

1 АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ИНТЕГРАЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ

Активное развитие сферы информационных технологий предопределяет новые тенденции в развитии и совершенствовании систем автоматизированного проектирования (САПР). Такими тенденциями в современных САПР, реализуемыми последовательно, являются их интеграция и интеллектуализация.

1.1 Актуальность развития интеграционных процессов в системах автоматизированного проектирования

Интегрированная система – программный продукт, обеспечивающий работу нескольких разнородных систем с единым интерфейсом. Интеграция объединяет эти системы-элементы (или модули) в единое целое. Современные интегрированные САПР позволяют решить весь спектр конструкторско-технологических проблем, стоящих перед предприятием, выпускающим или проектирующим наукоемкую продукцию.

Интегрированные САПР позволяют:

- повысить качество выпускаемой продукции;
- сократить сроки разработки новых изделий и расширить ассортимент выпускаемой продукции;
- сократить производственный цикл;
- выйти на мировой уровень производства и сертифицировать его на соответствие международным стандартам качества серии ISO. Это является необходимым условием для ведения международного бизнеса.

Внедрение современных интегрированных САПР коренным образом изменяет концепцию проектирования и производства. В основе нового подхода лежит создание электронной модели (ЭМ) изделия (или математической модели - ММ) и принципы совместной работы коллектива разработчиков в единой интегрированной среде.

Разработка электронной модели изделия (в промышленном производстве) в САПР высшего и/или среднего уровня позволяет:

- спроектировать на основе математической модели технологическую оснастку, необходимую для производства;
- провести все необходимые инженерные анализы и расчеты;
- подготовить комплект конструкторско-технологической документации на изделие;
- получить программы для станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и изготовить оснастку и изделия;
- создать ассоциативную связь между всеми компонентами получившейся системы, обеспечивающую постоянное соответствие и автоматическую передачу изменений между формообразующими поверхностями деталей, сборок, технологической оснастки, программами для ЧПУ и конструкторско-технологической документацией;
- организовать электронный документооборот, обеспечивающий мгновенный доступ к необходимой и достоверной информации об изделии для всех разработчиков.

Интегрированные системы используются не только в промышленности, но и в других областях жизни. Например, под интегрированными системами охраны в настоящее время понимают совокупность взаимосвязанных и обладающих технической, программной, информационной и эксплуатационной совместимостью технических средств и систем тревожной, охранной и охранно-пожарной сигнализаций со средствами или системами контроля и управления доступом и/или системами замкнутого телевидения охраны для решения организации охраны объектов.

В медицине интегрированные системы управления развиваются с конца 80-х годов прошлого века и к настоящему времени успешно используются во многих странах, поскольку их применение позволяет добиться ощутимой экономии энергоресурсов при полном информационном контроле над всеми задействованными инженерными системами. Такие системы управления используют

общую идеологию управления, общий протокол обмена, программное обеспечение для конфигурационного и сетевого менеджмента, взаимозаменяемое оборудование разных производителей.

В менеджменте под интегрированной системой понимается часть системы общего менеджмента организации, отвечающая требованиям двух или более международных стандартов на системы менеджмента и функционирующая как единое целое.

Итак, до последнего времени концепция автоматизации труда инженера базировалась на принципах геометрического моделирования и компьютерной графики. При этом системы компьютеризации труда конструкторов, технологов, технологов-программистов, инженеров-менеджеров и производственных мастеров развивались автономно и инженерные знания, основа проектирования, оставались вне компьютера. Такое положение не удовлетворяет современным требованиям к автоматизации. Сейчас необходима комплексная компьютеризация инженерной деятельности на всех этапах жизненного цикла изделий, которая получила название CALS (Computer Aided Life-cycle System) технологии. Традиционные САПР с их геометрическим, а не информационным ядром, не могут явиться основой для создания таких систем. Сегодня каждое изделие в процессе своего жизненного цикла должно представляться в компьютерной среде в виде иерархии информационных моделей, составляющих единое целое и имеющих соподчиненность, где каждая последующая является более детальной и содержит дополнительную информацию. Такими системами являются интегрированные САПР.

В настоящее время многие производители САПР позиционируют свои программные продукты как системы сквозного проектирования. Такие САПР, обладают рядом дополнительных функций, перегружающих систему проектирования, и не предоставляют весь необходимый функционал для реализации сквозного цикла проектирования.

При реализации сквозного цикла проектирования необходимо применять комплексный подход к решению данной проблемы. Построение системы

сквозного проектирования сводится к выполнению процедур интеграции основных ресурсов. Выделяют несколько уровней интеграции [19]:

- на уровне САПР,
- на уровне проектных данных,
- на уровне процессов.

Решение задач первых двух уровней интеграции сводится к построению единого информационного пространства. При этом интеграция САПР реализуется совместно с интеграцией проектных данных для получения единой интегрированной информационной системы проектирования, нацеленной на реализацию всех проектных операций сквозного цикла.

Эффективное функционирование такой интегрированной системы возможно, если она обладает следующими свойствами [19]:

- гибкостью – интегрированная система должна работать с любыми САПР;
- масштабируемостью – количество и состав входящих в систему САПР должен изменяться без разработки нового программного обеспечения;
- централизованностью – все проектные данные, над которыми ведется работа, должны быть доступны всем САПР, входящим в интегрированную систему;
- адаптируемостью – форматы выходных данных (в том числе конструкторской документации (КД)) должны адаптироваться к любому технологическому оборудованию.

В настоящее время для решения задачи интеграции САПР широко используется методика "точка-точка", которая подразумевает под собой прямую интеграцию друг с другом всех САПР посредством специального программного обеспечения – конвертеров. Конвертеры обеспечивают согласование форматов проектных данных, используемых отдельными САПР. При этом при передаче данных от одной САПР к другой путем конвертирования часть необходимых проектных данных может быть утеряна (обычно эта проблема возникает при передаче атрибутов объектов, так как различные САПР могут работать с

разными наборами атрибутов для одних и тех же типов объектов).

Другой подход, также широко использующийся в настоящее время, методика интеграции на основе PDM-системы (Product Data Management, сопровождение данных об изделии), реализованной в виде реляционной базы данных. Данная методика подразумевает лишь централизацию и структурирование КД и не обладает всеми необходимыми свойствами интегрированной системы проектирования, следовательно, не позволяет реализовать сквозной цикл проектирования. САПР, входящие в состав интегрированной системы, остаются автономными. Между ними нет возможности прямой передачи проектных данных, ведения единых библиотек, распараллеливания проектных процедур, а проблема согласования форматов проектных данных остается открытой.

Еще один подход к интеграции – использование готовых решений "от одного производителя". В качестве примера можно привести такие комплексы САПР, как АСОНИКА, T-Flex Комплекс, Компас, Altium Designer [20-23] и т.д. Они обладают высокой степенью интеграции, являются достаточно эффективными, но рассчитаны на решение ограниченного круга задач.

Интеграция на уровне процессов требует скорее решения задач организационного характера. Основным мероприятием по проведению интеграции на уровне процессов является создание единой деловой среды с целью организации групповой параллельной работы сотрудников различных подразделений. Для реализации групповой параллельной работы необходимо обеспечить тесное взаимодействие между всеми разработчиками (причем, независимо от их территориального расположения), чтобы они могли работать как единое целое. Такой подход необходим для эффективной работы с единым информационным пространством и интегрированной системой САПР [19].

Работы по созданию интегрированных САПР одежды, в частности, интеграции конструкторской и технологической подсистем, занимают важное место в совокупности исследований и разработок научно-прикладного характера Московского государственного университета дизайна и технологии, Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна, Мос-

ковского физико-технического института, Киевского национального университета технологии и дизайна, фирмы ВИЛАР (г. Москва), ООО НПЦ «Реликт» (г. Москва) и других [24].

Большинство данных исследований направлено на автоматизацию отдельных технических приемов, процедур или этапов процесса. Их локальный характер обусловлен стремлением разработчиков упростить реализацию соответствующего программного и информационного обеспечения. Но задача реализации сквозного процесса проектирования в итоге не решается. В швейной отрасли речь идет лишь о возможной интеграции. Созданные интегрированные системы проектирования одежды формируются либо способом механического слияния уже существующих САПР одежды, либо методом наращивания функций САПР и не отвечают понятию интеграции с точки зрения установления информационных связей между всеми подсистемами внутри системы. Использование общего программного обеспечения, безусловно, делает систему более функциональной и гибкой.

В то же время в машиностроительной и радиоэлектронной промышленности созданы и функционируют крупные интегрированные системы проектирования технологической подготовки производства и управления материальными и трудовыми потоками (CAD/CAM/CAE). Наиболее эффективно решаются подобные комплексы задач при использовании интегрированных систем, допускающих одновременную работу инженеров, конструкторов разных специализаций [25]. Создание автоматизированной системы сквозного проектирования – довольно сложная задача. Для успешного освоения и работы таких систем необходимы дальнейшие исследования в направлении интеграции САПР и обеспечения организационно-методической поддержки разработки, обучения сотрудников всех подразделений работе с интегрированной системой проектирования и САПР, входящими в ее состав, применять интенсивные методики обучения [19]. Примерами могут служить рассмотренные интегрированные САПР промышленности (Приложение А, таблица А.1) [20, 26-32].

Таким образом, можно констатировать прогрессивное развитие и эффективную

реализацию интеграционных процессов в САПР промышленности. В этом направлении швейные САПР занимают отстающую позицию, несмотря на то, что в настоящее время вопросы интеграции САПР одежды как никогда актуальны. Анализ существующих подходов к интеграции показывает, что для целей настоящего исследования эффективным является комбинированный метод, учитывающий положительные моменты первых двух - прямой интеграции посредством конвертеров и методики интеграции на основе PDM-системы.

Активное развитие информационных технологий предполагает новое направление – интеллектуализацию – переход к которой не возможен без предварительной интеграции САПР.

1.2 Анализ уровня интеллектуализации САПР промышленности и швейной отрасли

Перспективами развития информационных технологий являются интеллектуализация и создание самообучающихся, саморазвивающихся (эволюционирующих) и самовоспроизводящихся систем с участием не только разработчиков, но и пользователей [33-35]. Интеллектуализация – генеральное направление развития информационных технологий [36]. В ближайшие годы степень интеллектуализации компьютерных систем и технологий будет основным фактором, определяющим мировой прогресс [37].

Интеллектуализация определяется тремя факторами [38]: во-первых, это комплексно и технологически оснащенная система, каждый компонент которой должен иметь средства и методы для получения и обработки полезной информации. Во-вторых, между компонентами системы должно быть организовано надежное и тесное взаимодействие. В-третьих, когда первые два фактора реализованы, возможно, осуществление разумного проактивного управления – своевременного воздействия на систему.

Несмотря на наличие множества подходов, как к пониманию задач искусственного интеллекта (ИИ), так и созданию интеллектуальных информационных систем (ИИС), выделяют два основных подхода к разработке ИИ [39]:

1) нисходящий (англ. Top-Down AI), семиотический — создание экспертных систем, баз знаний и систем логического вывода, имитирующих высокоуровневые психические процессы: мышление, рассуждение, речь, эмоции, творчество и т. д.;

2) восходящий (англ. Bottom-Up AI), биологический — изучение нейронных сетей и эволюционных вычислений, моделирующих интеллектуальное поведение на основе биологических элементов, а также создание таких соответствующих вычислительных систем, как нейрокомпьютер или биокомпьютер.

Создание продуктивных прикладных разработок невозможно без теоретической базы [40]. Интеллектуализация базируется на знаниях теории систем, методах статистического анализа и математического моделирования, теории принятия решений, теории искусственного интеллекта и системного анализа, теории управления. Реализации перечисленных методов способствуют программные средства: интеллектуальная система обеспечения системотехнических исследований (ИСОСИ) и интеллектуальная сервисная система (ИСС) [41]. ИСОСИ обеспечивает проектировщика интеллектуальными средствами для помощи в проведении системотехнических исследований и состоит в основном из интеллектуальной системы программирования, системы проектирования, баз знаний, интеллектуальной системы проектирования сверхбольших интегральных схем. ИСС включает средства совместимости с программами и базами данных других машин, справочник средства пользователя и средства автоматического контроля и восстановления. Что касается конфигурации аппаратной системы, то она должна обеспечивать интеллектуальное общение человека в качестве средств ввода-вывода текстов, речи, графики, изображений и т. д.

Создание систем искусственного интеллекта является столь же неизбежным и закономерным, как и создание рабочей машины или двигателя. Развитие автоматизированных технологий обработки информации идет по пути все более глубокой переработки «информационного сырья», в результате чего «информационный продукт» все в большей степени отличается от исходного состояния информации. Все большее значение приобретают системы с элемента-

ми искусственного интеллекта, например, такие, как системы ввода текстов со сканера, системы автоматизированного перевода, трехмерные графические системы [36].

Среди областей, в которых наиболее востребованы методы интеллектуализации в настоящее время, можно привести следующие [42]:

- В интеллектуализации нуждаются практически все сферы использования современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), например, любое рабочее место в составе сложной прикладной компьютерной системы;

- Виртуальная реальность: от игр до профессиональных тренажеров и компьютерных технологий в кино и на телевидении;

- Роботы – те автономные устройства, которые уже стали необходимыми в технике и начинают быть полезными в быту;

- Растущий поток текстовых, акустических и визуальных данных требует все более содержательной обработки и не может оставаться без интеллектуальных технологий поиска, анализа и синтеза всех видов информации;

- Экспертные системы (ЭС) необходимы практически в каждой области, как только она осваивает технический уровень ИКТ; разработка и внедрение ЭС требует формирования специализированных баз знаний, диагностики и систем поддержки решений, т.е. основы своего дальнейшего развития.

В транспортной отрасли (железнодорожные перевозки) внедряются интеллектуализированные системы оплаты проезда с использованием единых транспортных карт, здесь лидирует Юго-восточный регион: Сингапур, Япония; системы для динамического управления расписанием и графиком; интегрированные системы обслуживания пассажиров на вокзальных комплексах и т.п. [38].

Во всех перечисленных областях, а также во многих других приложениях ИИ, ключевыми остаются две доминанты [42]:

- 1) Интеллектуализация пользовательского интерфейса, поскольку «взаимопонимание» пользователя и компьютера является необходимым условием

эффективности любой человеко-машинной системы;

2) Повышение качества работы самого компьютера, которая сводится к более результативному решению все более сложных задач, как хорошо, так и плохо формализуемых.

Интеллектуализация – это поэтапное внедрение различных решений, которое необходимо производить, начиная с понимания, в каких областях отрасли выявляются наибольшие проблемы и где можно сократить издержки, где не хватает исчерпывающей информации для эффективного принятия решений [38].

В области автоматизации проектирования современный уровень развития вычислительной техники представляет разработчикам весьма широкие возможности, главным образом, в направлении интеллектуализации САПР. Это связано с разработкой принципиально новой теоретической основы, а также математического и информационного обеспечения в совершенствовании технических средств. В автоматизации проектирования существуют стандартные наборы решений разнообразных задач, которые в практическом использовании в определенной степени удовлетворяют поставленным требованиям. Для более адекватного отображения результатов проектирования заданию требуется система, имитирующая деятельность человека-проектировщика [41].

Интеллектуальные САПР не могут формировать новые идеи, но, опираясь на знания, базовые алгоритмы решения проектируемых объектов, технологий изготовления изделий, алфавит компилятора и параметры элементов систем, они позволяют проводить направленный поиск решений [41].

Смысл и перспектива развития области проектирования связаны с формированием интеллектуальных функций «понимания» системами САД/САМ намерений проектировщиков.

Относительно САПР, интеллектуализация призвана сократить трудоемкость конструкторского и технологического проектирования за счет повышения уровня автоматизации САПР, преобразования этих систем из пассивного инструмента в руках инженера в его активного партнера, обеспечивающего авто-

матическое принятие решений и генерацию там, где это возможно, проектов изделий в целом или их узлов [43]. Преимущества таких САПР очевидны и подтверждены эффективностью использования в оборонных и аэрокосмических комплексах, машиностроении, приборостроении и т.п.

Интеллектуализация подразумевает компьютеризацию знаний какой-либо предметной области. С этой позиции, одним из актуальных направлений является компьютеризация знаний в области материаловедения, так как одним из главных факторов, определяющих соответствие изделий предъявляемым требованиям, является учет свойств материалов в процессе проектирования. В изучении данного вопроса целесообразно обратиться к отраслям тяжелой промышленности, в которых процессы автоматизации, интеграции и интеллектуализации происходят намного быстрее, чем в швейной отрасли.

Такие отрасли, как машино- и приборостроение, характеризуются большим разнообразием деталей, машин и механизмов, различных по конструкции, видам эксплуатационных нагрузок, рабочим средам, температурным условиям работы и т.д. В соответствии с этим круг материалов, применяемых при изготовлении изделий в той или иной отрасли, весьма широк. Современные системы автоматизированного проектирования уже давно и прочно заняли свое место в проектировании конструкторско-технологической документации и предоставляют пользователям широкий набор инструментов, позволяющих, в частности, свести к минимуму время на поиск требуемой информации [44].

Объектами проектирования в машиностроении и швейной отрасли являются машина и швейное изделие соответственно, процессы разработки и создания которых можно рассматривать аналогичными друг другу (по ряду показателей). Конструкция машины, как и швейного изделия, представляет собой сложную систему двух множеств связей — свойств материалов и размерных связей. Для реализации такой системы необходимо создание и осуществление производственного процесса, который представляет собой другую систему сопряженных множеств связей [45]: 1) свойств материалов (нужны для создания аналогичных связей в машине во время производствен-

ного процесса); 2) размерных; 3) информационных (для управления производственным процессом); 4) временных и экономических (производственный процесс не может осуществляться вне времени и без затрат живого и овеществленного труда).

Таким образом, создание машины сводится к построению двух систем связей: 1) конструкции машины; 2) производственного процесса изготовления. Как и в швейной отрасли, в машиностроении при создании любой конструкции преследуется главная цель: безусловное выполнение функционального назначения [45].

В результате анализа информационных источников [44, 46-49] выявлено, что в тяжелой промышленности разработан и успешно функционирует ряд программных продуктов, непосредственно связанных с материалами и их свойствами в рамках выполняемых задач (Приложение А, таблица А.2).

Трудоемкость и стоимость проектирования, как и качество его результатов, определяются объемом и глубиной инженерных знаний, заложенных в вычислительную систему. В существующих САПР швейных изделий, в подавляющем большинстве случаев, инженерные знания остаются некомпьютеризированными. В результате конструктор использует систему в режиме «электронного кульмана», а технолог – в режиме специализированного редактора. Компьютеризация инженерных знаний позволит осуществлять автоматическое преобразование непроцедурных форм представления знаний, удобных для человека, в алгоритмические программы, удобные для компьютера, т.е. формализацию человеческих знаний на язык компьютера [45]. В работе [1] говорится об эффективности технологий автоматизированного интеллектуального проектирования, но малом их использовании в САПР швейных изделий.

В настоящее время в швейной отрасли активно развиваются технологии, заимствованные из других отраслей промышленности. Создаются и наполняются соответствующей информацией базы данных и базы знаний, относящиеся к предметной области конструирования и технологии изготовления одежды [1-9].

Так, на кафедре ТШП Московского государственного университета дизайна и технологии решена задача организации единой интеллектуальной среды автоматизированного проектирования одежды на этапе преобразования художественного эскиза в модельную конструкцию. Специалистами кафедры разработан метод последовательного преобразования информации художественного эскиза посредством синтеза технического эскиза в графическую информацию чертежа конструкции, что дает возможность рассматривать процесс проектирования как единую информационную систему. Архитектура подсистемы художественного проектирования позволяет преодолеть два основных разрыва в информационной цепи проектирования одежды на начальных этапах (между модулями «Художественный эскиз» - «Технический эскиз» - «Конструкция изделия») и дает возможность рассматривать процесс проектирования как единую информационную систему, приближая к реальности решение проблемы комплексной автоматизации производства [7, 8].

В научном исследовании [9] для разработки базы знаний конструкторского назначения в рамках программно-методического комплекса применено экспертное программирование. Опыт использования этой технологии в других областях (например, в машиностроении) показал, что она реализует основную концепцию искусственного интеллекта, обеспечивая пользователю (не программисту) возможность ставить и решать свои, традиционно считающиеся интеллектуальными, задачи, общаясь с компьютером на ограниченном подмножестве естественного языка. Так, разработаны геометрическая и экспертная базы знаний для САПР меховой одежды. Отметим, что инструментальным средством для достижения поставленных в данном исследовании целей выбраны универсальные программные продукты и средства разработки САПР компании «СПРУТ-Технология», а именно: SprutCAD, SprutExPro, SprutX.

Конструкторско-технологическая подготовка производства – это сложный процесс, автоматизация которого может основываться только на совокупности информации как о структуре служб подготовки производства, так и об изделии, в том числе о его составе, структуре и свойствах, ассоциативных свя-

зях между его составными частями, а также на данных о текущем состоянии процесса подготовки производства [50].

С окончанием этапа развития средств геометрического моделирования происходит осознание того, что даже самая совершенная параметризованная геометрическая модель не может являться «несущей конструкцией» для построения комплексных систем подготовки производства по причине несоответствия этой цели [50].

Геометрическая модель в представлении изделия для комплексной автоматизации подготовки производства является лишь одним из свойств изделия. Таким образом, для комплексного решения задачи автоматизации необходима некоторая интегрирующая среда, управляющая процессом подготовки производства на основе:

- информации о составе и структуре изделия;
- состава исходных данных для каждого этапа подготовки производства;
- состава выходных данных для каждого этапа подготовки производства;
- текущего состояния проекта, включая информацию о выполнении этапов подготовки производства и наличии необходимых исходных данных для выполнения последующих этапов;
- привязки к информационным ресурсам предприятия;
- привязки к структуре системы подготовки производства предприятия.

Компанией «СПРУТ-Технология» разработана методика, позволяющая адекватно формализовать состав и свойства объекта проектирования, а также взаимосвязи его составных частей.

Таким образом, рассмотрен ряд программных продуктов отраслей приборо- и машиностроения с позиций структурированного хранения, представления и автоматизированного использования в процессе проектирования информации о материалах и их свойствах. Определено, что рассмотренные пути решения могут эффективно использоваться при проектировании швейных изделий, однако в настоящее время отсутствует информация о подобных программах для решения задач проектирования швейной отрасли.

Выполненный аналитический этап исследования показал актуальность и необходимость развития технологий интеллектуализации применительно к автоматизированному процессу проектирования одежды.

1.3 Анализ технологий учета свойств материалов в автоматизированном процессе проектирования одежды

В условиях активного развития средств трехмерной визуализации традиционное плоскостное (2D) проектирование дополняется объемным (3D). При этом становится возможным «одевание» трехмерного манекена и получение, таким образом, объемного представления изделия, собранного из плоских деталей конструкции. И, наоборот, – проектирование изделия непосредственно в среде 3D и получение плоских лекал развертки. Как в плоскостном, так и в объемном проектировании особый интерес представляет решение вопроса об учете свойств материалов для изделия. Ниже рассматривается ряд представителей САПР одежды с этой позиции.

В большинстве современных САПРО, где присутствует модуль трехмерного проектирования, с большей или меньшей степенью реалистичности решается первая из представленных задач, то есть проектирование идет по направлению от 2D к 3D, а сам модуль 3D служит, главным образом, для визуализации проектируемого изделия.

В рамках проектирования от 2D к 3D решается задача максимально реалистичного представления изделия в материале. Моделирование поведения ткани находит применение в различных областях, одной из которых является компьютерное моделирование одежды, а точнее – трехмерная визуализация готового изделия. Для ведущих мировых фирм в области разработки современных САПР одежды приоритетным является оснащение систем модулем трехмерный манекен. Например, у Gerber это пакет APDS-3D, а у PAD System – модуль 3D Sample, Investronica и Lectra. Кроме того, некоторые фирмы, например, Reflection Fabrix Inc., DigiScents, не являясь создателями полноценных швейных САПР, предлагают лишь пакеты трехмерной визуализации одежды [39].

На основе метода частиц с учетом деформационных свойств в работе [39] разработана дискретная модель ткани и алгоритмы для моделирования поведения ткани на поверхности твердого многогранного объекта. Рассмотрены вопросы моделирования процесса сборки изделий из ткани на поверхности твердых объектов.

Программа «Электронный манекен» САПР Julivi [51] позволяет конструктору избавиться от пробного соединения и проверить правильность своих идей. Программа отличается высокой степенью реалистичности, которая создается за счет учета таких важных факторов, как стандартные и индивидуальные параметры манекена, механические и визуальные свойства ткани, механические свойства областей дублирования, взаимодействие ткани с манекеном, изменение механических свойств ткани в швах. Для проектировщика доступны следующие режимы просмотра: визуальная оценка изделия, подбор рисунка, оценка баланс изделия, просмотр припусков на свободу облегания, возможность увидеть распределение напряжений в ткани на участках деталей изделия. Важными особенностями программы являются возможность задания прибавки на толщину пакета и учет визуальных и механических свойств ткани. Визуальные свойства – это, главным образом, подбор рисунка методом его сканирования с ткани либо путем создания изображения любого рисунка в графическом редакторе с последующим вводом и первого, и второго варианта в программу. Программа также учитывает наличие ворса и степень блеска ткани. Среди механических свойств учитываются растяжение по основе, растяжение по утку, гибкость, поверхностная плотность, максимальное растяжение и толщина.

Программа AccuMark V-Stitcher фирмы Gerber [52] позволяет одевать 3D манекен в одежду из плоских лекал, разработанных с помощью AccuMark, и сразу представляет, как будет выглядеть изделие на человеке. Возможна установка режима отображения 2D изменений на 3D манекене в реальном времени. Программа позволяет разработчикам моделей непосредственно на реалистичном манекене подбирать тип ткани будущего изделия, художественно-колористическое оформление и фактуру ткани.

Runway Designer [53] – это специальный модуль системы OptiTex, который обеспечивает возможность максимально приближенного к реальности трехмерного моделирования одежды на виртуальных манекенах различных форм и размеров. Комплект лекал для получения 3D-образца предварительно разрабатывается на плоскости с помощью специальных конструкторских модулей Optitex. Затем в модуле Runway для этих деталей необходимо указать линии соединения деталей и их начальное размещение в пространстве относительно виртуального манекена. Кроме того, можно также задать физические свойства материала, цвет, фактуру, прозрачность, блеск, вышивку, логотипы и т.п. Выбор текстуры ткани, внешнего вида фурнитуры и строчки возможен как до, так и после генерации самого образца. Для сокращения и упрощения процесса подготовки деталей к моделированию система допускает одновременное изменение свойств всех (или выделенной группы) деталей. Например, выделив все детали изделия, движением мыши можно задать для них одинаковые текстуру ткани и механические свойства материала. При необходимости можно задать уникальные механические свойства или рисунок ткани для каждой детали. Результатом является достаточно реалистичная картина того, как данное изделие сидит на манекене, какие возникают складки или натяжение. В модуле Optitex Runway реализована возможность одевания на виртуальный манекен одновременно нескольких изделий. При этом учитываются различные нюансы механического и визуального взаимодействия соприкасающихся частей изделий.

Получение плоских лекал развертки из объемного изображения является задачей более сложной. Ее решение предлагают ряд разработчиков САПРО, к которым относятся известные на мировом и российском рынке фирмы, а также некоторые вузы России. Например, проектирование по направлению от 3D к 2D предлагают Investronica [54], Ассоль [55], САПР одежды (Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна СПУТиД) [56], программа Fashion (Ивановская государственная текстильная академия ИГТА) [57].

В САПР Investronica комплект плоских лекал строится одновременно с объемным силуэтом и меняется при изменении конструкции на фигуре.

В САПР Ассоль инновационная технология 3D=>2D проектирования реализована в виде программного комплекса, состоящего из двух программ: AC-3D Parametric и AC-Showroom. В команды визуального проектирования AC-3D Parametric, помимо стандартных, входят дополнительные, в числе которых – набор специальных команд развертывания сложных поверхностей на плоскость, которые позволяют реализовать сквозное проектирование от 3D модели до плоских лекал, из которых собирается изделие. Алгоритмы развертывания позволяют учитывать свойства материалов и особенности изготовления изделий. Пользователь может задавать направление нити основы и контролировать относительную упругость на сдвиг относительно этого направления. Визуальный контроль деформаций, возникающих при развертке, показывает специалисту места расположения выточек и разрезов. Управляя задающимся процентом деформации, возможно анализировать участки локальной деформации и контролировать алгоритм развертывания. В случае необходимости алгоритм автоматически рассчитывает необходимую посадку срезов на выточках и разрезах. На виртуальный манекен возможно одевать многослойный пакет одежды.

Для изделий, изготавливаемых из текстильных и нетекстильных материалов, важна визуализация и оценка 3D модели в материалах. Программа AC-Showroom предлагает наглядные средства для быстрого подбора колористического решения 3D моделей, изменения направления рисунка и просмотра результата в динамике.

Разработчиками САПР «Ассоль» [54] предлагается программа «Ассоль-дизайн», которая работает с фотографиями изделий, эскизами, техническими рисунками и текстурами материалов. Программа предназначена для создания библиотек моделей и материалов, на основе которых разрабатываются виртуальные коллекции с полной иллюзией объема. С помощью уникального алгоритма выбранная текстура материала накладывается на изделие с сохранением теней и направления нитей. Возможно проектирование новой ткани на основе

существующей путем изменения величины раппорта, добавления эффекта блеска.

Разработчики САПРО в СПУТиД нашли уникальный алгоритм, который позволил избежать громоздких расчетов при проектировании трехмерной конструкции и последующем получении плоских лекал развертки. Однако в системе отсутствуют чертежные средства и для последующего моделирования полученный комплект лекал необходимо направлять в другую САПР.

Основными проблемами трехмерного проектирования являются несовершенное задание виртуальной модели человеческой фигуры, ее объемно-пространственной ориентации и сложности реального воспроизведения поведения одежды на поверхности фигуры. Реальная складчатая поверхность одежды в таких САПР может быть воспроизведена только после проведения огромного количества экспериментов с учетом особенностей формообразования узлов, деталей и их участков, выполненных из разных материалов и пакетов.

В программе Fashion сформирован комплекс «БС+САПР одежды», который может быть реализован в следующих случаях: «виртуальная примерка» модели одежды на конкретную фигуру путем выбора современной модели одежды или ее исторического аналога; проверка качества посадки одежды на фигуре и выбор стратегии и методов для ее изменения; преобразование информации о фигуре, известных показателях свойств материалов, модели одежды в параметры плоских чертежей. Программа Fashion основана на использовании нескольких баз данных, включающих информацию о фигуре, объемно-силуэтных решениях моделей курток, свойствах материалов и чертежах конструкций плоских деталей. База данных БДб включает сведения о комплексном показателе свойств пакета, определяемого для опорной поверхности одежды с помощью пробы, имитирующей конструктивные членения и реальное поведение пробы на поверхности фигуры. Для получения качественных разверток деталей курток разрабатывается экспертная система.

Несмотря на активное развитие тенденций в направлении 3D проектирования, основной объем проектирования остается за традиционным плоскост-

ным проектированием, в котором автоматизированный учет ряда свойств материалов реализуется на некоторых из этапов проектирования – это этапы эскизирования, построения конструкции, раскладки лекал.

С каждым годом использование новых материалов в индустрии моды увеличивается, тем самым, увеличивая потребности в решениях программного обеспечения. Разработчиками САПР Gerber заявлено о принятии во внимание таких новых характеристик материалов, как, например, вес, мягкость, твердость, растяжимость, способность к сминанию [58].

На этапе разработки художественного эскиза и технического рисунка проектируемого изделия, как правило, учитываются эстетические (визуальные) свойства материалов такие, как цвет, вид рисунка, блеск, фактура (например, наличие ворса).

Учет свойств материалов при построении конструкции можно рассмотреть на примере САПР АвтоКрой [59], где решен ряд технологических задач: учет при построении конструкции свойств материалов, построение припусков на швы, рациональная раскладка лекал в интерактивном режиме. Разработчики САПР АвтоКрой заявляют, что система не имеет равных по быстродействию и интеллектуальным возможностям. Построение припуска на шов, прибавка на усадку в процессе ВТО (в зависимости от типа ткани), построение деталей подкладки под спроектированные формы — все это заложено в программу и делается автоматически. В основе программ семейства «Автокрой» лежит интерактивно-алгоритмический метод проектирования. На этапе проектирования базовых или базовых модельных конструкций при расчете их в автоматическом режиме учитываются следующие свойства материалов. В САПР семейства АвтоКрой учитываются припуски технологические на ВТО и уработку, а для трикотажных полотен – дополнительно припуски на усадку деталей при раскрое, укорочение на растяжимость по длине, удлинение заужаемых изделий и т.п. Укорочение или удлинение происходит на всех участках пропорционально их величине (до линии лопаток, груди, талии, бедер, низа). Все припуски технологические задаются в процентах к величине конструктивного участка и расчи-

тываются в подсистемах автоматически. При необходимости процент усадки от ВТО и другие технологические параметры могут изменяться пользователем. Системы проектирования изделий из текстиля позволяют выбрать одну из предлагаемых групп ткани: синтетический шелк, искусственный шелк, хлопок, лен, полушерсть, натуральный шелк, пальтовая чистошерстяная, пальтовая полушерстяная, костюмная чистошерстяная, костюмная полушерстяная, плащевая. Система проектирования меховых изделий предусматривает два вида меха – синтетический и натуральный. В системах проектирования женских и детских изделий из трикотажных полотен предусмотрен выбор I или II групп растяжимости полотна с указанием его толщины. При выборе приведенных выше групп ткани или другого материала в системах учитываются усредненные проценты усадки по основе и утку (величины сокращения продольных/поперечных размеров и других параметров в трикотаже). Фактические параметры свойств материала в случае несоответствия предусмотренным в системах могут быть отражены на этапе корректировки припусков на ВТО в разделе «Прибавки». Для проектирования спортивных изделий группа растяжимости трикотажного полотна определяется и учитывается автоматически при вводе величины растяжимости конкретного полотна в процентах. Кроме того, на данном этапе указываются и другие параметры для учета свойств полотна: коэффициент долевого использования растяжимости полотна; коэффициент продольного укорочения; изменение линейных размеров полотна в изделии после мокрых обработок по ширине и длине, %; изменение линейных размеров полотна в изделии при раскрое и пошиве, %. По указанным параметрам в системе рассчитываются прибавки конструктивные и припуски технологические, которые при необходимости можно корректировать в разделе «Прибавки».

Одной из первостепенных функций САПР одежды является разработка проектно-конструкторской документации в автоматизированном режиме, и, соответственно, «центральными» подсистемами являются те, в которых выполняют построение конструкций, градацию и раскладку лекал.

PAD System использует так называемый «план конструкции» для упрощения конструирования лекала. Все детали отсоединимы от «плана» для упрощения их размножения и возможности привязки к различным видам ткани. Любые припуски на швы, коэффициенты усадки и изменение параметров ткани выполняются лишь непосредственно на деталях, чтобы не переполнять ими план конструкции [60].

Раскладка в САПР Комтенс [61] – это программа, обеспечивающая построение рациональной схемы раскроя лекал на материале в соответствии с используемыми технологическими ограничениями. Задаются условия раскладки: ширина материала, вид настиления (в разворот, в сгиб, трубкой), припуск-зазор между деталями, раппорт рисунка и набор размещаемых лекал, - это могут быть лекала одного или нескольких комплектов. Лекала располагают на материале таким образом, чтобы отходы при раскрое были минимальны и при этом выполнялись все технологические ограничения. План раскроя - программа формирования набора раскладок для выполнения производственного заказа. Для расчета задаются параметры материала, максимальная длина раскройного стола, максимальное число слоев материала в настиле. По каждому из размеров изделия указывается планируемый выпуск.

Модуль автоматической раскладки САПР Ассоль "Автораскладка ОРТИРАСК" [62] отслеживает все ограничения и технологические условия раскроя (раппорт в виде рисунка клетки или полосы (горизонтальной или вертикальной), ворс, зазоры между лекалами и пр.).

Программа раскладки в САПР JULIVI [51] учитывает некоторые характеристики ткани (вид поверхности (фактуру), вид рисунка (полоска, клетка), есть возможность задать раппорт, бракованные участки). Зазор между лекалами можно менять в процессе раскладки лекал.

Модуль САПР Eleandr CAD [63] позволяет задавать основные параметры раскладки: нормативный процент межлекальных выпадов, межлекальный зазор, кромки, отступы и секции на материале, тип ткани. Существует возможность градации деталей по цветам.

В САПР ГРАЦИЯ [64] формируется «Задание на раскладку», в котором указываются участвующие в раскладке модели, размеры, роста и полноты, кратность, класс лекал; вид полотна, направление ворса, ширина полотна, межлекальное расстояние, ширина кромки, тип настила, метод раскладки. Также могут задаваться величина усадки, величина раппорта, полосы брака, перерезы, секции и другие параметры раскладки.

С позиции учета свойств материалов этап раскладки лекал реализован на относительно высоком уровне: в достаточной степени автоматизированы технологии учета основных свойств, влияющих на раскладку.

Таким образом, на современном этапе развития САПРО автоматизированы технологии учета ряда свойств материалов, которые ограничиваются этапами эскизирования, построения конструкции, раскладки лекал, визуализации 3D модели изделия. Однако остаются без внимания вопросы, связанные с автоматизацией и интеллектуализацией этапа выбора пакета материалов для проектируемого изделия в рамках интегрированной системы автоматизированного проектирования одежды (ИСАПРО), комплексным учетом свойств материалов на этапах проектирования.

Принятие объективных качественно новых проектных решений возможно за счет реализации описанных выше концепций развития САПРО – интеграции и интеллектуализации. С позиции реализации эффективного комплексного учета свойств материалов на этапах проектирования необходима разработка интеллектуальной составляющей САПР одежды – экспертной системы.

1.4 Выбор метода формализации знаний предметной области «Материаловедение швейного производства»

1.4.1 Анализ общего методологического подхода к разработке экспертных систем

Экспертная система (ЭС) – это компьютерная программа, содержащая накопленные знания специалистов в определенной предметной области. Эта программа способна вырабатывать рекомендации, какие бы дал эксперт-

человек, запрашивая при необходимости дополнительную информацию. Экспертные системы могут работать на том же уровне, что и эксперты, а в некоторых случаях лучше, потому что в них вложен коллективный опыт их создателей [64].

Главным достоинством ЭС является возможность накопления знаний и сохранение их длительное время. В отличие от человека к любой информации ЭС подходят объективно, что улучшает качество проводимой экспертизы. ЭС называется системой, а не только программой, потому что она содержит компонент, решающий проблему и компонент поддержки. Эта вторая компонента помогает пользователю взаимодействовать с главной программой и может включать в себя:

- разнообразные отладочные средства, помогающие создателю экспертной системы тестировать и оценивать программы;
- удобные для пользователя средства редактирования, помогающие экспертам модифицировать знания и данные в экспертной системе;
- развитые средства графического ввода-вывода информации в ходе работы систем.

Целью создания экспертных систем является упрощение процедуры принятия решений пользователями в трудно формализуемых предметных областях, улучшение качества и повышение эффективности принимаемых решений, тиражирование знаний экспертов, автоматизация некоторых рутинных направлений деятельности экспертов [65].

Для решения таких типов задач, как задачи автоматизированных систем управления (АСУ) принятия решений и логические задачи, могут применяться методы искусственного интеллекта, основанные на знаниях. Одной из разновидностей систем, использующих эти методы, являются ЭС. Они представляют собой попытку создания человеко-машинных комплексов для решения слабо формализуемых задач или задач, вообще не имеющих алгоритмического решения [66].

Системы, основанные на знаниях, имеют определенные преимущества

перед человеком-экспертом: нет предубеждений; не делают поспешных выводов; системы работают систематизировано, рассматривая все детали, часто выбирая наилучшую альтернативу из всех возможных; база знаний (БЗ) может быть неограниченно большой. Будучи введены в машину один раз, знания сохраняются навсегда. Человек же имеет ограниченную БЗ, и если данные долгое время не используются, то они забываются и стираются из памяти. Системы, основанные на знаниях, устойчивы к внешним влияниям. Эксперт пользуется побочными знаниями и легко поддается влиянию внешних факторов, которые непосредственно не связаны с решаемой задачей. Со временем системы, основанные на знаниях, могут рассматриваться пользователями как разновидность тиражирования - новый способ записи и распространения знаний. Подобно другим видам компьютерных программ они не могут заменить человека в решении задач, а скорее напоминают орудия труда, которые дают ему возможность решать задачи быстрее и эффективнее. ЭС системы не заменяют специалиста, а являются инструментом в его руках[67].

К базовым функциям экспертных систем относятся следующие:

- 1) Приобретение знаний – передача потенциального опыта решения проблемы от некоторого источника знаний и преобразование его в формализованный вид;
- 2) Представление знаний – средства отыскания методов формального описания больших объёмов полезных знаний с целью их последующей обработки с помощью символических вычислений, то есть нечисловых операций;
- 3) Управление процессом поиска решения. Знания о том, какие знания нужны в той или иной конкретной ситуации – метазнания. Использование и реализация этого уровня знаний происходит с помощью метапроцедур, которые решают задачи планирования и управления в процессе выбора;
- 4) Разъяснение принятого решения – ЭС должна отвечать на вопросы пользователей, инженеров по знаниям, экспертов, программистов и менеджеров систем: как было получено то или иное решение, почему было получено данное решение.

На рисунке 1.1 приведена обобщенная структура экспертной системы

Важной компонентой ЭС является машина логического вывода (или решатель). Существует два подхода при создании машин логического вывода экспертных систем: с прямым логическим выводом, с обратным логическим выводом.

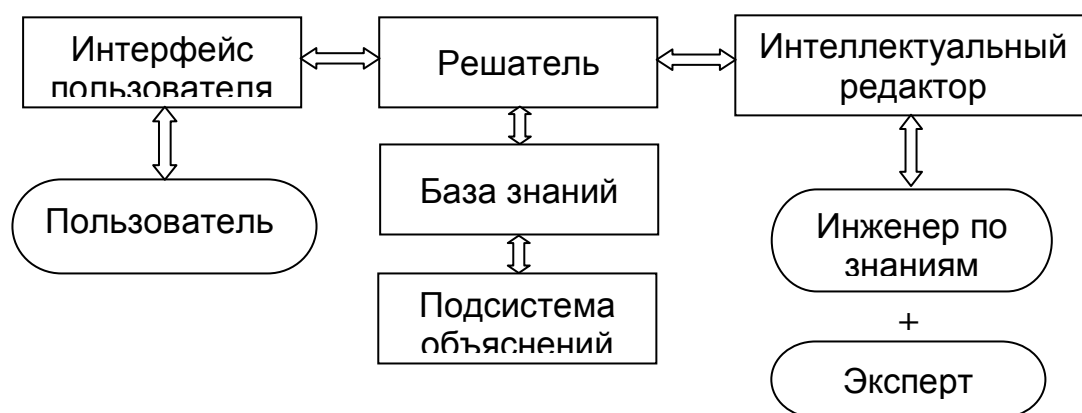


Рисунок 1.1. – Обобщенная структура экспертной системы

В системах с прямым логическим выводом производится многократное применение всех правил базы знаний к доступным данным с возможностью запроса недостающих. Процесс преобразования данных под воздействием машины логического вывода происходит до тех пор, пока возможно изменение их значений [68]. Системы с прямым логическим выводом более просты в построении, результатом работы таких ЭС обычно является целый пакет данных, но их эффективность не всегда соответствует требованиям практических задач.

В системах обратного вывода намечается перечень конечных целей - переменных, значения которых необходимо получить. Далее производится поиск правил, определяющих эти цели. Вычисляются значения всех переменных, входящих в условия правила. Если переменные определяются другими правилами, происходит переход к выяснению истинности их условий, в противном случае значения переменных запрашиваются у пользователя. Процесс экспертизы заканчивается после того, как будут найдены все поставленные цели консультации. Это означает, что должна быть выяснена истинность всех переменных, входящих в задействованные правила.

Технология разработки экспертных систем в общем виде представлена на рисунке 1.2. Этап выбора проблемы состоит из нескольких стадий. На первой

стадии производится выбор проблемной области, которая включает в себя предметную область и решаемые в ней задачи. Задачи представляются в виде исполняемых утверждений.

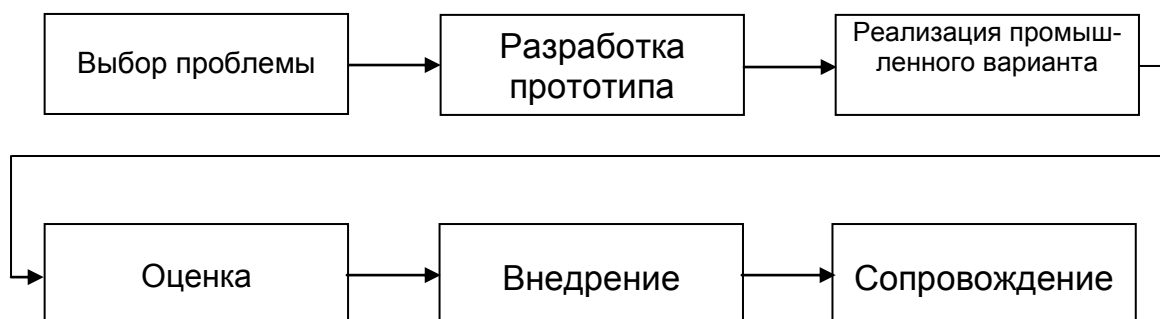


Рисунок 1.2. – Технология разработки экспертных систем

Следующая стадия связана с поиском эксперта и коллектива разработчиков.

На стадии определения предварительного подхода к решению проблемы необходимо сформулировать задачи, которые должны:

- быть узкоспециализированными;
- не зависеть в значительной степени от общих человеческих знаний или соображений здравого смысла;
- быть достаточно сложными для эксперта, но из области его компетенций;
- получать результаты, которые можно отследить.

Заключительной стадией этапа выбора проблемы является анализ расходов и прибыли от разработки.

Следующий этап технологии разработки экспертных систем связан с разработкой прототипа системы, который представляет собой усечённую версию ЭС (рис. 1.3), спроектированную для проверки правильности формализации рассуждений эксперта.

Ниже рассмотрены стадии разработки прототипа экспертной системы:

- Идентификация проблемы – на этой стадии определяются необходимые ресурсы, источники знаний, анализируются имеющиеся аналогичные системы,



Рисунок 1.3. – Стадии разработки прототипа экспертной системы.

БЗ – база знаний; ЯПЗ – язык программирования базы знаний

формулируются цели и определяются классы решаемых задач;

- Получение знаний – процесс получения инженером по знаниям наиболее полного представления о предметной области и способов решения задач в ней;

- Структурирование – разработка неформального описания знаний в виде графа, таблицы, сети, диаграммы, текста, которые отражают основные понятия предметной области и взаимосвязи между ними. На этом этапе определяются терминология, список основных понятий и их атрибутов, отношения между понятиями, структура входной и выходной информации, стратегии принятия решения и ограничения (спецификации) на стратегии;

- Формализация – это разработка базы знаний на языке, который, с одной стороны, соответствует структуре поля знаний, а, с другой – позволяет реализовать прототип системы на следующей стадии программной реализации;

- Реализация прототипа – разработка программного комплекса, демонстрирующего жизнеспособность подхода в целом;

- Тестирование – выявление ошибок в подходе и реализации прототипа и выработка реализаций по доведению системы до промышленного варианта. Тестирование прототипа производится по следующим критериям: адекватность интерфейсов ввода вывода, эффективность стратегии управления, качество проверочных примеров, корректность базы знаний.

По степени готовности к использованию и распространению различают

четыре прототипа экспертных систем [65]:

- Демонстрационный – для демонстрации возможностей будущей экспертной системы, основных архитектурных решений, пользовательского интерфейса, для уточнения требований к пользовательскому интерфейсу и функциям, выполняемым экспертной системой, содержит демонстрационную неполную базу знаний;

- Исследовательский – для исследования направлений дальнейшего совершенствования экспертной системы и для пополнения базы знаний, может использоваться для решения реальных задач в ограниченных пределах;

- Промышленный – для использования, как правило, в организации, где был разработан, в нем возможны ограничения, условности, специализация, свойственные для данной организации;

- Коммерческий – для широкого распространения, обладает гибкостью, удобством в эксплуатации, адаптируемостью к конкретным задачам и требованиям пользователя.

Проведенный анализ общего методологического подхода к разработке экспертных систем позволил выявить их структурный состав и базовые функции. При рассмотрении видов прототипов ЭС установлено, что исследовательский прототип отвечает требованиям и масштабу поставленных научно-исследовательских задач. Определено, что центральным компонентом в составе любой экспертной системы является база знаний, составление которой подразумевает формализацию знаний предметной области на специальном языке программирования.

1.4.2 Сравнительный анализ существующих моделей представления знаний

К моделям представления знаний, используемым при построении баз знаний и систем, основанных на знаниях, относятся: продукционная, формально-логическая, фреймовая и семантико-сетевая модели [68]. Первые два типа получили название модульных моделей в связи с тем, что они оперируют элементами процедурных знаний – правилами и аксиомами, являющихся истинными

(имеющими смысл) в конкретной ПО. Фреймовые модели и семантические сети получили название сетевых в связи с тем, что взаимодействие между элементами знаний в этих моделях выражается через бинарные отношения.

Продукционные модели представления знаний основаны на конструкциях, позволяющих использовать сочетания уже известных фактов (образующих ситуации или условия) для получения новых знаний или ситуаций. Правила, на основании которых такие преобразования в конкретной предметной области имеют смысл, называются «производящими правилами» или «продукциями». Данные модели применяются более, чем в 80% экспертных систем, поскольку они наглядны, легко обновляемы, просты в формализации. К недостаткам продукционных моделей ПЗ следует отнести низкую эффективность обработки знаний, описываемых привычными для восприятия человеком ассоциативными связями [68].

К общепризнанным достоинствам продукционных моделей представления знаний относятся: возможность эффективно представлять почти все виды человеческих знаний; простота создания, понятность описания результатов применения продукций; продукции по своей топологии обладают свойством модульности и удаление из БЗ или добавление в нее новых правил не приводит к изменениям в других продукциях; наличие в правилах ссылок на сферу применения позволяет эффективно организовать память и повысить оперативность поиска; объединение системы продукций с семантической сетью повышает описательные и вычислительные возможности ИИС; простота организации параллельных вычислений; любые модификации в системе продукций осуществляются достаточно просто и обладают свойством аддитивности и локальности; возможность однородного представления знаний стандартными форматами позволяет проводить необходимые изменения в случае обнаружения ошибок [68].

К недостаткам продукционных моделей можно отнести: невозможность исчерпывающе точного отображения взаимосвязи правил, что приводит к трудностям при проверке непротиворечивости в системе продукций и усложняет

процедуру пополнения базы правил; сложность обеспечения целостности системы знаний, представляемой продукциями; применение только одного формата записи продукций приводит к громоздким, трудночитаемым выражениям в левой части (антецеденте) правила и усложняет его написание и проверку.

Формально-логические модели представления знаний основаны на применении языка исчисления предикатов (ЯИП) первого порядка (одноместных предикатов). Предикат – это логическая функция от логических переменных (высказываний), каждая из которых может иметь логическое значение 1 (истина) или 0 (ложь). Количество логических переменных (высказываний), к которым применима данная логическая функция (предикат) определяет степень предиката или его «местность». Одноместный предикат – это логическая функция от одного высказывания [68].

Формально-логические модели хорошо зарекомендовали себя при создании баз знаний, имеющих характер высокомодульных структур. Такие знания характеризуются единственностью теоретического обоснования, наличием системы формально точных определений и выводов. В связи с этим описательная мощность формально-логических моделей, как системы представления знаний, выше, чем у других. Используемый в логике исчисления предикатов метод резолюций является одним из наиболее эффективных, высоко формализуемых и широко применяемых методов. Однако достоинства этих моделей и их развитость, если речь идет об исчислении предикатов первого порядка, обуславливают и присущие им недостатки: трудно читаемость логических описаний и невысокую производительность обработки знаний. Даже простые утверждения не так просто перевести с естественного языка на язык исчисления предикатов, если необходимо точно отобразить все аспекты исходного текста. Кроме того, человеческой логике присуще использование в высказываниях нечетких или неоднозначных сравнительных и выразительных категорий, а формальная логика не в состоянии оперировать ими. Основная область применения формально-логических моделей – теоретические исследования [68].

В основе фреймовых моделей представления знаний лежит восприятие фактов через сопоставление полученной информации с конкретными элементами знаний и ограничениями, определенными для каждого конкретного объекта. Структурой, описывающей эти ограничения, и является фрейм. Фрейм – это абстрактный образ для представления, восприятия некоторого стереотипа [68].

Создание фреймовой модели подразумевает предварительную классификацию сущностей предметной области с определением иерархии всех классификационных категорий (концептов). В описаниях концептов указываются только такие их свойства, которые являются общими для всех реальных объектов данной предметной области и характерны для рассматриваемой пространственно-временной ситуации. Такое описание называется концептуальной моделью ПО и составляет содержание концептуальной компоненты БЗ ИС. Ситуационная компонента базы знаний содержит факты (уже известные знания) о свойствах реальных объектов ПО и разного вида бинарных отношениях между ними, соответствующих их состоянию в реальном пространственно-временном измерении.

Фреймовые модели предоставляют возможность организации сетевых структур знаний, основанных на выделении концептуальных понятий и их признаков. Основными достоинствами этих моделей являются:

- возможность сочетания в одной структуре декларативных и процедурных знаний;
- возможность иерархического построения БЗ в соответствии со степенью абстрактности понятий;
- возможность организации любой системы вывода на основе объектно-ориентированного принципа управления выводом и обменом свойствами и процедурами вычисления их значений между объектами;
- адекватное отображение концептуальной организации памяти человека и ее способности гибко и наглядно представлять структурированные знания.

Фреймовые модели, если исключить из структур фреймов присоединенные процедуры, могут применяться в интеллектуальных информационных си-

стемах (ИИС), использующих продукционную модель представления процедурных знаний для реализации декларативной компоненты базы знаний.

Недостатком фреймовых моделей является то, что создание на их основе ИИС, потребует привлечения высокопрофессиональных, системно мыслящих специалистов с практическим опытом создания фреймовых структур, и достаточно длительного времени на доведение системы до рабочего состояния [68].

Семантико-сетевая структура представления знаний подразумевает создание информационной модели предметной области, топологически напоминающую некую сеть или граф. В современной информатике понятие «семантика» часто используют в качестве признака, устанавливающего смысловые отношения между символами и объектами, которые обозначаются этими символами.

Семантические сети широко и успешно применяются при решении задач распознавания образов, в системах управления различного рода сложными объектами, а в последнее время – и в экспертных системах.

Достоинство семантико-сетевых моделей в том, что они естественнее других представляют знания об отношениях между сущностями ПО и их свойствами. Главным недостатком сетевых моделей является сложность организации логического вывода, вследствие большого объема, бессистемности топологии и неоднородности отношений, применяемых для выражения связей между понятиями ПО [68].

Ситуационная компонента БЗ содержит факты (уже известные знания) о свойствах реальных объектов ПО и разного вида бинарных отношениях между ними, соответствующие их состоянию в реальном пространственно-временном измерении.

Выбор модели представления знаний определяется с учетом разных факторов. Основными из них являются [68]:

- специфика предметной области (сущностный характер объектов, динамика ситуаций, стабильность свойств объектов, объективность предпосылок к появлению новых объектов);

- характер деятельности, для обеспечения которой создается ИИС (теоретические исследования, прикладные научные исследования, производственная деятельность, управление динамической системой и пр.);
- класс решаемых интеллектуальных задач;
- имеющийся опыт применения или проектирования конкретных категорий ИИС (систем, основанных на правилах, систем, основанных на примерах (аналогиях), или гибридных систем).

Для правильного выбора модели представления знаний необходимо сформулировать ряд требований, которым она должна отвечать. База знаний для предметной области «Материаловедение швейного производства» (ПО «МШП») должна быть универсальной, должна преподносить подробное представление обо всех заложенных в нее знаниях, отражать четкие взаимосвязи между объектами системы. Наряду со всем вышеперечисленным модель должна быть проста в использовании и понимании для специалистов, имеющих малый опыт работы в сфере создания одежды.

В результате сравнительного анализа рассмотренных выше моделей представления знаний установлено, что фреймовая модель в наибольшей степени отвечает предъявленным требованиям и может обеспечить их выполнение. Эта модель универсальна в использовании, имеет многоуровневую структуру представления данных, быстрый и прямолинейный доступ к информации, отображает взаимосвязи между объектами, что отвечает требованиям ИСАПРО.

Реализация фреймовой модели возможна посредством онтологического подхода, который заключается в разработке онтологии исследуемой предметной области.

1.4.3 Теоретические аспекты разработки онтологии предметной области

Онтология представляет собой формальное явное описание понятий в рассматриваемой предметной области (*классов* (иногда их называют *понятиями*)), свойств каждого понятия, описывающих различные свойства и атрибуты понятия (*слов* (иногда их называют *ролями* или *свойствами*)), и ограничений,

наложенных на слоты (*фацетов* (иногда их называют *ограничениями ролей*)).

Онтология вместе с набором индивидуальных *экземпляров* классов образует базу знаний [69].

В искусственном интеллекте (ИИ) онтологии используются для формальной спецификации понятий и отношений, которые характеризуют определенную область знаний. К характерным свойствам онтологии можно отнести:

- общность понятий – независимость понятий от специфической области приложения;
- краткость – полезность и четкость собранной в онтологии информации;
- документированность формального определения – отсутствие циклов между определениями онтологии.

Онтология должна отвечать следующим требованиям [70]:

- Ясность: онтология должна быть ясной и легко передавать подразумеваемый смысл. Она должна быть объективной;
- Последовательность: в ней должны содержаться утверждения, которые не противоречат друг другу, иерархии понятий, связывающим их отношениям, экземплярам;
- Возможность расширения: наличие возможности введения новых элементов без пересмотра остальных элементов;
- Минимальная степень специализации онтологии: нежелательность полного подчинения онтологии конкретной задаче, что может осложнить ее последующее использование в других задачах.

Существует ряд принципов, сформулированных в работе [71], которые позволяют обеспечить осуществление перечисленных требований.

Принцип № 1. Обеспечение правильности иерархии классов. Иерархия классов представляет отношение “is-a”: класс А – это подкласс В, если каждый экземпляр В также является экземпляром А.

Другой способ подхода к таксономическому отношению – это отношение “kind-of”: подкласс класса представляет понятие, которое является «разновидностью» понятия, представляемого надклассом.

Различают прямые и косвенные подклассы. Прямой подкласс – самый близкий подкласс класса: в иерархии между классом и его прямым подклассом нет других классов. В иерархии классов может существовать некоторая цикличность. У некоторого класса А есть подкласс В и в то же время В – это надкласс А.

Принцип № 2. Анализ узлов-братьев в иерархии классов. Узлы-братья в иерархии - это классы, которые являются прямыми подклассами одного и того же класса. Все узлы-братья в иерархии (кроме тех, что находятся в корне) должны располагаться на одном уровне обобщения. Однако понятия, которые находятся в корне иерархии (и которые всегда представлены как прямые подклассы некоторого самого общего класса), представляют основные деления в предметной области и не должны быть схожими понятиями.

Принцип № 3. Множественное наследование. Большинство систем представления знаний позволяют осуществлять множественное наследование в иерархии классов: класс может быть подклассом нескольких классов. Одно из самых сложных решений, которое нужно принять во время моделирования, - это определить, когда ввести новый класс или когда сформулировать различие с помощью разных значений свойств. Существует несколько практических способов определения того, когда в иерархию следует ввести новые классы:

- подклассы класса имеют дополнительные свойства, которых нет у надкласса,
- подклассы класса имеют ограничения, отличные от тех, которые есть у надкласса,
- подклассы класса состоят в других отношениях, нежели надклассы.

Определение того, чем является определенное понятие - классом в онтологии или отдельным экземпляром - зависит от потенциальных приложений онтологии. При определении границ, где заканчиваются классы и начинаются

отдельные экземпляры, начинается с определения нужной глубины детализации в представлении. Глубина детализации, в свою очередь, определяется потенциальным приложением онтологии. Отдельные экземпляры – самые конкретные понятия, представленные в базе знаний.

Принцип № 4. Ограничение масштаба. Онтология не должна содержать всю возможную информацию о предметной области: не существует необходимости конкретизировать или обобщать больше, чем нужно для приложения (не более 1 дополнительного уровня в каждую сторону). Также онтология не должна содержать все возможные свойства классов и различия между классами в иерархии.

Процесс построения онтологии предметной области состоит из следующих основных этапов [69]: 1) Определение области и масштаба онтологии; 2) Рассмотрение вариантов повторного использования существующих онтологий; 3) Перечисление важных терминов в онтологии; 4) Определение классов и иерархии классов; 5) Определение свойств классов – слотов; 6) Определение факетов слотов; 7) Создание экземпляров.

Таким образом, рассмотрены теоретические аспекты разработки онтологии предметной области, которые включают в себя правила и принципы, алгоритм построения онтологии. Данная информация в дальнейшем необходима при решении поставленной в работе задачи – интеллектуализации САПР одежды на этапе конфекционирования материалов и учета их свойств при принятии проектных решений.

Проведенный анализ процессов интеграции и интеллектуализации систем автоматизированного проектирования одежды позволил констатировать активное развитие и эффективную реализацию интеграционных процессов в САПР промышленности. В этом направлении швейные САПР занимают отстающую позицию, несмотря на то, что в настоящее время вопросы интеграции САПР одежды как никогда актуальны. Прогресс информационных технологий предполагает новое направление – интеллектуализацию – переход к которой не возможен без предварительной интеграции САПР.

Проанализирован ряд программных продуктов отраслей приборо- и машиностроения, реализующих хранение, поиск и использование в процессе проектирования информации о материалах и их свойствах. Показана актуальность и необходимость развития технологий интеллектуализации применительно к автоматизированному процессу проектирования одежды.

Выявлено, что на современном этапе развития САПР одежды автоматизированы технологии учета ряда свойств материалов, которые ограничиваются этапами эскизирования, построения конструкции, раскладки лекал, визуализации 3D модели изделия. При этом остаются без внимания вопросы, связанные с автоматизацией и интеллектуализацией этапа выбора пакета материалов для проектируемого изделия в рамках интегрированной системы автоматизированного проектирования одежды (ИСАПРО), комплексным учетом свойств материалов на этапах проектирования. С позиции реализации эффективного комплексного учета свойств материалов на этапах проектирования необходима разработка интеллектуальной составляющей САПР одежды – экспертной системы.

Рассмотрен общий методологический подход к разработке экспертных систем, выявлены их структурный состав и базовые функции. С целью последующего выбора прототипа экспертной системы приведены их характеристики. Центральным компонентом в составе любой экспертной системы является база знаний, составление которой предполагает формализацию знаний предметной области на специальном языке программирования.

В результате сравнительного анализа существующих моделей представления знаний установлено, что фреймовая модель в наибольшей степени отвечает предъявленным требованиям и может обеспечить их выполнение. Эта модель универсальна в использовании, имеет многоуровневую структуру представления данных, быстрый и прямолинейный доступ к информации, отображает взаимосвязи между объектами. Обосновано решение использования онтологического подхода для реализации фреймовой модели представления знаний при формировании базы знаний о материалах для одежды и их свойствах.

Онтологический подход, выбранный для формирования базы знаний, заключается в разработке онтологии предметной области. В связи с этим рассмотрены теоретические аспекты разработки онтологии предметной области, которые включают в себя правила и принципы, алгоритм построения онтологии.