05.13.06

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ДЕТАЛИ

ONTOLOGICAL MODEL OF REPRESENTATION OF INFORMATION ON TECHNOLOGICAL PROCESS DETAILS

Лариса Анатольевна Симонова, доктор технических наук, профессор

Набережночелнинский институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Елена Ивановна Егорова, кандидат технических наук, доцент

Альметьевский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева - КАИ»

Аннотация: Этап проектирования технологических процессов обработки деталей является нетривиальной задачей, и технолог сталкивается со значительными трудностями при выборе наилучшего решения. С целью частичного снятия нагрузки с технолога при выборе альтернатив актуально применение интеллектуальной системы проектирования технологических процессов. Онтологическая модель представления информации о технологическом процессе описывается с помощью атрибутивных графов, что позволяет осуществлять анализ формы и пространственных отношений между структурными элементами объектов, сокращает область интерпретации понятий и количество интерпретирующих функций.

Abstract: The design stage of technological processes for machining parts is a non-trivial task, and the technologist faces considerable difficulties in choosing the best solution. In order to partially relieve the technologist when selecting alternatives, it is important to use an intelligent system for designing technological processes. The ontological model of representation of information about the technological process is described using attribute graphs, which allows

analyzing the form and spatial relationships between the structural elements of objects, reduces the scope of interpretation of concepts and the number of interpretive functions.

Ключевые слова: онтологическая модель, технологический процесс, атрибутивные графы, интеллектуальная система построения технологических процессов, технологическое решение, оптимальное технологическое решение.

Keywords: ontological model, technological process, attribute graphs, intellectual system for building technological processes, technological solution, optimal technological solution.

Сложные технологические системы являются неотъемлемой частью машиностроительных производств. В настоящее время большая часть этапов жизненного цикла изделий и систем по его созданию автоматизирована, но полностью исключить человека из процесса принятия решений практически невозможно.

Этап проектирования технологических процессов обработки деталей является нетривиальной задачей, и технолог сталкивается со значительными трудностями при выборе наилучшего решения. В связи с непрерывно нарастающим объемом данных при выборе альтернатив очевидна необходимость моделей и методов искусственного интеллекта при обработке информации. С целью частичного снятия нагрузки с технолога при выборе альтернатив актуально применение интеллектуальной системы проектирования технологических процессов.

В данной статье предлагается онтологическая модель представления информации о технологическом процессе, которая описывается с помощью атрибутивных графов, что позволяет осуществлять анализ формы и пространственных отношений между структурными элементами объектов, сокращает область интерпретации понятий и количество интерпретирующих функций.

Технологическое проектное решение состоит из описания технологических объектов и их взаимодействий, которые обеспечивают заданное качество обрабатываемой поверхности, соответствующей фиксированному множеству условий функционирования технологического объекта. Объектами проектирования выступают геометрические модели обрабатываемых деталей. Объектами технологических проектных решений выступают технологические процессы и их элементы. Объект проектного технологического решения носит многоэтапный и многовариантный характер рассматриваемого процесса и в общем случае его можно представить следующим образом:

$$TR = \langle H, F, S, Z \rangle \qquad (1),$$

где H - множество характеристик объекта проектирования, определяющих его взаимодействие с внешней средой; F - множество функций объекта проектирования; S - структура объекта проектирования; Z- множество параметров объекта проектирования.

Методика формирования технологического процесса, наряду с разработкой его содержания и расчетом параметров обеспечивает получение законченного комплекса итоговых показателей каждого варианта его выполнения, необходимого для объективной сравнительной оценки эффективности всех альтернативных вариантов его реализации и отбора оптимального варианта. Проектное технологическое решение представлено в виде модели, которая описывается типовыми элементами и связями (информационными, пространственными, временными) их соединяющими [1].

Проектное технологическое решение состоит из множества характеристик, получаемых посредством взаимодействия объектов проектирования, направленных на решение частных проектных задач.

Каждый объект проектного технологического решения обладает своим уникальным набором характеристик. Например, выбор металлорежущего оборудования будет происходить на основании анализа и сопоставления матриц технологических возможностей станков, максимального диаметра инструмента и размера рабочей области станков и подразумевать последовательные действия, связанные с этим, выбор режущего инструмента происходит на основании анализа и сопоставления матриц, связанных с определением группы, типа, наименования, марки инструмента, реализуемого технологического метода, конструктивной схемы, физико – механических свойств материалов режущих и посадочных отверстий. Для выбора приспособления необходим анализ и сопоставление матриц, связанных с наименованием операции, моделью станка, кода схемы установки, габаритных размеров приспособлений, силы и времени закрепления и т.д.

Поиск альтернативного решения среди взаимосвязанных объектов сложной структуры осуществляется по сопоставлению атрибутивных графов, автоматически порождающих свои поддеревья поиска (рисунок 1). Формирование оптимального технологического решения происходит путем сопоставления входных и выходных параметров, содержащихся в матрицах альтернатив взаимосвязанных между собой проектных модулей системы.

Математически поиск альтернативного решения среди взаимосвязанных объектов сложной структуры можно представить следующим образом, применяя теорию множеств: пусть ИС – интеллектуальная система, МС – модули системы, TRтп - технологические решения модуля формирования технологических процессов, TRри – технологические решения модуля выбора режущего инструмента, TRп – технологические решения модуля выбора приспособления. Рассмотрим некоторое множество ИС и систему

множеств МС= {М1,...Mn}. Система множеств МС называется разбиением множества ИС, если она удовлетворяет следующим условиям:

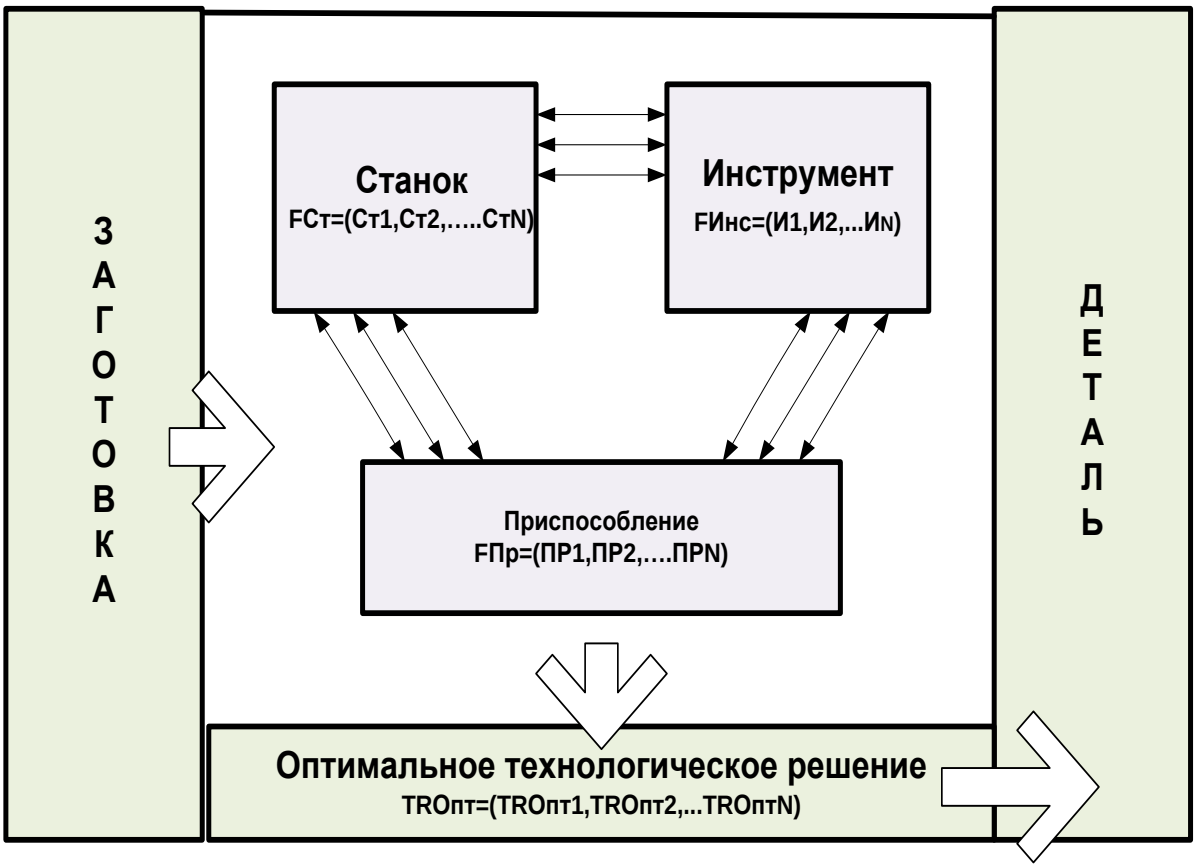

Рисунок 1. Взаимодействие модулей системы

1. Любое множество TRтп из МС является подмножеством множества ИС ∀TRтп∈МС:TRтп∈ИС; (2)
2. Любые два множества TRтп и TRри из МС являются непересекающимися

   ∀TRтп∈МС,∀TRри∈МС:TRтп≠TRри→TRтп∩TRри=∅ (3)
3. Объединение всех множеств, входящих в разбиение, дает множество МС ∪ МС = ИС (4)

   TRтп ∈мс

где ИС – интеллектуальная система, МС – модули системы, TRтп - технологические решения модуля формирования технологических процессов, TRри – технологические решения модуля выбора режущего инструмента.

Понятие разбиение множеств тесно связано с понятием эквивалентности. Пусть TRри – технологические решения модуля выбора режущего инструмента – множество, на котором определено отношение эквивалентности. Например, TRри – множество технологических решений выбора режущего инструмента, а отношением эквивалентности является отношение «быть в одной группе». Подмножество элементов, эквивалентных некоторому элементу ри ∈ TRри, назовем классом эквивалентности. Так, группа, в которую входит элемент ри, будет классом эквивалентности, эквивалентному TRри.

Пусть TR – некоторое множество технологических решений. Обозначим через {TR∈TRри} множество классов эквивалентности для множества TRри. Очевидно, что все элементы одного класса эквивалентности эквивалентны между собой (свойство транзитивности) и всякий элемент ри ∈ TRри, может находиться в одном и только в одном классе. Но в таком случае TRри является объединением непересекающихся множеств TR, так что полная система классов {TR∈TRри} является разбиением множества TRри. Таким образом, каждому отношению эквивалентности на множестве TR соответствует некоторое разбиение множества TR на классы TRри.

В интеллектуальной системе построения технологических процессов проектирование технологического процесса осуществляется автоматически. Технологу отводится роль эксперта, который корректирует показатели технологического процесса в соответствии с потребностями производства. При проектировании технологического процесса параллельно автоматически решаются задачи формирования альтернативных технологических решений:

- модуля формирования технологических процессов, результатом работы которого обеспечивается привязка металлорежущего оборудования к технологическим методам обработки поверхностей детали, с учетом максимального диаметра инструмента и размера рабочей области станка

которая представляется в виде конечного атрибутивного графа с набором качественных и количественных характеристик объекта проектирования;

- модуля выбора режущего инструмента. Выбор типа режущего инструмента зависит от результата формирования технологического решения модуля формирования технологических процессов и зависит от технологического метода обработки, связанного с группой, типом, наименованием, маркой инструмента, реализуемого технологического метода, конструктивной схемы, физико – механических свойств материала режущих и посадочных отверстий, а также качественных и количественных атрибутов объекта проектирования;
- модуля выбора приспособления. Выбор типа приспособления зависит от результата формирования технологического решения модуля формирования технологических процессов и зависит от наименования операции, модели станка, кода схемы установки, габаритных размеров приспособлений, силы и времени закрепления и т.д., а также качественных и количественных атрибутов объекта проектирования.

Создание интеллектуальной поддержки при проектировании технологических процессов в виде автоматически сформированных технологических решений, начинается с создания словаря (таблица 1). В словаре понятия, связанные с процессом проектирования однозначно интерпретированы. Онтологическая модель строится для того, чтобы найти общее взаимодействие через функции интерпретации генерации экземпляров всех входящих решений для расчета всех входящих атрибутов. Функции интерпретации, содержат классификацию понятий, принятых и существующих в настоящий момент на производстве. Учитывая особенности современного производства, функция интерпретации, связанная с металлорежущим оборудованием дополнена классом многоцелевых станков, которые позволяют в современном производстве обработать максимальное количество поверхностей детали без переустановки.

Таблица 1.

Функции интерпретации понятий интеллектуальной системы построения технологических процессов

F		$y \in C_1$	$x^1, \ldots, x^k \in C_2$
f_1		Изделие	Предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии ГОСТ 2.101-68
	$f_1{}^1$	Сборочная единица	Изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии – изготовителе с помощью сборочных операций
	$f_1{}^2$	Узел	Сборочная единица, которая может собираться отдельно от других составных частей изделия или изделия в целом и выполнять определенную функцию в изделиях одного назначения только совместно с другими составными частями ГОСТ 23887-79
	$f_1{}^3$	Деталь	Изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций ГОСТ 2.101-68
f_2		Оборудование	Список реализуемых технологических методов
	$f_2{}^1$	Токарные станки	Предназначены для обработки цилиндрических, конических и сложных поверхностей – как внутренних, так и наружных, а также для нарезания резьбы
	$f_2{}^2$	Сверлильные и расточные станки	Сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий в сплошном материале, рассверливания, зенкерования, развертывания, нарезания внутренних резьб, вырезания дисков из листового материала.
	$f_2{}^3$	Шлифовальные, полировальные доводочные и заточные станки	Станки предназначены для продольного и врезного шлифования наружных цилиндрических, пологих конических и торцовых поверхностей заготовок с установкой заготовок в центрах или патроне
	$f_2{}^4$	Специальные станки	Список реализуемых технологических методов

	f_2^5	Зубо – и резьбообрабатывающие станки	Предназначены для нарезания зубо- и резьбонарезных работ
	f_2^6	Фрезерные станки	Предназначены для выполнения разнообразных фрезерных работ по чугуну, стали и цветным металлам твердосплавным и быстрорежущим инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства
	f_2^7	Разрезные станки	Предназначены для разрезания заготовки на части
	f_2^8	Строгальные, долбежные, протяжные станки	Предназначены для строгальных, долбежных и протяжных работ
	f_2^9	Разные станки	Список реализуемых технологических методов
	$f_2^{1,2,6}$	Многоцелевые станки	Предназначены для обработки цилиндрических, конических и сложных поверхностей – как внутренних, так и наружных, а также для нарезания резьбы, для сверления глухих и сквозных отверстий в сплошном материале, рассверливания, зенкерования, развертывания, нарезания внутренних резьб, вырезания дисков из листового материала, для выполнения разнообразных фрезерных работ по чугуну, стали и цветным металлам твердосплавным и быстрорежущим инструментом в условиях мелко- и крупносерийного производства.
f_3		Приспособления станочные	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^1	Приспособления для токарных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^2	Приспособления для сверлильных и расточных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^3	Приспособления для шлифовальных, полировальных, доводочных и заточных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^4	Приспособления для зубо – и резьбообрабатывающих станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^5	Приспособления для фрезерных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
	f_3^6	Приспособления для разрезных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции

	f_3^7	Приспособления для строгальных, долбежных, протяжных станков	Установка и закрепление заготовки; обеспечение выполнения содержания операции
f_4		Режущий инструмент	Реализуемый технологический метод
	f_4^1	Режущий инструмент для токарной обработке	Применяется для обработки наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также подрезки торцов, обработке уступов, нарезки канавок
	f_4^2	Режущий инструмент для сверления	Относится к осевой обработке, т.е. лезвийной обработке с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе его траектории и движении подачи только вдоль оси главного движения резания
	f_4^3	Инструмент для шлифовальной, полировальной, доводочной и заточной обработке	Главное движение резания совершает шлифовальный круг (вращение). Движение подачи сообщают заготовке или инструменту
	f_4^4	Зубо- и резьбообрабатывающий инструмент	Реализуемый технологический метод
	f_4^5	Инструмент для фрезерной обработке	Лезвийная обработка с главным вращательным движением резания, сообщаемым инструменту и имеющим постоянный радиус траектории, а также хотя бы одно движение подачи, направленное перпендикулярно оси главного движения
	f_4^6	Разрезной инструмент	Реализуемый технологический метод
	f_4^7	Инструмент для строгальной, долбежной, протяжной обработке	Реализуемый технологический метод
f_5		Маршрутный технологический процесс	Содержание операции
f_6		Технологическая операция	Содержание переходов

Онтологическая модель (таблица 1) позволяет описать технологические решения каждого проектного модуля интеллектуальной системы в виде многоагентных систем выбора технологического решения для каждого класса агента (рисунок 2).

При построении технологических процессов обеспечивается выбор структурного элемента на определенном этапе по качественным и количественным показателям. Качественный показатель является величиной комплексной, который зависит от качественных показателей

каждого структурного элемента. Важными качественными показателями технологического процесса являются время обработки, которое предприятие стремится сократить и производительность процесса, которое предприятие стремится увеличить. Уровни иерархии технологического процесса, такие как ОПЕР, ПОЗ и УСТ, характеризуются выбранным металлорежущим оборудованием. В современном машиностроении целесообразно стремиться применять современные обрабатывающие центры с ЧПУ, где возможна многопозиционная обработка, которая позволит сократить установы/ переустановы.

Это приведет к сокращению основного времени обработки следовательно, позволит увеличить производительность. На уровнях иерархии технологического процесса, таких как, ПЕР и РХ, качественным показателем будет являться припуск на обработку, который является расчетной величиной. Решается технологическая задача, возможно ли снять припуск за один РХ или нет. Если припуск на обработку меньше расчетной величины, то заданное чертежом качество не будет получено в ходе обработки, если припуск больше расчетной величины, то требования чертежа по заданному качеству будет выполнено, но с большими затратами, то есть производительность процесса уменьшится, а себестоимость обработки возрастет. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы снимаемый припуск был равен расчетной величине. К количественным показателям технологического процесса относятся все те величины, которые рассчитываются или берутся из чертежа. Очень важно на стадии проектирования исключить ошибки расчетного характера и производить выбор станка, инструмента, приспособления не «примерно», более или менее подходящего под расчетные величины. Конечно же, в стремительно развивающемся мире, необходимо всегда помнить о сроках технологической подготовки производства.

Алгоритм рассуждателя в интеллектуальной системе построения технологических процессов основан на правилах поиска «связанных»

фактов на атрибутивных графах, поскольку возможными интерпретациями являются множество вершин и множество дуг заданного графа. Это позволит упростить работу по созданию терминологического раздела базы знаний.

Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод: разработка единой и однозначно интерпретируемой онтологии для интеллектуальной системы позволит формировать и описывать мультиагентные системы модулей технологических решений проектируемых технологических процессов в автоматическом режиме с формированием альтернатив проектных решений структурных элементов.

Литература:

1. Л. Симонова Информационное обеспечение управления технологическими маршрутами. Интегрированные информационные системы в машиностроении. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co.KG-189,2012.

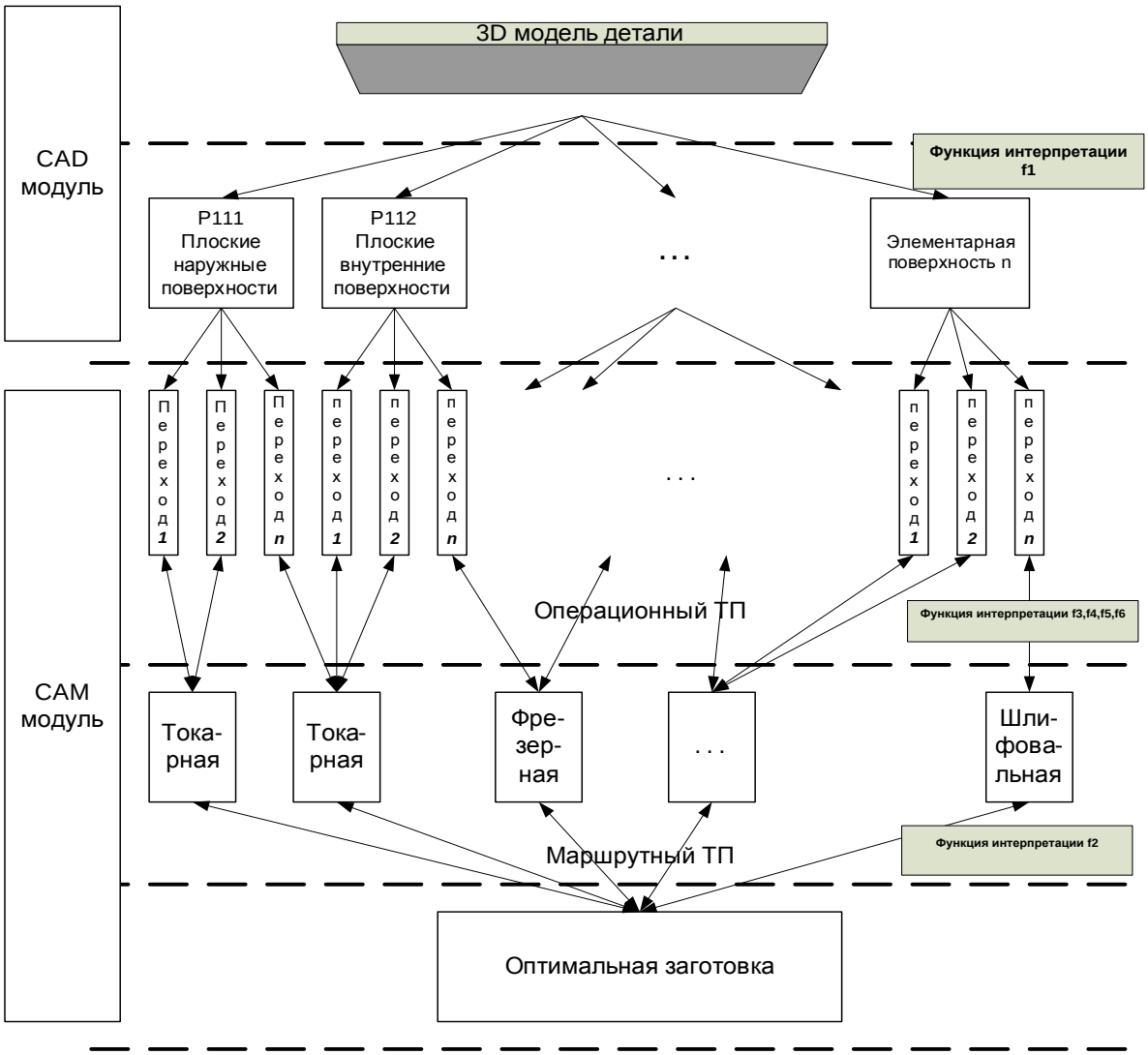

Рисунок 2. Выбор технологического решения для каждого класса агента