

Состояние проблемы знаниеориентированной поддержки принятия технологических решений в условиях современной автоматизации труда технолога

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

1. Состояние проблемы принятия решений при проектировании технологического процесса в технологической подготовке производства

Одной из основных задач технологической подготовки производства (ТПП) является проектирование технологического процесса (ТП) изготовления деталей нового изделия. Только после ее решения приступают к проектированию и изготовлению оснастки, инструмента, заготовок и т.п. Поэтому автоматизация ТПП в первую очередь должна быть направлена на процесс технологического проектирования. Классически принято считать, что ЭВМ работают по строгим формальным алгоритмам, подчиняющимся законам математической логики, в связи с чем процесс технологического проектирования также должен быть описан при помощи формальных алгоритмов. На практике же оказывается, что формальные методы не являются пригодными для решения большинства задач по проектированию ТП, поскольку характеризуются неполнотой и разнотипностью данных, неизвестны правила вывода решений, что обуславливает условия неопределенности. Поэтому актуально привлечение средств искусственного интеллекта для **знаниеориентированной поддержки принятия технологических решений**.

Решение задач технологического проектирования с помощью знаниеориентированного подхода представляет собой моделирование деятельности технолога, проектирующего ТП. Среди множества частных технологических задач, к последовательному решению которых сводится деятельность технолога при проектировании ТП, можно выделить группу **неформализованных задач**: выбор методов обработки, типов оборудования, виды инструмента, назначения схем базирования, способа установки детали, формирование состава технологических операций, определение последовательности операций, выбор вида заготовки, определение последовательности переходов на операции и т.д.. Такие задачи объединяет то, что для них в технологии машиностроения нет формальных методов решения, нет формализованных алгоритмов, позволяющих без привлечения интуиции и опыта технолога получать решения с учетом исходных данных. Остальные же задачи проектирования ТП являются формализованными, решение которых сводится к выполнению расчетов по формулам. На данный момент в большинстве существующих систем по автоматизации труда технолога реализовано решение именно формализованных технологических задач. Однако доля таких задач при технологическом проектировании мала и наибольшую сложность составляют неформализованные задачи, на решение которых сейчас и брошены все силы ученых и разработчиков.

2. Постановка задачи

В статье ставятся задачи:

- проанализировать проблему автоматизации труда технолога при проектировании ТП на предмет поддержки принятия технологических решений;
- провести анализ существующих подходов к решению данной проблемы на настоящий момент, выявить их недостатки и достоинства;
- сделать обзор существующих САПР-ТП с точки зрения осуществления поддержки принятия решений технологу в немеханическом труде при разработке ТП;
- на основе этого сформулировать основные направления исследований по проблеме знаниеориентированной поддержки принятия технологических решений и задач в этой связи обозначить круг.

3. Анализ существующих САПР-ТП и круга решаемых ими задач

Стремительный технический прогресс ведет к быстрому росту объема информации, которую специалисты должны учитывать в своей повседневной работе. В последнее время накопление человеческих знаний ускоряется с каждым годом. В результате доля рабочей силы, занятой обработкой информации, особенно в сфере проектирования, научных исследований и инженерно-технического творчества, постоянно растет. В частности, трудоемкость и стоимость ТПП также повышается из года в год.

Увеличение сложности ТПП вызвано объективными причинами:

- Машины и приборы становятся сложнее, насыщаются электроникой, используют новые материалы, требуется более высокая точность изготовления изделий. В свою очередь, такое усложнение приводит к увеличению трудоемкости проектирования технологических процессов (ТП).

- Остро стоит задача проектирования качественных ТП по критерию соответствия ТП требованиям конструктора и минимальной стоимости изделия, от чего зависит прибыль предприятия в условиях жесткой конкуренции. Для нахождения оптимального ТП необходимо разработать варианты ТП, которые возможны в зависимости от видов операций и их последовательности обработки детали. Частично разработка ТП носит субъективный характер и качество спроектированных ТП зависит от опыта и квалификации технолога, который их разработал.

- Наблюдается тенденция к снижению серийности производства, что приводит к росту доли ТПП в общей себестоимости изделия [1].

Для того чтобы снизить трудоемкость и сложность технологической подготовки, основным направлением является сокращение трудоемкости и стоимости проектирования ТП, т.к. наиболее длительным и дорогостоящим ввиду возможных технологических ошибок этапом ТПП является разработка ТП. Это достигается за счет автоматизации процесса проектирования ТП. Но задача автоматизации механического труда технолога не является нерешенной задачей. Существует достаточно широкий спектр САПР ТП, обеспечивающих автоматизацию нетворческого труда технолога. На Западе эти системы получили название «Computer Automated Process Planning» (CAPP).

При проектировании ТП технолог решает следующие задачи:

1. Оформление технологической документации, а именно составление маршрутных, операционных карт и др. Задача не является творческой и полностью автоматизирована на данный момент.

2. Поиск информации об инструментах, приспособлениях, оборудовании, заготовках, припусках и т.д. Поиск справочной информации обеспечивают информационно-поисковые системы, принцип которых основан на хранении информации в базах данных и поиске по задаваемым критериям технологом.

3. Стандартные расчеты припусков, операционных заготовок, режимов резания и т.д. по формулам. Задача также является уже автоматизированной во многих САПР ТП.

4. Принятие технологических решений в логических задачах, таких, как выбор вида заготовки, выбор структуры процесса и операций, выбор баз и др. Проблема поддержки принятия этих решений на данный момент остается актуальной, поскольку такие задачи характеризуются отсутствием формализованных методов решения, математического аппарата для их решения и стандартных алгоритмов.

По экспертным оценкам можно различить три уровня автоматизации ТП, приведенные в таблице, в которой также представлены самые популярные на данный момент САПР, классифицированные по уровням автоматизации [3]-[5].

Уровень	Назначение	Системы
1-й	Автоматизация оформления технологической документации (маршрутные, операционные карты и др.)	ОКЕАН, ADEM, CADMech, T-Flex, КОМПАС и др.
2-й	Автоматизация поиска	ТехноПро, SprutTP, T-Flex
3-й	Автоматизация расчетных задач	ТехноПро, ADEM, T-Flex, SprutTP, Pro/ENGINEER
4-й	Автоматизация принятия технологических решений	ТехноПро, SprutTP, TechCard

Для решения задач 1-3-го уровней пользователь САПР ТП должен быть технологом высокой квалификации, т.к. системы сами выполняют только рутинные работы по поиску нужной информации, стандартным расчетам и оформлению технологической документации. Технолог в режиме диалога сам решает творческие задачи, связанные с принятием сложных логических решений, которые не может выполнить система

Решение задач 4-го уровня характеризуется отсутствием формальных алгоритмов решения, разнотипностью данных, отсутствием правил вывода (**α-неопределенность**). Это приводит к необходимости использования знаний экспертом предметной области явным образом с помощью средств инженерии знаний для создания экспертных систем по сбору, представлению и манипулированию знаниями технолога для знаниеориентированной поддержки принятия решений при разработке ТП.

В 1980-90гг в проблеме автоматизации технологической подготовки наблюдается расширение фронта работ по автоматизации решения технологических задач. Это работы по формализации алгоритмов принятия решений в технологических задачах, которые характеризовались направленностью на условия предприятия, где предполагалось внедрение системы.

Период начиная с 1990 года характеризуется ростом компьютерной техники и её мощностей, что дало возможность снабдить ПЭВМ каждого технолога и установить на ней САПР ТП. Современные САПР ТП в большинстве представляют собой текстовые редакторы, дополненные классификаторами для более быстрого заполнения технологических карт и модулями для поиска необходимой информации по базам данных системы [2].

4. Существующие методы решения задачи автоматизации труда технолога при разработке технологического процесса в механообработке

Возможны два принципиально различных способа автоматизированного проектирования: 1) **синтез** проектируемого объекта (технологического процесса) применительно к заданным конкретным требованиям и технико-экономическим условиям при крупносерийном и массовом выпуске продукции (индивидуальное проектирование); 2) поиск с использованием информационно-поисковых систем по заданным характеристикам **типового** или группового объекта из имеющейся в памяти ЭВМ номенклатуры объектов для предприятий с единичным, мелкосерийным и серийным характером производства (групповое или типовое проектирование). Такие САПР ТП предназначены в основном для предприятий с единичным и мелкосерийным производством.

На предприятиях с массовым и крупносерийным производством повышаются требования к качеству проектного решения. При этом необходимы индивидуальное проектирование (синтез) технологического процесса и оснастки применительно к изготавливаемой детали с учетом особенностей ее формы и размеров и возможностей используемого технологического оборудования, а также оптимизация проектного решения. Процесс проектирования разбивают на элементарные, но универсальные операции (элементы расчетов, принятия решений, геометрических преобразований и др.), каждая из которых уже не зависит от особенностей деталей и проектируемых процессов.

Анализ существующих современных САПР ТП показал, что они имеют в основе один из следующих методов автоматизации проектирования ТП [5]:

1. Повторное использование единичных ТП (процессы-аналоги).
2. Метод адресации к унифицированным (типовым или групповым) технологическим процессам.
3. Метод синтеза ТП из элементарных технологических решений.

4.1. Суть и реализация метода «унифицированных технологических процессов» в САПР ТП

Типичным представителем САПР-ТП на базе унифицированных техпроцессов (УТП) в наше время является ТехноПро. Вместо термина «Групповой техпроцесс» в «ТехноПро» используется термин «Общий техпроцесс»

(ОТП). По сути ОТП создается на группу деталей, объединенных сходством технологии их изготовления, а это и есть группирование по С.П. Митрофанову.

Суть метода заключается в установлении ассоциативных связей между комплексной деталью и унифицированным техпроцессом ее изготовления. Процесс проектирования по этому методу заключается в отсечении лишнего от УТП.

Недостатки систем, построенных по этому методу, связаны, в первую очередь, с их невысокой гибкостью. Создание УТП и помещение его в базу знаний по трудоемкости в десятки и более, раз превосходит создание единичного техпроцесса. Поэтому эффект от внедрения таких САПР получается тогда, когда на базе этого УТП будут спроектированы в автоматизированном режиме сотни единичных техпроцессов, и это имеет место, но не всегда. Зачастую такого количества техпроцессов, особенно в многономенклатурном единичном производстве, приходится ждать годами и при этом постоянно поддерживать УТП в достоверном состоянии, что приводит к дополнительным затратам. Количество проектируемых единичных техпроцессов можно увеличить за счет расширения комплексной детали, но это ведет к увеличению трудоемкости создания УТП.

Еще одна проблема с технологической унификацией заключается в том, что технологические решения разбросаны по сотням УТП, и обеспечить их унификацию не просто. По этой же причине имеют место трудности с поддержанием базы знаний в достоверном состоянии.

4.2. Суть и реализация метода «синтеза ТП» в САПР ТП

По сравнению с методологией на базе УТП метод синтеза обладает большей гибкостью. Суть метода заключается в установлении ассоциативных связей между унифицированными элементами детали и элементарными технологическими решениями. Процесс проектирования заключается в поиске элементарных технологических решений, соответствующих элементам детали, и объединении их в техпроцесс, т.е. **синтез техпроцесса**.

Основным **недостатком** метода синтеза является сложность его реализации, что делает этот метод недостаточно эффективным в серийном и массовом производстве, при наличии большого количества типовых деталей. Однако данный метод позволяет решить проблему с УТП, описанную выше, за счет перехода на уровень конструктивных и технологических примитивов, применяемость которых значительно выше применяемости комплексной детали и УТП.

5. Знаниеориентированная поддержка принятия решений при проектировании ТП

Альтернативным вариантом решения проблемы автоматизации творческого труда технолога являются методы и средства искусственного интеллекта, которые основаны на формальном представлении и манипулировании знаниями технолога в явном виде для поддержки принятия технологических решений.

Технологическое проектирование - это, прежде всего, принятие технических решений на основании исходной информации. Исходная информация включает сведения об изготавливаемой детали (в структурированном виде сведения отражены в разработанной технологической модели детали), программе выпуска. Такую информацию соответствующими процедурами преобразуют в конечную. Последняя должна отражать как структурные элементы технологического

процесса, так и режимы обработки. В системном виде они представлены в разработанной модели технологического процесса механообработки валов.

Устанавливают значения параметров, которые отражены в моделях исследуемых объектов (детали и технологического процесса ее изготовления) с помощью разработанной системы проектирования. При этом задача проектирования представлена в таком виде: при заданных технических ограничениях определены системные характеристики объектов и их элементов, обеспечивающих получение деталей с наименьшей технологической себестоимостью.

Сложности проектирования обусловлены:

- недостаточностью исходных данных для получения технологических решений и требуемой степени детализации;
- слабой изученностью закономерностей процессов технологического проектирования: не выявлены аналитические и логические зависимости, связывающие системные характеристики обрабатываемой детали и оборудования со структурой и параметрами ТП.

Существующие системы характеризуются сложными пространственно-временными связями элементов, производственные ситуации имеют разнотипные характеристики, а для принятия решений недостаточно начальной информации. Актуальной задачей становится интеллектуальная поддержка принятия технологических решений на производстве.

Изготовление деталей, в частности механообработкой, относится к числу сложных процессов и характеризуется большим количеством выполняемых функций и многоуровневой структурой, которая обеспечивает определенные связи и сочетания основных и вспомогательных переходов.

При разработке ТП на деталь выделяются три этапа: выбор принципиальной схемы механообработки, маршрутной технологии, операционной технологии. При формировании принципиальной схемы механообработки определяются вид основных операций, методы базирования, вид заготовки, оборудование. Выбор рациональной принципиальной схемы базируется на рекомендациях опытных технологов, исходя из оценки предельных возможностей материала.

Рациональные технологии выбираются в зависимости от ресурсов и технической базы предприятия. Реализуемость процессов выбора рациональных схем на разных этапах производственного процесса многовариантна. Такая ситуация складывается из-за специфики объектов проектирования - процесса преобразования (изменение заготовки) и средств технологического оснащения.

Для принятия эффективных решений на каждом этапе механообработки на основании физических закономерностей, справочных данных, промышленного эксперимента, опыта и логики технолога формируется система посылок и утверждений в виде базы знаний (БЗ). Методологической основой построения такой базы является построение математических моделей распознавания образов, позволяющих по результатам пробных испытаний и с учетом опыта технологов вырабатывать классификационные решения. С этой целью ставится задача разработать модель и метод поддержки принятия таких решений на основе tPAK3-метода предложенного профессором И.Б Сироджей [6], ввиду ряда преимуществ этого метода. tPAK3-метод обеспечивает строгую формализацию разноуровневых знаний как порций знаний и позволяет создавать механизмы манипулирования ими в явном виде средствами машинных алгебр.

6. Перспективные направления исследований и разработок в автоматизации труда технолога

Принятие решений технологом по-прежнему основывается на его многолетнем опыте, знаниях и профессиональной интуиции. Профессиональные знания технолога являются наиболее ценным ресурсом и интеллектуальным капиталом промышленного предприятия. Поэтому одной из самых животрепещущих проблем современного предприятия есть сохранение накопленных знаний ведущих специалистов. Следовательно, в складывающихся обстоятельствах сокращения производства в стране и естественного ухода и потери накопленного багажа знаний технологами на предприятиях актуальна разработка интеллектуальных систем, способных сохранить знания опытных специалистов, на базе извлеченных знаний оказывать знаниеориентированную поддержку технолога на этапе проектирования ТП, при этом давая возможность пополнения базы знаний новыми знаниями.

Такие системы обеспечат:

- 1) сохранение интеллектуального капитала предприятия;
- 2) увеличение производительности технологов, уменьшение их числа;
- 3) сокращение длительности циклов производства, связанных с проектированием ТП;
- 4) автоматизацию принятия технологических решений при проектировании ТП, сократив сроки и минимизируя число ошибок при проектировании;
- 5) снижение себестоимости технологической подготовки производства;
- 6) снижение сроков освоения выпуска новых изделий;
- 7) обучение неопытных технологов на основе использования базы знаний системы.

Список литературы

1. Куликов Д.Д. Конспект для студентов специальностей 22.03.00 (САПР), 19.10.01. / Д.Д. Куликов. – СПб.: Компьютербург, 2006. – 251 с.
2. Технологическая подготовка гибких производственных систем. / С.П. Митрофанов, Д. Д. Куликов, О.Н. Миляев, Б.С. Падун. - Л.: Машиностроение. 1987. - 352 с.
3. Компьютерные интегрированные технологии авиационного производства: учеб. пособие / В.С. Кривцов, Ю.В. Дьяченко, В.Е. Зайцев и др. – Х.: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», 2002.ч.3 - 71 с.
4. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка: учеб.-практ. пособие / Ю.Н. Федоров. - М.: Инфра-Инженерия, 2008. - 928 с.
5. Зильбербург. Л.И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. / Л.И. Зильбербург, В.И. Молочник, Е.И. Яблочников. – СПб.: Компьютербург, 2003. – 152 с.
6. . Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. / И.Б. Сироджа. – К.: Наук. думка, –2002. – 490 с.