

В. Г. Лим, П. В. Захаров, А. Ю. Беляев

Организационно-технологическое проектирование и информационно-вычислительные системы с интеллектуальным интерфейсом

Описаны подходы к созданию систем автоматизации процессов организационно-технологического проектирования в различных областях деятельности с использованием хорошо зарекомендовавших себя в практике технологий интеллектуальных систем, систем поддержки принятия решений, а также создания новых и выбора существующих технологических методов программного обеспечения для систем автоматизированного проектирования.

В общем смысле понятие “проектирование” можно определить как решение конкретной инженерной задачи на основе накопленного опыта и существующих технологических возможностей материальной реализации этого опыта [1]. Как правило, результатом проектирования является различного рода документация: конструкторская, технологическая и т. д., т. е. бумажные документы, которые и с внедрением компьютерных технологий проектирования остаются пока конечной его целью, хотя это уже и не отвечает потребностям предприятий.

Современные интегрированные системы документооборота являются сложными программно-технологическими комплексами, предназначенными для организации хранения и передачи по сетям разнообразных структурированных данных, в том числе и текстовых документов в различных форматах. Существует большое количество различных систем документооборота, таких, как Lotus Notes, OPTiMA WorkFlow, Microsoft Exchange, БОСС-Референт и т. д. Сегодня конструкторско-технологическая подготовка производства — та же система документооборота, только более наукоемкая и требующая, помимо знания информатики, овладения огромным количеством предметных дисциплин. Однако очень часто понятие “автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства” сводится к известному словосочетанию “система автоматизированного проектирования” (САПР) в упрощенном его понимании: нужны системы получения чертежей, технологических процессов и управляющих программ. Предлагается связать универсальные средства через форматы и назвать это интегрированной системой.

Анализ широко распространенных на рынке систем автоматизированного проектирования (AutoCad, CADdy, Компас, Adem и т. д.) показал, что они базируются на принципах геометрического моделирования и осуществляют переход от кульмана к компьютерному черчению, а не к компьютерному моделированию процесса проектирования. Инженерные знания и опыт, накопленные на предприятиях, такие системы оставляют вне компьютера.

Необходимость решения проблемы “интеллектуализации” САПР связана с тем, что человечество вступило в фазу создания информационного общества, где наибольшую ценность приобретают

знания. Совокупность данных и знаний формирует информационные ресурсы, объем и качество которых будет определять конкурентоспособность не только предприятий, но и физических лиц. Есть основание полагать, что отношение объема активных информационных ресурсов (которые составляет информация, содержащая данные для автоматизированного хранения, поиска и методы их обработки) к общему объему национальных информационных ресурсов станет характеристикой эффективности использования последних и одним из существенных экономических показателей.

Возможности программных средств должны соответствовать потребностям данного рабочего места (профессиональным, функциональным и т. д.). Каждое рабочее место должно быть оснащено арсеналом средств, необходимых и достаточных для эффективного выполнения своих функций. В то же время опыт показывает, что это трудновыполнимо. Например, при проектировании компрессорной станции или трубопровода нет необходимости в твердотельном моделировании. Нужны справочные и расчетные данные, вариантность выбора решений и т. д., а для оформления результата — обычная двумерная графика, чего не скажешь о проектировании пресс-форм. В идеале, для решения проблемы индивидуализации надо иметь возможность “отторгать” от любой существующей системы необходимые функции, с последующим их объединением в специализированные рабочие места. Фактически это означает разработку специализированного программного обеспечения традиционными средствами в каждом конкретном случае для решения конкретных задач проектирования, что далеко не всегда возможно в силу больших временных и финансовых затрат.

Поэтому в настоящее время весьма актуальна задача выработки новых подходов к созданию систем автоматизации процессов организационно-технологического проектирования в различных областях деятельности с использованием хорошо зарекомендовавших себя на практике технологий интеллектуальных систем, систем поддержки принятия решений, а также создания новых и выбора существующих технологических методов создания программного обеспечения для систем автоматизированного проектирования.

Автоматизированные системы с интеллектуальным интерфейсом

Определим понятие интеллектуального интерфейса как совокупности программных и аппаратных средств, обеспечивающих для конечного пользователя, не имеющего специальной подготовки по ЭВМ, решение задач в сфере его профессиональной деятельности либо без посредников программистов, либо с их незначительной помощью.

Функционирование средств интеллектуального интерфейса основано на развитых методах работы со знаниями, под которыми будем понимать всю совокупность информации, необходимой для решения задачи. Система знаний должна быть организована в ЭВМ таким образом, чтобы обеспечить взаимодействие с пользователем в системе понятий и терминов предметной области.

Знания о предметной области, организованные на основе тех или иных методов и средств представления знаний, называются моделью предметной области. Новый подход к проблеме организации взаимодействия конечного пользователя с ЭВМ существенно влияет на все виды работ по созданию, сопровождению и эксплуатации программных средств, исключая в большинстве случаев барьеры между конечным пользователем и компьютером. В итоге справедливо говорить о возникновении действительно новой технологии решения задач на ЭВМ — новой информационной технологии [2].

Успехи в области технологии взаимодействия конечных пользователей с ЭВМ, интеграция быстро развивающейся техники ЭВМ (в первую очередь массовых ПЭВМ) и средств связи знаменуются поразительными по скорости, содержанию и масштабности переменами в деятельности человеческого общества, получившими в совокупности название информатизации [3].

Информатизация — это прежде всего выявление, упорядочение в соответствии с определенными правилами и представление в ЭВМ накопленных человечеством знаний с целью применения их для более качественного удовлетворения информационных потребностей пользователей. Знания всегда использовались и используются человечеством при выполнении любых функций. Причем сами знания как производительная сила или информационные ресурсы постоянно находятся в динамике в процессе познания мира человечеством. Они либо пополняются (накапливаются), либо уточняются (корректируются), либо просто передаются от одного источника (пользователя, документа) к другому с определенной целью. Значительной частью знаний обладают специалисты (эксперты) определенных предметных областей, другая часть знаний сосредоточена в различных документальных и иных информационных источниках. Деятельность людей — это процесс непрерывного использования тех или иных знаний. Естественно, при решении сложных задач возникает необходимость использования других (дополнительных) знаний, согласования своих знаний и действий со знаниями и действиями других пользователей. В связи с этим возникает дефицит знаний, проблема формирования, концентрации, согласования и передачи их на рабочее место пользователя.

Человеческая деятельность по своей природе носит коллективный иерархический характер, требующий практически во всех ее сферах коммуникаций между территориально распределенными участками деятельности. С учетом этого повсеместное внедрение ПЭВМ в различные области деятельности не даст должного эффекта без их территориального взаимодействия, поскольку коллективная выработка решений, составление планов, координация требуют согласования, увязки и установления определенных ситуативных отношений между персональными базами знаний.

Отмеченные обстоятельства приводят к необходимости создания на базе ЭВМ иерархии вычислительных сетей различных типов, отличающихся протяженностью (локальных, местных, региональных и др.). Особенностью функционирования этих сетей является иная организация информационного процесса, характерная для новой информационной технологии и работы со знаниями. Учитывая отмеченные обстоятельства, можно говорить о появлении нового класса сетей — интеллектуальных сетей ЭВМ, понимая под ними распределенную вычислительную сеть, реализующую функционально полный набор автоматизированных информационных технологий для удовлетворения потребностей пользователей на основе интегральных возможностей средств вычислительной техники, сетей связи и искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект в системах автоматизированного проектирования и управления

Манипулирование знаниями при использовании новой информационной технологии приводит к возникновению двух основных особенностей интеллектуальных систем в сравнении с традиционными вычислительными системами.

1. Интеграция информационных технологий с технологиями выполнения действий (функций) пользователя позволит получить новый системный эффект при удовлетворении персональных информационных потребностей каждого пользователя, повысить качество информационного обслуживания, которое необходимо прежде всего для выработки и принятия решений.

2. Интеграция информационных технологий с возможностями средств вычислительной техники, компьютерных сетей и сетей связи позволит реализовать концептуальные идеи качественно нового класса систем управления — распределенных систем управления, изменить принципы информационного взаимодействия пользователей в распределенной системе, по-иному организовать информационный процесс в системе управления при автоматизации конторской деятельности, задач планирования и т. д. Обработка информации в этом случае осуществляется в местах ее возникновения, а по линиям связи и компьютерным сетям передаются только изменяемые факты, т. е. происходит фильтрация обмениваемой информации. Интеллектуализация ЭВМ даст выигрыш в уменьшении требований к объемам информации, передаваемой по линиям связи, поскольку стоимость обработки одного байта информации в ПЭВМ ниже стоимости передачи этого байта по каналу связи.

Наряду с явно выраженным интегративным эффектом: появлением принципиально новых качеств

при объединении возможностей средств вычислительной техники, информационно-вычислительных систем (ИВС) и связи, можно говорить о различных применениях методов и средств искусственного интеллекта при проектировании и эксплуатации создаваемых распределенных вычислительных сетей, а также автоматизации управления существующими вычислительными системами и их элементами.

Определяющей особенностью применения средств и методов искусственного интеллекта в конкретной предметной области является создание модели этой области, основанной на знаниях. В процессе проектирования разработчик любой информационно-вычислительной системы (в нашем конкретном случае — системы автоматизированного проектирования объектов топливно-энергетического комплекса) должен сформировать систему знаний предметной области, а также уметь изменять и модифицировать ее в зависимости от уровня рассмотрения процессов и этапа проектирования. Исходные данные о системе пополняются и детализируются по мере перехода от макропроектирования к созданию элементов системы (схем участков трубопроводов, компрессорных станций, газораспределительных станций) и соответствующего программного обеспечения, что в итоге позволит получить достаточно полную иерархическую систему знаний, являющуюся, с одной стороны, основой систем автоматизированного проектирования (САПР) объектов топливно-энергетических комплексов (ТЭК) и их элементов, а с другой — базой для реализации различных процессов управления во время эксплуатации системы. На этапе эксплуатации происходит модификация и пополнение иерархической базы знаний с учетом особенностей функционирования и развития системы.

Наличие базы знаний системы создает благоприятные условия для автоматизации процессов подготовки и аттестации специалистов по проектированию, строительству и эксплуатации объектов ТЭК при условии разработки необходимого для этих целей программного обеспечения. Можно отметить доказанную эффективность применения методов и средств искусственного интеллекта в системе планирования работ по ремонту трубопроводов.

Жизненный цикл информационно-вычислительных систем

На рисунке показано, как меняется эффективность (Θ) информационно-вычислительной системы на различных этапах ее жизненного цикла.



Рис. 1. Жизненный цикл информационно-вычислительной системы

На этапах выработки концепций и рабочего проектирования, а также по мере ввода в действие оборудования системы, внедрения в эксплуатацию

программно-технологических комплексов и обработки различных режимов функционирования, эффективность системы постепенно возрастает, достигая максимума в период развития, когда запланированное оборудование установлено в полном объеме, все программные модули эксплуатируются в проектных режимах, накоплен и реализован опыт управления техническими средствами и эксплуатации входящего в систему программного обеспечения. На этапе регресса, а в отдельных случаях и на этапе развития, в связи с моральным и физическим старением оборудования системы, а также эволюцией функций вышестоящих систем возникает противоречие между потребностями в услугах по получению требуемых результатов и возможностями их удовлетворения. С целью полного или частичного устранения этих противоречий происходит модернизация автоматизированной системы (расширение парка средств, замена устаревшего оборудования, введение в состав новых подсистем, эволюция функций управления, установка новых версий программного обеспечения и т. д.), позволяющая временно повышать ее эффективность. Модернизация может производиться несколько раз. Когда оказывается, что стоимость модернизации становится сопоставимой со стоимостью новой системы, прогрессирующее старение и гибель системы неизбежны. Рассмотренные закономерности носят достаточно общий характер и должны учитываться в первую очередь на этапе проектирования системы.

Время жизни информационно-вычислительной системы (T) составляет обычно несколько лет и определяется, в основном, исходными системными концепциями и временем жизни ее элементов. Имеет место тенденция prolongации жизненного цикла основных технологических элементов систем (программного обеспечения) и сокращения жизненного цикла средств вычислительной техники, связи и управления (аппаратного обеспечения). Последнее повышает актуальность исследований по созданию системных концепций увеличения времени жизни автоматизированных систем.

В соответствии с основными положениями эволюционного синтеза любая автоматизированная система должна рассматриваться в непрерывном развитии. Это выражается в преимуществах ее функциональной структурной организации на различных этапах жизненного цикла, обеспечивающих потенциальные возможности расширения функций системы.

В основу системного проекта должен быть положен учет динамики развития основных и дополнительных функций автоматизированной системы на различных этапах ее существования. Такой подход позволяет отодвинуть сроки старения системы и предусмотреть возможность естественного включения в новые системы ранее существовавших систем в качестве подсистем. Например, первоначально ИВС проектировалась для работы под управлением операционной системы MS-DOS на локальном компьютере. Основным режимом ввода данных являлось заполнение форм на экране монитора непосредственно с клавиатуры персонального компьютера. В дальнейшем была разработана сетевая версия ИВС, функционирующая под Microsoft Windows 95. Впоследствии произошел переход к архитектуре клиент-сервер [4]. Система приобрела способность функционировать в распределенной вычислительной сети, а для ввода данных

используется Web-интерфейс, наряду с которым в качестве вспомогательного может использоваться и режим локального заполнения экранных форм, сохранившийся с момента появления первой версии системы.

Автоматизация процессов проектирования

Комплексная автоматизация процессов проектирования затрагивает все аспекты автоматизации, приводящие к повышению оперативности проектирования, обоснованности принимаемых решений и снятию ограничений, обусловленных несовершенством психофизиологических возможностей человека. Комплексная автоматизация наиболее эффективна, когда автоматизируются все фазы циклов проектирования, в первую очередь процессы принятия решения.

Определяющее место в процессах принятия решений по проектированию элементов автоматизированных систем на различных уровнях иерархии системы отводится лицу, принимающему решения.

В САПР предыдущего поколения вычислительные машины использовались для автоматизации сравнительно несложных функций по вводу и анализу информации о характеристиках проектируемой системы, обработке статистических данных, детализации технологических параметров системы после принятия решений и выработки вариантов решений, не учитывающих в полной мере реальную ситуацию.

При повышении уровня автоматизации систем проектирования возникает необходимость дальнейшей формализации интеллектуальной деятельности. Лица, принимающие решения, должны руководствоваться не столько машинными результатами анализа строгих математических моделей оптимизации, сколько вынуждены учитывать большое число практических обстоятельств, описываемых на уровне понятий с использованием прагматических (полезно—вредно) и психологических (хорошо—плохо) шкал.

Основные трудности формализации задач проектирования объектов ТЭК связаны в первую очередь со следующими факторами: большой размерностью пространства поиска решений; неполнотой и недостоверностью целого ряда контролируемых технологических параметров; динамичностью возникновения ситуаций, требующих принятия решений; наличием между элементами системы иерархических и причинно-следственных зависимостей; отсутствием количественных способов оценки оптимальности вариантов решений в условиях быстро меняющихся ситуаций; невозможностью задания целей проектирования и управления в виде строго определенных целевых функций и т. д.

Задачи получения информации о состоянии объектов автоматизированных систем, классификации ситуаций и выработки вариантов решений относятся к трудно формализуемым задачам и требуют применения нетрадиционных методов и средств формализации: дедуктивного и индуктивного методов вывода, поиска решений при нечетких основаниях, методов обобщения и классификации ситуаций и др. Подобные процессы моделируются в рамках логико-лингвистических методов, развиваемых как одно из важных прагматических направлений искусственного интеллекта, оперирующего

с понятием “знания”, нетрадиционными способами их обработки и качественно иными языками для представления и манипулирования знаниями в ЭВМ.

Логико-лингвистические модели создают предпосылки для разработки методологии создания автоматизированных систем поддержки принятия решений на всех этапах процесса проектирования и управления, выступающих в качестве интеллектуального помощника человека, а при необходимости — полностью заменяющих его. Предполагается, что система поддержки принятия решений в процессах проектирования и управления должна обеспечить сочетание лучших качеств человека и аппаратно-программного комплекса на базе ПЭВМ, причем по мере повышения возможностей интеллектуализации машин должен иметь место поэтапный процесс дальнейшей “разгрузки” человека.

Системы поддержки принятия решений и базы знаний

Совокупность знаний, хранящихся в системе и необходимых для решения комплекса задач проектирования и управления, будем называть системой знаний.

Системы поддержки принятия решений, необходимые на различных уровнях проектирования автоматизированных систем и их элементов, взаимодействуют в динамике друг с другом в соответствии с концепцией целостности управления и образуют распределенную систему знаний. Основой такой системы является распределенная иерархическая база знаний.

Для реализации на ЭВМ метод представления знаний должен быть формальным, т. е. должен описываться конечным набором четко определенных правил. Представление знаний — это выражение на некотором формальном языке, называемом языком представления знаний, свойств различных объектов и закономерностей, важных для процессов проектирования и управления. Вычислительные средства используют систему знаний, выполненную над ней разнообразные действия (поиск необходимых сведений, их модификация, интерпретация знаний, вывод из имеющихся знаний новых и т. д.). Алгоритмы выполнения этих действий существенно зависят от особенностей языка представления знаний и от того, каким образом система знаний интерпретируется в вычислительных средствах. Любой современный метод представления знаний является совокупностью взаимосвязанных средств формального описания знаний и оперирования (манипулирования) этими описаниями. Долгое время работы по представлению знаний проводились параллельно в двух направлениях: исследования в области искусственного интеллекта и технологии баз данных. Интеграция результатов обоих направлений и создала предпосылки для успешного проведения работ по представлению знаний.

Традиционно выделяются две группы методов представления знаний: декларативные и процедурные. В декларативных методах знания структурируются тем или иным способом, не зависят от конкретной системы знаний и полностью определяются синтаксисом и семантикой языка представления знаний. В процедурных методах знания также представляются в ЭВМ структурами данных,