот прекращается, как только длина кривой станет равной заданной. Угол поворота вектора \bar{P}_0 ограничен ($0 < \omega < \frac{\pi}{2}$) и это накладывает ограничение на возможные изменения длины. Если точек пере-

сечения кривой с хордой AB несколько, то подобные построения проводятся для каждой такой точки.

Определение изменений производных в узлах склейки осуществляется с помощью элементарного аффинного преобразования 200, иначе говоря, гомотетии. Рассматривается два соседних узла кривой. Примыкающие к искомому узлу участки кривой подвергаются преобразованиям 200, и для каждого участка определяются преобразованные направления касательного вектора в этом узле. Окончательное направление касательного вектора определяется как весовая функция хорд, стягивающих узлы.

С помощью метода кусочно-линейных преобразований можно получить любое преобразование, встречающееся при конструировании одежды.

Преобразования, основанные на построении эквидистанты к кривой

Преобразование контуров деталей конструкций может осуществляться при простом плоско-параллельном сдвиге линий контура на определенную постоянную величину. Для этих случаев алгоритм преобразования может быть основан на построении эквидистанты в кривой.

Рассмотрим принцип плоско-параллельного сдвига и математическое обоснование этого процесса. Для построения эквидистанты необходимо определить точки,

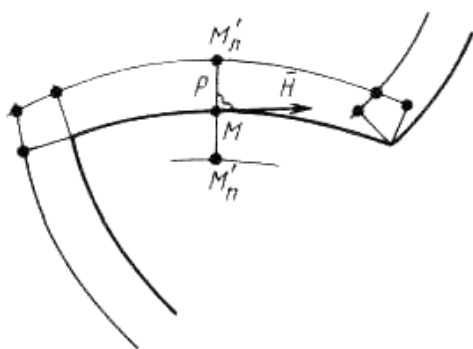


Рис. 10. Построение эквидистанты к кривой

расположенные на определенном расстоянии по нормали к прямой. Для этого возьмем некоторую точку M (рис. 10) на кривой и определим в ней значение производной M' . Тогда уравнение нормали, проходящей через точку M , будет

$$Y - Y_M = -\frac{1}{Y'_M}(X - X_M),$$

или

$$Y = -\frac{X}{Y'_M} \left(Y_M + \frac{X_M}{Y'_M} \right).$$

Затем отложим по нормали вправо или влево от точки M в зависимости от того, какую внешнюю или внутреннюю эквидистанту нужно построить, параметр эквидистанты P . Точки левая $M'_л$ и правая $M'_п$ эквидистанты определяются по формулам:

$$\text{для левой эквидистанты} \quad \begin{cases} X_{M'_л} = X_M - P \cos(\arctg Y'_M); \\ Y_{M'_л} = -\frac{X_{M'_л}}{Y'_M} + \left(Y_M + \frac{X_M}{Y'_M} \right); \end{cases}$$

для правой эквидистанты
$$\begin{cases} X_{M'_n} = X_M - P \cos(\operatorname{arctg} Y'_M) ; \\ Y_{M'_n} = -\frac{X'_{M_n}}{Y_M} + \left(Y_M + \frac{X_M}{Y'_M} \right) . \end{cases}$$

Левая и правая стороны эквидистанты определяются направлением касательного вектора \overline{H} в точке M .

Эквидистанта строится с помощью преобразования $Pn = K02$ (число точек K должно быть не меньше трех). На концах участка кривой задаются значения производных, равные значению производных на концах исходного контура.

Оформление угловых точек лекала осуществляется следующим образом. В окрестностях угловой точки эквидистанта аппроксимируется прямой, проходящей через крайнюю точку эквидистанты по направлению касательной в этой точке. Определяется точка пересечения прямых, принадлежащих соседним эквидистантам. Угловая точка лекала может образовывать внутренний или внешний угол. Для случая внешнего угла концевые дуги соседних эквидистант достраиваются аппроксимирующими прямыми, внутренний угол получается при построении эквидистант.

Геометрические преобразования с помощью эквидистант применяются для построения контуров лекал с учетом технологических припусков и при построении лекал производных деталей, контуры которых относительно контуров основных лекал смещаются на постоянную величину.

ОБЗОР САПР ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Сегодня представить САПР одежды без инструментов графического преобразования чертежей просто невозможно, хотя исторически первыми были системы, поддерживающие лишь ввод с дигитайзера конструкций, разработанных вручную, и их градацию. Большинство современных систем обладает широким набором средств конструктивного моделирования и раскладки. Многие системы также предлагают возможности автоматизации работ художника и технолога. Технологии трехмерного проектирования также нашли применение в области автоматизированного проектирования швейных изделий.

Возможности параметрического конструирования

В настоящий момент среди подходов к автоматизации работ по конструктивному моделированию наибольшее внимание на себя обращает параметрический, позволяющий исключить традиционный процесс градации. Такие системы позволяют хранить опыт конструктора в виде алгоритмов построения и преобразования чертежей конструкций одежды. На российском рынке можно выделить следующие системы, основанные на сквозной параметризации: «Grafis», «Грация», «Лекко».

В системе «Grafis» (Grafis, Германия) процесс проектирования базовых конструкций (БК) и модельного преобразования хранится в виде алгоритма. Запись алгоритма возможна двумя способами:

а) преобразованием чертежа конструкции в графическом редакторе, при этом запись алгоритма осуществляется автоматически, а его структура скрыта от пользователя в целях безопасности целостности системы;

б) вводом текста алгоритма с клавиатуры, пользуясь командами встроенного языка программирования, результаты такого проектирования можно просматривать в графическом окне на любом этапе записи.

Сквозная параметризация в «Grafis» реализуется также в возможности создания произвольной типологии размеро-ростов, ввод переменных величин различного типа, организации иерархической структуры проектируемых деталей и лекал, что позволяет хранить наборы приемов конструктивного моделирования (построение рукава, воротника, карманов и т.п.) в виде самостоятельных файлов для последующего вызова в файлы проектируемых моделей.

Система автоматизированного проектирования «Грация» (Украина) поддерживает концепцию сквозной параметризации во всех предлагаемых ею подсистемах аналогично «Grafis», однако процесс проектирования выполняется записью алгоритма командами локального языка программирования.

В подсистеме «Конструктор» интерес представляет возможность формирования трех проекций фигуры (типовой или заказчика), выполнение на них технического эскиза и моделирования элементов первого вида на фронтальной проекции фигуры. Так же в системе реализован механизм 2,5D-проектирования конструкций для расчета пространственных форм объекта в трех проекциях.

«Леко» (Вилар, Россия) одна из первых вышла на российский рынок САПР швейных изделий с действующей технологией параметризации. Проектирование в системе осуществляется записью команд встроенного языка программирования.

Интересным решением автоматизированного снятия мерок в рамках системы «Леко» является изменение параметров виртуального трехмерного манекена в соответствии с фотографией человеческой фигуры.

Рассматривая вопросы параметризации следует обратить внимание на подсистему АВ ОВО отечественной САПР «Comtense», обеспечивающей возможность параметрического построения базовых конструкций изделий с использованием плоскостных методик конструирования. Работая в АВ ОВО, конструктор определяет состав и значения размерных признаков и прибавок, используемых для чертежа БК. При помощи набора графических команд пользователь выполняет построения БК на экране компьютера, при этом программа автоматически записывает последовательность команд в управляющий файл. Пользователь, обладающий достаточным опытом работы, может вносить изменения непосредственно в текст управляющего файла.

Некоторые системы, такие как «Eleandr CAD», «Ассоль» предлагают готовые методики построения чертежей БК, предоставляя пользователю возможность модификации при помощи изменения их параметров.

Частичная параметризация процесса конструирования может выражаться в возможности записи часто повторяющейся последовательности действий (макросов), как в САПР «Ассоль», а так же в реализации процесса «образмеривания» непараметрического чертежа, как в САПР «Optitex».

Возможности автоматизации процесса проектирования эскизов

Многие современные САПР швейных изделий в дополнение к средствам автоматизации труда конструктора предлагают возможности автоматизированного формирования технических и художественных эскизов [6]. Наиболее эффективный способ проектирования технического эскиза основан на использовании методов комбинаторики. К системам, использующим этот подход, следует отнести «EleanDr CAD», «Реликт», «Ассоль»

САПР «Реликт» (НПЦ «Реликт», Россия) предлагает подсистемы формирования технического эскиза методами комбинаторики, подготовки художественного эскиза с подбором материала, параметрического построения чертежей конструкций и др.

Особенностью САПР «Реликт» является база данных элементов профессиональной фирменной одежды. Каждый конструктивный элемент, представленный в базе данных (БД), характеризуется техническим рисунком, комплектом лекал, технологической последовательностью сборки и конфекционной картой, идентифицируемых посредством единой системы кодирования. Новые модели описываются путем указания базовой конструкции, на основе которой они создаются, и крупных блоков (сборочных единиц), входящих в её состав.

При проектировании художественного эскиза используется база данных фактур и расцветок материалов. Системы, реализующие формирование художественного эскиза, позволяют проводить оценку возможных вариантов материала для проектируемых моделей, создавать презентацию коллекций, подбирать наиболее подходящие цветовые решения для индивидуальных заказчиков. К таким системам относятся «Реликт», «Ассоль», «Lectra», «Gerber», «d-Designer» и др.

САПР «Ассоль», разработанная в МФТИ при участии специалистов МГУДТ, использует математическую и графическую базу универсального редактора инженерной графики AutoCAD. «Ассоль» следует отнести к САПР комбинированного типа, так как в ней заложены возможности записи алгоритмов последовательности приемов моделирования в виде макросов и файлов сценария. Процессы градации могут выполняться в традиционном порядке, а также параметрически за счет механизма сценариев.

Система «Ассоль» позволяет автоматизировать создание технических эскизов, используя при этом базу данных готовых элементов эскиза, а так же параметрическую запись сценариев проектирования эскизов. Кроме указанных выше возможностей, САПР «Ассоль» предлагает средства трехмерного моделирования для создания галантерейных изделий, спортивных аксессуаров и мягкой мебели без предварительного макетирования.

САПР «Lectra» (Франция) – комплексная система подготовки производства от эскиза до раскроя, базирующаяся на следующих отдельных модулях. «GraphicSpec» – векторная конструкторская программа для разработки и создания технических рисунков моделей одежды и другой графической и текстовой документации. «PrimaVision» – рабочее место дизайнера для проектирования цветового решения модели. «ColorWeave» – программа создания и имитации фактуры ткани – используется для проектирования тканых узоров. Программы «Catalog» и «Gallery» наглядно представляют подробную информацию о созданных изделиях и коллекциях. Программа «Modaris Expert» для проектирования и оформления лекал построена на принципе семейственности (наследования), т.е. изменения в одной детали автоматически отражаются на всех с ней связанных. Модуль «Diamino Expert» позволяет выполнять раскладки в автоматическом и полуавтоматическом режимах. «Optiplan» – программа планирования производственного заказа.

Кроме того, с помощью лазерного сканера 3D Body Scanner (примерная стоимость 400 тыс. долларов) компании Testmath предлагается технология автоматического снятия измерений. В течение 10 секунд выполняется снятие 97 мерок, которые отправляются в систему визуализации. Полученные данные могут быть переданы в сеть ателье, где на виртуальную фигуру заказчика «примерят» изделие и отправят на индивидуальный пошив.

Возможности трехмерного проектирования

С развитием трехмерных компьютерных технологий в состав САПР швейных изделий также стали включаться 3D-модули различного характера и назначения. Некоторые системы реализуют процесс трехмерного проектирования конструкции изделия с последующей разверткой «i-Designer», «СТАПРИМ», однако большинство современных САПР предлагает выполнение виртуальной примерки с оценкой цветового решения используемого материала.

К системам, реализующим трехмерную примерку, относятся: «Optitex», «Investronica», «Gerber», «Julivi», «DressingSim», «i-Designer» и др. Среди возможностей этих систем – сканирование фигуры человека («DressingSim»; «Lectra»; «Symcad»), «одевание» разработанных плоских лекал на трехмерный манекен, подбор технических параметров материала («Gerber», «Optitex», «Julivi»), оценка посадки виртуального изделия («Gerber», «Optitex», «Julivi», «i-Designer»), внесение изменений в виртуальный макет и соответствующая корректировка плоских лекал («Julivi», «i-Designer»).

Результатом работ французской фирмы «Telmat Industrie» над формированием трехмерной модели тела человека стала система автоматизированного проектирования «SYMCAD». Один из ее модулей «Optifit» предназначен для измерения, создания антропометрической базы данных и широко используется при проектировании одежды для военнослужащих. Для моделирования тела в компьютере человек становится в нижнем белье в специальную кабину на 30 секунд в профиль и анфас. Полученная информация затем переносится в подсистему, формирующую

трехмерную модель тела человека. Система отображает на экране точное представление тела, включая особенности его осанки.

Оператор может снять любое измерение с поверхности спроектированного манекена, чтобы провести анализ и автоматически создать чертеж конструкции.

Данная система позволяет редактировать полученную конструкцию и использовать ее в качестве основы для проектирования одежды другого покроя. САПР передает конструкцию в подсистему моделирования, позволяющую человеку увидеть, как будет выглядеть изделие на его фигуре, как будут закладываться складки, фалды, как он в нем будет двигаться

Израильская система «Optitex» является полнофункциональной САПР швейных изделий. Среди ее особенностей следует отметить параметрическую подсистему «Modulate», позволяющую образмеривать, описывать формулами параметры чертежей созданной конструкции. Эта технология похожа на инструменты feature, реализованные в системах «SolidWorks» и «Pro/ENGINEER».

Модуль «Runway» реализует примерку плоских лекал на трехмерном манекене. Лекала могут быть разработаны в собственных подсистемах «PDS», «Modulate», введены с дигитайзера или импортированы из других САПР. В качестве манекенов, управляемых через размерные признаки, системой предлагаются фигуры женщины, мужчины, мальчика, девочки и автомобильного сиденья.

«Runway» удобен тем, что позволяет одеть несколько видов одежды, при этом программой будут сформированы фалды и складки, если они предусмотрены конструкцией изделия. Для проверки посадки изделий верхнего ассортимента можно задавать прибавки на пакет.

В состав системы «Investronica» (Investronica Sistemas, Испания) входит широкий набор подсистем автоматизации конструкторских работ. В состав «Investronica» входит также продукт «Body Garment», представляющий инструменты для трехмерного проектирования параметрической модели одежды по меркам заказчика. В соответствии с трехмерной моделью подсистема автоматически генерирует плоские лекала для дальнейшей обработки. Подсистема «V-Stitcher» реализует виртуальную примерку изделия, спроектированную плоскостными методами. В арсенале программы мужской и женский манекены, управляемые размерными признаками, возможность нанесения текстуры и создания эффектов на ткани.

Трехмерный модуль системы «Gerber» был приобретен у японской фирмы Asahi Chemical Industry Co., Ltd. и имел возможность проектирования женского манекена с помощью 88 измерений. Для удобства поверхность манекена можно было развернуть на плоскости, рассматривать его под любым углом и корректировать в трехмерном и двухмерном изображении.

В настоящий момент трехмерный модуль системы «Gerber APDS-3D» позволяет конструктору осуществлять примерку разработанных лекал на виртуальном манекене, оценивая посадку и драпировку, вносить изменения в конструкцию на манекене, накладывая текстуру ткани. Трехмерный модуль имеет полную интеграцию с «PDS 2000», градированные лекала также могут быть проверены в трехмерном изображении на манекене соответствующего размера.

Другим интересным примером использования трехмерных технологий является программа «Julivi». К достоинствам программы следует отнести возможность задания прибавки на толщину пакета одежды, задания механических свойств ткани областей дублирования, взаимодействия ткани с манекеном, оптических свойств ткани и т.д. Подобно другим системам, «Julivi» предоставляет возможность подобрать рисунок ткани, произвести анализ качества и эргономических показателей модели (баланс изделия, припуски на свободу облегания изделия, напряжение в ткани, давление изделия на человека в местах соприкосновения). Программа позволяет осуществлять построение линий на виртуальном изделии, а также изменять его габариты, после чего результаты отображаются в готовых лекалах. Отличительной особенностью системы является возможность сканирования припусков. После создания и проверки изделия на трехмерном манекене по команде пользователя система сканирует величины результирующих зазоров (припусков) между поверхностями одежды и манекена, после чего сохраняется возможность воспроизведения данного изделия на манекене другого размера с теми же величинами прибавок.

Разработанная японскими компаниями Digital Fashion Ltd. и Toyobo Company Ltd. система «DressingSim» выделяется широким набором подсистем по трехмерному проектированию одежды.

Формирование 3D-манекена происходит в подсистеме Bodiet, позволяющей проводить измерения фигуры, переопределять размерные признаки и осанку фигуры. Информация о фигуре человека может быть получена с устройств BodyLine Scanner (Hamamatsu) или SUBO201 (SUBO Project). Полученный манекен можно одеть, воспользовавшись базой данных трехмерной одежды, а также оценить посадку одежды в динамике. Для проектирования теней, падающих от ткани, используется прибор Optical Gauging Mechanizm, позволяющий сфотографировать освещаемый образец ткани.

В подсистеме «DressingSim TC» экран разделен на две части: на правой стороне выполняется проектирование лекал изделия в двумерном пространстве, а на левой – результаты проектирования отображаются на трехмерном манекене.

Подсистема «DressingSim RD» позволяет на основе готовых 3D-шаблонов одежды различного вида проектировать новые трехмерные модели, редактируя их 2D-проекции. Полученные пространственные модели передаются в подсистему «DressingSim EX», где реализуется автоматическая развертка поверхности одежды на плоскость. К возможностям подсистемы также относятся: наложение текстуры на трехмерную модель; просмотр зон растяжения/сжатия; задание свойств используемого материала; рисование деталей на трехмерном манекене с их последующей разверткой; стандартные геометрические преобразования плоских лекал, оформление припусков на швы.

Наибольший интерес представляет подсистема «Digital Fashion Show», позволяющая проектировать трехмерный парад моделей в динамике. Для реализации процесса необходимо иметь плоские лекала модели, эскиз, трехмерную фигуру, модель перемещения фигуры.

Другие подсистемы компании «Digital Fashion» позволяют выполнять примерку одежды при помощи плоских изображений фигуры заказчика и базы данных готовых изделий. Для получения элементов БД изделий и фигур используется фотостудия «Dressta». Подсистемы «Naoreba» и «MakeUP Simulator» позволяют выполнить примерку на виртуальном изображении фигуры и лица заказчика. Рассматривать фигуру можно с различных ракурсов.

Продукт японской компании Technoa Inc. САПР «i-Designer» по своим характеристикам схож с разработками Digital Fashion. Среди достоинств системы следует отметить возможности проектирования трехмерного манекена в подсистеме «Body order tool», примерки изделия с оценкой зон прилегания, просмотр формирования складок, отслеживание в плоских лекалах корректировок, сделанных на трехмерном манекене. Аналогично с подсистемой «Naoreba» (САПР «DressingSim») подсистема «f-DFit» позволяет выполнять примерку изделий и аксессуаров на фигуру заказчика с просмотром с различных ракурсов, менять расцветку ткани. Для проектирования аксессуаров применяется подсистема «i-D Accessory». Для работы с изображением лица заказчика предлагается подсистема «i-D Face».

Система «СТАПРИМ» (система трехмерного автоматизированного проектирования в индустрии моды), разработана авторским коллективом кафедры конструирования и технологии швейных изделий и кафедры высшей математики СПбГУТД. Особенностью системы является процесс проектирования формы изделия в трехмерном пространстве, выполняемый до внесения модельных преобразований. На этапе создания трехмерной модели торса человека (манекена) задается количество основных деталей стана и по заданным ведущим размерным признакам производится выбор трехмерной типовой фигуры (женской, мужской, детской). Реализована возможность снятия измерений с фотографии заказчика на основе систем CorelDraw и Microsoft Excell.

Последний этап внесения модельных особенностей выполняется над двухмерными деталями, полученными в результате автоматической развертки силуэтной конструкции. При значительных модельных изменениях данный этап следует выполнять в графических средах иных автоматизированных систем плоскостного модифицирования, например, «Investronica», «Comtense», «Грация» и др. В этих же системах решаются и все другие задачи конструкторско-технологической подготовки производства одежды.

К недостаткам системы «СТАПРИМ» следует отнести недостаточную информативность проволочного каркаса манекена и проектируемого изделия, а также некоторую сложность управления параметрами. Тем не менее, на российском рынке САПР швейных изделий технологию трехмерного проектирования одежды с последующей разверткой реализует лишь «СТАПРИМ».

Среди прочих САПР швейных изделий так же можно отметить такие системы как «PAD System» (Канада), «TUKAtech» (США), «VetiGraph» (Германия), «Assyst Bullmer» (Германия), «NovoCut» (Германия) и другие, реализующие рассмотренные выше возможности автоматизированного проектирования швейных изделий.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭС

Начало фазы компьютерной революции, породившей экспертные системы, фактически относится к 70-м годам; она явилась в обличье успехов в производстве компьютеров, благодаря которым стоимость последних стала намного ниже самых смелых предсказаний. Пока инженеры были заняты разработкой технологии микросхем, специалисты по программному обеспечению закладывали основы переворота в своей области. Он оказался концептуальным прорывом в совсем молодой отрасли информатики под названием искусственный интеллект (ИИ) [3]. Специалисты в области ИИ пытались моделировать сложный процесс мышления, отыскивая общие методы решения широкого класса задач: они использовали эти методы в универсальных программах. Однако несмотря на некоторые достижения, это направление не привело к существенным открытиям. Разработка универсальных программ оказалась слишком трудными, в конечном счете, бесплодным делом. Чем шире класс задач, которые может решать одна программа, тем беднее оказываются ее возможности при решении конкретной проблемы.

В течение последних десятилетий в рамках исследования по системам искусственного интеллекта (СИИ) сформировалось самостоятельное направление – экспертные системы (ЭС), или инженерия знаний. ЭС применяются для решения широкого круга неформализованных или слабо формализованных задач.

Неформализованные задачи составляют очень значительный класс задач, больший, чем класс формализованных. Именно этот факт объясняет быстрый прогресс и интенсификацию исследований и публикаций по разработке наиболее развитых типов интеллектуализированных систем – экспертных. В то же время, ЭС эффективны и для использования в хорошо структурированных предметных областях в виду огромного числа потенциальных решений, фантастической скорости решения задач и отсутствия влияния нежелательных человеческих факторов. Это позволяет быстро и непредвзято оценивать результаты анализа обстановки и вырабатывать рациональные решения.

По определению ЭС относятся к интеллектуализированным системам, имеющих интеллектуальную программную поддержку и решающую задачи с участием оператора. Их основной отличительной особенностью является ориентация на решение задач в узко специализированной проблемной области. При этом подразумевается, а на практике реализуется разработка ЭС для решения определенного круга задач специализированной предметной области.

Существуют различные определения ЭС, отражающие и различные понятия о ней [4]. Это объясняется тем, что теория создания СИИ находится в стадии становления. Все авторы сходятся в том, что основная цель ЭС состоит в тиражировании знаний высококвалифицированных экспертов для менее квалифицированных пользователей. Поэтому в общем виде определение ЭС может быть сформулировано следующим образом. ЭС – узкоспециализированный сложный программный комплекс, позволяющий либо очень быстро принимать стандартные

решения, либо на основе длительного диалога с пользователем помогать в выборе некоторого решения.

Основным признаком интеллектуальных информационных систем, к числу которых и относятся ЭС, является наличие базы знаний (БЗ). Соответственно самой сложной и самой главной задачей при создании ЭС является разработка БЗ. По типу используемых методов и знаний ЭС делят на традиционные и гибридные. Первые используют неформализованные методы инженерии знаний и неформализованные знания, полученные от экспертов. Гибридная ЭС используют и методы инженерии знаний, и формализованные методы, а также данные традиционного программирования и математики.

БЗ является моделью проблемной области и представляет собой совокупность предметной области и задач, решаемых в предметной области. Знания отличаются от данных. Данными называют информацию фактического характера. Знания являются более сложной категорией информации, по сравнению с данными, так как они описывают взаимосвязи между фактами.

По типу представления знания подразделяются на декларативные и процедурные. Декларативные – представляют собой описания фактов и явлений, фиксируют наличие или отсутствие таких фактов, а также включают описание основных связей и закономерностей, в которых эти факты и явления происходят. Процедурные знания – это описания действий, которые возможны при манипулировании фактами и явлениями для достижения намеченных целей.

Для описания знаний используются специальные языки. Отмечается, что в настоящее время наиболее разработанными являются языки процедурного типа.

По способу приобретения знаний они классифицируются на факты и эвристики, или знания первого и второго рода. Первая категория знаний указывает на хорошо известные в данной предметной области обстоятельства. Вторая категория – основана на знаниях эксперта. Они включают различные «знаю-как», эмпирические и интуитивные соображения эксперта. Факты и эвристики, или знания первого и второго рода могут быть как декларативными, так и процедурными.

В ЭС выделяют также метазнания – знания о знаниях. Они используются для управления базой знаний и для эффективной организации процедур логического вывода. Так как БЗ является моделью человеческих знаний, в ЭС требуется четко разделить знания на те, которые обрабатывает компьютер, и знания, которые использует человек (эксперт).

Для описания БЗ ЭС необходимо выбрать метод представления знаний. Перечень реальных моделей, применяемых в теории СИИ, достаточно широк. Большинство авторов по теоретическим вопросам разработки интеллектуальных информационных систем выделяют следующие модели представления знаний: логическую, продукционную, фреймовую, семантическую, а также новые модели – нейронные сети, стохастические модели, критериальные методы. Каждый из этих методов обладает своими достоинствами и недостатками.

Отмечается, что при выборе метода представления знаний следует учитывать однородность представления и простоту понимания. Одновременно выполнить эти требования бывает очень сложно, поэтому в каждом конкретном случае мо-

дель представления знаний выбирается в соответствии с особенностями проблемной области. На практике один метод представления знаний может быть использован только для простых случаев, для большинства же интеллектуальных систем используется комбинированное представление знаний.

Подготовленная БЗ представляет собой структурированные знания, т.е. формализованные знания с установленными связями. Под структурированными знаниями понимаются такие, в которых осуществлено выделение основных понятий, отношений и способов получения задач. Структурирование знаний в общем случае осуществляется путем кодирования, разработкой классификаций, графических моделей, в том числе иерархических и графовых, семантических сетей и т.д.

Наиболее разработанными, применяемыми и простыми в использовании являются процедурные модели представления знаний. В процедурных моделях представления знаний используются развитые логические методы, а именно, логика предикатов. Знания, представляемые с помощью логики предикатов, являются либо фактами, либо правилами. В процедурных моделях сначала анализируется структура ПО, выбираются соответствующие обозначения, а затем логические формулы. Как правило, отношения между понятиями определяются процедурным способом, а отношения между составляющими понятием, определяющих структуру понятий – декларативным способом с помощью семантических моделей.

В теории интеллектуальных систем для формализации знаний о предметной области используется понятийная структура, представляющая собой набор правил для классификации всех сущностей.

Термин проблемная область включает множество сущностей, описывающей ее, и множество решаемых в ней задач, представляемых в виде правил, процедур, формул и т.д. Используется следующее деление сущностей на классы: предмет, свойство (атрибут), состояние, процесс, событие, оценка, модификатор, квантификатор, модальность.

Для наиболее освоенных методов представления знаний разрабатывают оболочки ЭС общего назначения (иначе называемые «среды разработки», «пустые» ЭС), содержащие все компоненты, но не имеющие знаний о конкретных проблемных областях. Примерами таких систем являются: ЭКО, Кара, Leonardo, Nexpert Object, EXSYS, GURU, ART, KEE и др. Для использования «пустых» ЭС необходимо осуществить разработку БЗ заданной проблемной области. Для адаптации и реализации этого типового подхода к различным особенностям проблемной области применяются специальные инструментальные средства.

Работы творческого характера предметной области проектирование конструкций одежды, такие как «оценка показателей качества одежды на стадии ЭП до разработки ПКД», разработка требований к показателям качества и свойствам модели швейного изделия на основе всесторонне обоснованного задания на проектирование, формализация преобразований графической информации и многие другие вопросы практически не исследованы.

Очевидно, поэтому впервые разрабатываемая ЭС будет являться исследовательским прототипом. При этом целесообразно использовать самую простую и

наиболее разработанную ЭС, а также самую простую модель представления в ней знаний. Отмечается, что такими свойствами обладает продукционная модель.

В разработке ЭС участвуют следующие специалисты: эксперты проблемной области (поставка знаний и оценка правильности полученных результатов), инженеры по знаниям (выявление, структурирование и представление знаний, выбор методов обработки знаний и инструментальных средств), программисты (разработка программного обеспечения знаний). Соответственно, можно выделить три группы задач, решаемых этими специалистами.

Таким образом, подытоживая вышесказанное, можно сформулировать наиболее целесообразную последовательность действий для разработки БЗ экспертной системы:

- определение и выделение основных задач, решаемых в ЭС;
- определение огрубленного состава БЗ, с выделением в ней 3-х групп знаний (известных знаний и фактов – 1-я группа; неизвестных, но нужных для решения задач ЭС, знаний – 2-я группа; знаний экспертов – 3-я группа);
- исследование второй группы знаний;
- структурирование знаний первой и второй групп, с предварительным подразделением их на факты и эвристики;
- исследование (извлечение) знаний третьей группы;
- структурирование знаний третьей группы;
- выбор пустой оболочки экспертной системы и «заполнение» ее созданной БЗ.

Почему необходимо оставить для человека место в системе?

Если искусственная компетентность настолько лучше человеческой, то почему бы полностью не отказаться от экспертов-людей, заменив их экспертными системами? Вероятно, можно отказаться от наиболее квалифицированного эксперта, но во многих ситуациях необходимо оставить в системе место для эксперта со средней квалификацией. Экспертные системы используются при этом для усиления и расширения профессиональных возможностей такого пользователя.

Существует несколько веских доводов в пользу того, чтобы не отказываться полностью от эксперта-человека. Хотя экспертные системы хорошо справляются со своей работой, тем не менее в определенных областях деятельности человеческая компетентность явно превосходит любую искусственную. Это не есть отражение фундаментальных ограничений ИИ, но характерно для современного его состояния.

Возьмем, например, область творчества. Люди обладают значительно большей способностью к творчеству и изобретательностью, чем даже самая умная программа. Эксперт-человек способен реорганизовать информацию и использовать ее для синтеза новых знаний, в то время как экспертная система тяготеет к рутинному, лишенному творчества поведению. Эксперты справляются с неожиданными поворотами событий с помощью воображения и новых подходов к решению задачи, включая проведение аналогий с ситуациями из совершенно других предметных областей. У программы в этих случаях нет шансов на успех.

Другой областью, где человеческая компетентность превосходит искусственную, является обучение. Эксперты адаптируются к изменяющимся условиям; они приспособливают свои стратегии к новым обстоятельствам. Экспертные системы мало приспособлены к обучению новым концепциям и правилам, вероятно потому, что это всегда было камнем преткновения для ИИ. Правда, был достигнут прогресс в разработке обучающихся программ, но эти программы разработаны для простых задач и оказываются малопригодными в тех случаях, когда требуется учитывать всю сложность реальных задач.

Эксперты могут непосредственно воспринимать весь комплекс входной сенсорной информации, будь то визуальная, звуковая, осязательная или обонятельная. У экспертной системы есть только символы, через которые представлены концепции базы знаний. Поэтому сенсорную информацию необходимо преобразовать в символьную форму, которая понятна системе. При преобразовании теряется некоторая часть информации, особенно когда визуальные сцены отображаются во множество объектов и взаимосвязей между ними. Старая английская поговорка «Картина стоит тысячи слов о ней» (соответствует русской «Лучше один раз увидеть...») в данном случае оказывается еще слишком слабым высказыванием!

Эксперты-люди могут охватить картину в целом – исследовать все аспекты проблемы и понять, как они относятся к основной задаче. С другой стороны, экспертная система стремится сосредоточить все внимание на самой задаче, игнорируя те аспекты, которые, хотя и связаны с основной задачей, но не входят в нее явно. Это происходит потому, что для решения основной задачи уже требуется огромный объем экспертных знаний и почти столько же их потребуется для обработки каждой из многочисленных задач, которые могут в связи с ней возникнуть. Хотя смежные задачи могут повлиять на решение основной задачи, но они, скорее всего, не возникнут, что делает нерентабельным приобретение дополнительных знаний, необходимых для их решения. В будущем, когда появятся более быстрые и дешевые методы приобретения экспертных знаний, это положение может измениться.

И, наконец, люди, эксперты и неэксперты, имеют то, что мы обычно называем здравым смыслом, или общедоступными знаниями. Это широкий спектр общих знаний о мире, о том, какие законы в нем действуют, т. е. знания, которыми каждый из нас обладает и постоянно пользуется. Из-за огромного объема знаний, образующих здравый смысл, не существует легкого способа встроить их в интеллектуальную программу, тем более в такую специализированную, как экспертная система. В качестве примера применения здравого смысла рассмотрим следующую ситуацию. Допустим, перед вами история болезни, которая сообщает, что пациент весит 30 кг и имеет возраст 1 год. Вы сразу же заподозрите, что в эти данные вкралась ошибка – не потому, что человек не может весить 30 кг или не может достигнуть возраста в 1 год, а потому, что сочетание того и другого в принципе невозможно. На самом деле, предполагаете Вы, случайно были введены неправильные данные. Экспертная система, разработанная для помощи вра-

чам в принятии решений, не отлавливает таких ошибок, если только ей не заданы таблицы возможных отношений возраст/вес для проверки такого рода данных.

Знания здравого смысла включают знания о том, что человек знает и чего он не знает. Например, если у кого-либо спросить номер телефона прежнего места жительства, человек станет копаться в своей памяти, пытаясь восстановить эту информацию. Если у кого-либо спросить номер телефона премьер-министра Англии, человек сразу же поймет, что он не может дать ответ и даже не станет пытаться вспомнить. Если у кого-либо спросят телефонный номер Шекспира, человек сразу поймет, что ответа не существует, ибо во времена Шекспира телефонов не было. Когда задается вопрос экспертной системе, на который она не может ответить или на который не существует ответа, она может потратить много времени, перебирая данные или правила в поисках решения. И, что еще хуже, не найдя решения, экспертная система подумает, что это произошло из-за недостатка знаний и потребует дополнительной информации для пополнения базы знаний.

По этой причине, а также по другим, связанным с общественной приемлемостью экспертных систем, они часто используются как советчики, в качестве консультантов или помощников экспертов или новичков в некоторой предметной области.

Экспертные системы создаются для решения разного рода проблем, но основные типы их деятельности можно сгруппировать в категории, приведенные в таблице.

Таблица

Типичные категории применения ЭС

Категория	Решаемая проблема
Интерпретация	Описание ситуации по информации, поступающей от датчиков
Прогноз	Определение вероятных последствий заданных ситуаций
Диагностика	Выявление причин неправильного функционирования системы наблюдений
Проектирование	Построение конфигурации объектов при заданных ограничениях
Планирование	Определение последовательности действий
Наблюдение	Сравнение результатов наблюдений с ожидаемыми результатами
Отладка	Составление рецептов исправления неправильного функционирования системы
Ремонт	Выполнение последовательности предписанных исправлений
Обучение	Диагностика, отладка и исправление поведения обучаемого
Управление	Управление поведением системы как целого

Ниже мы определяем каждый из этих видов деятельности экспертных систем, описывая виды данных, которые они обычно обрабатывают, и приводим примеры того, как представлены в существующих экспертных системах для этих видов деятельности.

Экспертные системы, выполняющие интерпретацию, как правило, используют информацию от датчиков для описания ситуации. В качестве примера приведем интерпретацию показаний измерительных приборов на химическом заводе для определения состояния процесса. Интерпретирующие системы имеют дело не с четкими символическими представлениями проблемной ситуации, а непосредственно с реальными данными.

Представление знаний с использованием правил

На языке экспертных систем термин **правило** имеет более узкое значение, чем в обычном словоупотреблении [5]. Он относится к наиболее популярному способу представления знаний, т. е. представлению, основанному на правилах. **Правила** обеспечивают формальный способ представления рекомендаций, указаний или стратегий; они часто подходят в тех случаях, когда предметные знания возникают из эмпирических ассоциаций, накопленных за годы работы по решению задач в данной области. Правила выражаются в виде утверждений ЕСЛИ – ТО, как показано ниже,

- [1] Если горючая жидкость была разлита, вызовите пожарных.
- [2] Если pH жидкости меньше 6, разлившийся материал – кислота.
- [3] Если разлившийся материал – кислота, и он пахнет уксусом, разлившийся материал – уксусная кислота.

Эти правила из экспертной системы по управлению кризисной ситуацией помогают определить, что разлилось – нефть или какое-то химическое вещество. Правила иногда записываются через стрелку (\longrightarrow), чтобы указать, где часть ЕСЛИ, а где часть ТО данного правила. Правило 2 в этих обозначениях будет выглядеть так:

- [2] Если pH разлива \longrightarrow разлившийся материал – кислота.
меньше 6

В экспертных системах, основанных на правилах, предметные знания представляются набором правил, которые проверяются на группе фактов или знаний о текущей ситуации. Когда часть правила ЕСЛИ удовлетворяет фактам, то действие, указанное в части ТО, выполняется. Когда это происходит, то говорят, что правило выполнено. Интерпретатор правил сопоставляет части правил ЕСЛИ с фактами и выполняет то правило, часть ЕСЛИ которого согласуется с фактами.

Действия правила могут состоять в модификации набора фактов в базе знаний, например в добавлении нового факта. Новые факты, добавленные к базе знаний, сами могут быть использованы для сопоставления с частями правил ЕСЛИ. Действие, предпринимаемое при выполнении правила, может непосредственно взаимодействовать с внешней средой. Процесс сопоставления с фактами частей ЕСЛИ правил может порождать то, что называется цепочкой выводов. Цепочка выводов, полученная в результате последовательного выполнения правил 2 и 3, показана на рис. 13. Эта цепочка выводов показывает, как система, используя правила, выводит заключение о природе разлившейся жидкости. Цепочки выводов экспертной системы могут быть предъявлены пользователю, что помогает понять, как система достигает своих заключений.



Рис. 13. Цепочка рассуждений для вывода заключения о природе разлитого вещества

В области искусственного интеллекта термин **фрейм** относится к специальному методу представления общих концепций и ситуаций. Марвин Минский, первый, кто предложил идею фреймов, описывает его следующим образом. «**Фрейм** – это структура данных, представляющая стереотипную ситуацию, вроде нахождения внутри некоторого рода жилой комнаты, или сбора на вечеринку по поводу дня рождения ребенка. К каждому фрейму присоединяется несколько видов информации. Часть этой информации – о том, как использовать фрейм. Часть о том, чего можно ожидать далее. Часть о том, что следует делать, если эти ожидания не подтвердятся». Фрейм по своей организации во многом похож на семантическую сеть (фактически мы рассматриваем и семантические сети, и фреймы как системы, основанные на фреймах). Фрейм является сетью узлов и отношений, организованных иерархически, где верхние узлы представляют общие понятия, а нижние узлы более частные случаи этих понятий.

Пока что это выглядит точно так же, как семантическая сеть. Но в системе, основанной на фреймах, понятие в каждом узле определяется набором атрибутов (например, имя, цвет, размер) и значениями этих атрибутов (например, Смит, красный, маленький), а атрибуты называются **слотами**. Каждый слот может быть связан с процедурами (произвольными машинными программами), которые выполняются, когда информация в слотах (значения атрибутов) меняется.

Представление знаний с использованием семантических сетей

Термин **семантическая сеть** применяется для описания метода представления знаний, основанного на сетевой структуре. Семантические сети были первоначально разработаны для использования их в качестве психологических моделей человеческой памяти, но теперь это стандартный метод представления знаний в ИИ и в экспертных системах. Семантические сети состоят из точек, называемых узлами, и связывающих их дуг, описывающих отношения между узлами. Узлы в семантической сети соответствуют объектам, концепциям или событиям. Дуги могут быть определены разными методами, зависящими от вида представляемых знаний. Обычно дуги, используемые для представления иерархии, включают дуги типа «является» и «имеет часть». Семантические сети, используемые для описания естественных языков, используют дуги типа «агент», «объект», «реципиент». На рис. 14 показана структура семантической сети. Из знания свойства дуг можно вывести утверждение, что «рукав является частью одежды», хотя явно оно не было сформулировано.

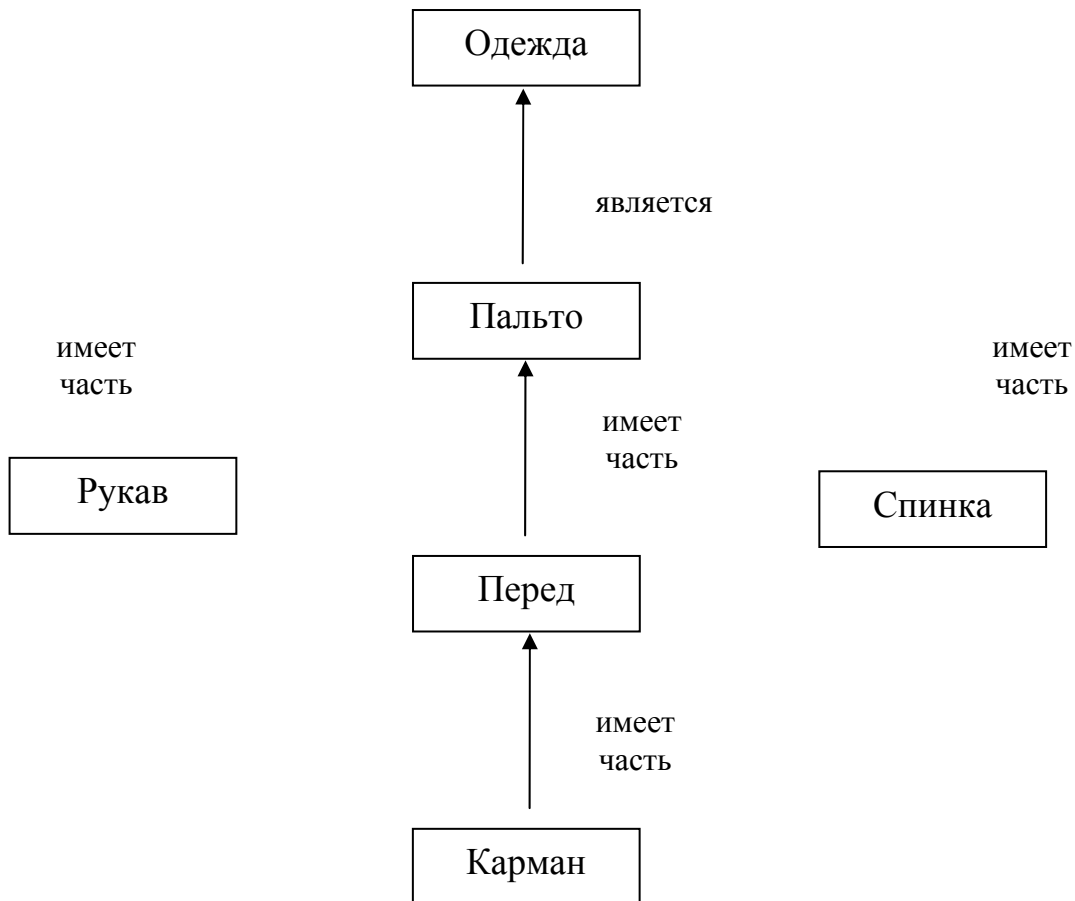


Рис. 14. Простая семантическая сеть с использованием отношения «является» и «имеет часть»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебное пособие / И.П. Норенков. – М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 334 с.
2. Гаскаров, Д.В. Интеллектуальные информационные системы / Д.В. Гаскаров. – М.: Высшая школа, 2003. – 431 с.
3. Андрейчиков, А.В. Интеллектуальные информационные системы / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 423 с.
4. Смолин, Д.В. Введение в искусственный интеллект / Д.В. Смолин. – М.: Физматлит, 2004. – 208 с.
5. Соломатин, Н.М. Информационные семантические системы / Н.М. Соломатин. – М.: Высшая школа, 1989. – 127 с.
6. Климов, В.Е. Графические системы САПР / В.Е. Климов. – М.: Высшая школа, 1990. – 142 с.
7. Данчул, А.Н. Системотехнические задачи создания САПР / А.Н. Данчул, Л.Я. Полуян – М.: Высшая школа, 1990. – 144 с.
8. Медведева, Т.В. Художественное конструирование одежды / Т.В. Медведева. – М.: Форум, 2003. – 478 с.
9. Петров, А.В. Проблемы и принципы создания САПР / А.В. Петров, В.М. Черненький. – М., Высшая школа, 1990. – 144 с.
10. Федоров, Б.С. Проектирование программного обеспечения САПР / Б.С. Федоров, Н.Б. Гуляев. – М.: Высшая школа, 1990. – 159 с.
11. Вейнеров, О.М. Проектирование баз данных САПР / О.М. Вейнеров, Э.Н. Самохвалов. – М.: Высшая школа. 1990. – 144 с.
12. Артемьев, В.И. Организация диалога в САПР / В.И. Артемьев, В.Ю. Строганов. – М.: Высшая школа, 1990. – 150 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Общие принципы построения САПР одежды	
Принципы создания САПР.....	4
Состав и структура САПР.....	5
Принципы проектирования подсистем САПР.....	8
Компоненты видов обеспечения САПР.....	9
Классификация САПР.....	11
Основные способы создания САПР.....	13
Математическое обеспечение САПР.....	15
Методы математического описания контуров лекал швейных изделий.....	16
Математическая модель геометрических преобразований лекал.....	21
Методы преобразования лекал швейных изделий в САПР.....	22
Преобразования, основанные на построении эквидистанты к кривой.....	30
Обзор САПР швейных изделий.....	31
Возможности параметрического конструирования.....	31
Возможности автоматизации процесса проектирования эскизов.....	33
Возможности трехмерного проектирования.....	34
Особенности разработки ЭС.....	38
Представление знаний с использованием правил.....	44
Представление знаний с использованием семантических сетей.....	46
Библиографический список.....	47