



УДК 621.311:658.26

САПР ТП С РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ БАЗОЙ ЗНАНИЙ

Г.Б. Бурдо, Б.В. Палюх, Е.В. Воробьева

Тверской государственной технической университет, г. Тверь, Россия

gbtms@yandex.ru

pboris@tstu.tver.ru

evgeniya.vor813@gmail.com

В данной статье рассмотрена проблема построения системы автоматизированного проектирования технологического процесса (САПР ТП) с развивающейся базой знаний (РБЗ). Проанализированы имеющиеся автоматизированные системы проектирования технологических процессов. Выявлена и обоснована необходимость построения САПР ТП с РБЗ. Приведены принципы построения САПР ТП с РБЗ. Показана возможность использования семантических сетей для развития баз знаний.

Ключевые слова: автоматизированного проектирования технологического процесса; развивающаяся база знаний; технологическая подготовка производства; модель накопления и обобщения информации; семантические сети.

Введение

Большинство современных машиностроительных предприятий характеризуется многономенклатурностью выпускаемых изделий, частой сменой видов изделий при одновременном уменьшении времени на технологическую подготовку (ТПП) производства. Поэтому, в настоящее время активно происходит реализация элементов искусственного интеллекта (ИИ) в САПР ТП [Бурдо и др., 2009; Бурдо и др., 2010; Бурдо и др., 2013; Евгеньев, 2001], позволяющих значительно сократить длительность ТПП. К сожалению, одного этого направления развития автоматизированных систем проектирования технологических процессов явно недостаточно.

Основы построения САПР ТП с РБЗ

На основе анализа [Обухов и др., 2002; Яблочников, 2009; Бурдо и др., 2010; Бурдо и др., 2013; Кондаков, 2007; Евгеньев, 2001 и др.] уточнены принципы, полагаемые в основу создания САПР ТП с развивающейся базой знаний: 1) информационная и временная интеграция с АПУТП; 2) интеграция с системами поддержки жизненного цикла изделия; 3) реализация в САПР ТП процедур накопления и обобщения информации (опыта проектирования). Последнее мероприятие предполагает реализацию процедур накопления и обобщения опыта применения критериев (1) и обобщения и накопления опыта проектирования (2). Наиболее интересны для рассмотрения

процедуры обобщения (ОБ) и накопления (Н) опыта, состоящие в том, что каждое технологическое решение (TR_i) запоминается с соответствующим множеством признаков детали (MP_k), включающих множество структур $\{S_{jk}\}$ и параметров $\{P_{jk}\}$ детали, и множества организационно-производственных признаков $ОРП_k$, определяющих организационные и производственные условия выполнения ТП, ЦФ, оборудование, инструмент, оснастку:

$$TR_i \leftrightarrow \langle \{ \{S_i\}, \{P_i\}, ОРП_k \} \rangle, \quad (1)$$

$$MP_k = \langle \{ \{S_i\}, \{P_i\}, ОРП_k \} \rangle. \quad (2)$$

Для каждого вида решения TR_i накапливаются множества $\{MP_k\}$, обобщением которых получается технологический образ O . Выявляется интервал технологических решений, ΔTR_i , соответствующий одному и тому же образу. TR_i^n , проверенные в ТП, должны отвечать нижеперечисленным условиям:

$$TR_i^n \leftrightarrow \langle \{ S_i^n \in \{ \cup S_i \}, \{ P_j^n \} \in \{ \Delta P_j \}, \{ ОРП^n \} \in \{ \Delta ОРП \} \} \rangle. \quad (3)$$

В этом случае решение считается достоверным. Технологический образ получается обобщением опыта:

$$TR_i^{\Pi} \times TR_i \times \{MP_K\} \rightarrow O_i, \quad (4)$$

и характеризуется определенными интервалами допустимых значений $\{\Delta MP\}$ и $\{\Delta OP_j\}$. Образ O_i :

$$O_i = \langle \{S = \{\cup S_i\}, \{\Delta P_j\}, \{\{\Delta OP_j\}_j\} \wedge \{HD\}\} \rangle, \quad (5)$$

где $\{HD\}$ - множество номеров и названий детали, для которых проектировались технологические процессы.

Накопление и обобщение опыта следует производить поэтапно, начиная с минимального состава элементов в множествах MP_K , постепенно расширяя их до полных объемов, строя иерархию образов. Полное MP_K позволяет непосредственно выбирать TR_i любого уровня. Частным случаем накопления и обобщения является их межуровневая процедура:

$$TR_i^j \leftrightarrow \{TR_i^{j-1}, MK'_k\}; \quad (6)$$

$$TR_i^j \times TR_i^{\Pi} \times MP'_K \times TR_i^{j-1} \rightarrow O_i^j; \quad (7)$$

$$O_i^j = \{TR_i^{j-1}, MP'_K\} \quad (8)$$

где j - номер уровня, MP'_K - подмножество множества MP_K , необходимое для синтеза TR_i^j на основе решения предыдущего уровня TR_i^{j-1} .

Процедуры Н и ОБ решений строятся по уровням, каждому соответствует образ O . На первом уровне накапливается и обобщается информация по методам получения заготовок МЗ, маршрутам обработки МОП и этапам Э изготовления детали. Для методов получения заготовки (3), признаками MP_{1k}^1 , однозначно определяющими ее выбор, являются:

$$Z_i \leftrightarrow \langle \{TD_i, S_i, \{PK_{ji}\}, N, MD, T, \{ORP_j\}, \{CF}, \{HD\}_k \} \rangle = MP_{1B}^1 \quad (9)$$

где Z_i - i -й метод получения заготовок; TD_i - тип детали; S_i - граф связей поверхностей, определяющий контур заготовки, $\{PK_{ji}\}$ - его размерные параметры; N - годовая программа выпуска; MD - материал детали, m - масса; HD - номер детали; CF - целевая функция. Процедура формирования образа:

$$\{Z_i\} \times \{MP_{1B}^1\} \rightarrow \{O_{1i}^1\}, \quad (10)$$

$$O_{1i}^1 = \langle \{ \{TD_i\}, \{S_i\}, \{\Delta PK_{ji}\}, \Delta N, \{MD\}, m, \{ORP_j\}, \{HD\}, \{CF\} \}_i \rangle. \quad (11)$$

Маршрут обработки поверхностей определяется параметрами MP_{2m}^1 .

$$MO_{1i} \leftrightarrow \langle \{ VP_m, Z_i, СПЗ_i, \{PP_j\}_m, S_m, \{TR_j\}_m, ШП_m, MD, N, ФМ_m, \{ORP_i\}, \{HD\} \} \rangle = MP_{2m}^1, \quad (12)$$

где VP_m - вид поверхности; $СПЗ_i$ - системные параметры заготовки, включающие размерные связи между ее поверхностями и точность размеров; $\{PP_j\}_m$ - множество размеров поверхностей; S_m - связи поверхностей с другими; $\{TR_j\}_m$, $ШП_m$ - множества, определяющие параметры точности размера и взаимного расположения; $ФМ$ - физико-механические свойства поверхности.

$$\{MO_{1i}\}^{\Pi} \times \{MO_{1i}\} \times \{MP_{2m}^1\} \rightarrow \{O_{2i}^1\}, \quad (13)$$

$$O_{2i}^1 = \langle \{ VP_m, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, S = \cup S_m, \{\Delta TT_j\}, \{PP_j\}_m, ФМ_m, \{\Delta ШП_j\}, \Delta N, \{MD\}, \{OP_j\} \} \rangle \quad (14)$$

Практической проверке подлежат точность и шероховатость обработанной поверхности. Этапы обработки \mathcal{E}_k определяются следующими признаками MP_{1k}^3 :

$$\mathcal{E}_k \leftrightarrow \langle \{ TD_k, Z_i, СПЗ_i, \{PP_{jm}\}, S_d, \{OP_j\}, ЦФ, MD, \{ФМ_m\}, N, \{TR_{jm}\}, \{ШП_m\}_k \} \rangle. \quad (15)$$

Процедура обобщения-создания образа:

$$\{\mathcal{E}_k\}^{\Pi} \times \{\mathcal{E}_k\} \times \{MP_{1k}^3\} \rightarrow \{O_{3k}^1\}. \quad (16)$$

Образ O_{3k}^1 :

$$O_{3k}^1 = \langle \{ \{TD_k\}, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, \{\Delta PP_{jm}\}, S_d^B, \{MD\}, \{ФМ_m\}, \{\Delta N\}, \{OP_j\}, \{\Delta TT_{jm}\}, \{\Delta ШП_{jm}\}, \{HD\} \} \rangle, \quad (17)$$

где S_d^B - размерные связи технологических баз детали. Маршрут обработки детали определяется признаками MP_{1i}^2 :

$$M_i \leftrightarrow \langle \{ \{TD_i\}, S_d^B, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, MD, \{ФМ_m\}, \{N\}, \{OP_j\}, \{TR_{jm}\}, \{ШП_{jm}\}, \{OR\} \} \rangle = MP_{1i}^2, \quad (18)$$

где $\{OR\}$ - множество определяющих размеров детали (длина, ширина, высота, приведенный диаметр и т.д.) - граф общих размеров детали.

$$\{M_i\}^{\text{II}} \times \{M_i\} \times \{MP_1^2\} \rightarrow \{O_{ii}^2\}, \quad (19)$$

$$O_{ii}^2 = \{ \langle \{T D_i, S = \cup S_{D_i}, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, \{НД\}, \{ΔN\}, \{ΔTR_{jm}\}, \{ΔШП_{jm}\}, \{МД\}, \{ΔOP\}, \{ФМ_m\}, \{OP_j\}, \{ЦФ\} \rangle \} \} \quad (20)$$

Операционная технология определяется признаками MP_{li}^3 :

$$OP_i \leftrightarrow \langle \{ T D_i, S_{D_i}, Z_i, СПЗ_i, \{OP_j\}, \{TR_{jm}\}, \{ШП_{jm}\}, МД, \{ФМ_m\}, ЦФ, \{OP\} = MP_{li}^3 \rangle, \quad (21)$$

где S_{D_i} - размерные связи поверхностей детали. Процедура получения образа:

$$\{OP_i\}^{\text{II}} \times \{OP_i\} \times MP_{li}^3 \rightarrow O_{ii}^3. \quad (22)$$

$$O_{ii}^3 = \{ \langle \{ T D_i, S = \cup S_{D_i}, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, \{ΔШП_{jm}\}, \{МД\}, \{ФМ_m\}, \{ΔN\}, \{OP_i\}, \{ΔTR_{jm}\}, \{OP\}, \{ЦФ\}, \{НД\} \rangle \} \} \quad (23)$$

Параметры режимов резания определяются признаками MP_{li}^4 :

$$RP_i \leftrightarrow \langle \{ ВП_i, Z_i, СПЗ_i, \{РП_j\}, \{TR_j\}, ШП_i, \{OP_j\}, НД, ФМ, МД \rangle = MP_{li}^4, \quad (24)$$

$$\{RP_i\}^{\text{II}} \times \{RP_i\} \times \{M_i^4\} \rightarrow \{O_i^4\}; \quad (25)$$

$$O_i^4 = \{ \langle \{ ВП_i, Z_i, СПЗ_i, \{ΔРП_j\}, \{ΔТГ_j\}, ΔШП_i, \{OP_j\}, НД, ФМ, МД \rangle \} \} \quad (26)$$

Управляющие программы определяются признаками MP_{li}^4 :

$$UP_i \leftrightarrow \langle \{ T D_i, S_{D_i}^{\text{II}}, S_{D_i}', \{OP_j\}, \{TR_{jm}\}, \{ШП_m\}, МД, \{ФМ_m\}, S_{B_i}, \{РП_i\} \rangle = MP_{li}^4, \quad (27)$$

где $S_{D_i}^{\text{II}}$ - размерные связи детали, соответствующие состоянию после обработки; S_{D_i}' - те же самые, но до обработки; S_{B_i} - временная структура выполнения переходов в ОП. Для быстрого поиска программ с целью их корректировки достаточно ТД i , $S_{D_i}^{\text{II}}$, S_{D_i}' . Обобщение опыта (корректировка УП) выполняется по результатам их отработки в ТП:

$$\{UP_i\}^{\text{II}} \times \{UP_i\} \times \{M_i^4\} \rightarrow \{O_i^4\}; \quad (28)$$

$$O_i^4 = \{ \langle \{ T D_i, S_{D_i}', S_{D_i}^{\text{II}}, \{НД\} \rangle \} \} \quad (29)$$

Добавляя оставшиеся неучтенными признаками, можно получать соответствующие подмножества образа O_i^4 . На этом уровне следует выполнять ОБ данных по фактическим затратам времени на выполнении операции в двух направлениях.

Первое: определение, сравнение и корректировка времени на выполнение конкретной операции в целом:

$$T_{шткi}^P \times \{T_{шткi}^Ф\} \rightarrow T_{штк}^Y, \quad (30)$$

где $T_{шткi}$ - штучно-калькуляционное время выполнения i -й операции конкретной детали; индекс p, ϕ, y - расчетное, фактическое, уточненное значение.

Второе: анализ затрат времени и их уточнение на выполнение множества элементов различных операций, характеризуемых параметрами:

$$\{Z_j\}: \{T_{шткi}^P\} \times \{T_{шткi}^Ф\} \times \{Z_i\} \rightarrow t_j^Y, \quad (31)$$

где t_j^Y - множество уточненных составляющих штучно-калькуляционного времени, соответствующих множеству элементов операций Z_j . На основе образов обеспечивается проектирование по методу типизации на всех уровнях, вплоть до полных аналогов.

Указанные процедуры можно реализовать с использованием семантической технологии проектирования интеллектуальных систем [Голенков и др., 2011 и др.].

Модель накопления и обобщения информации в базах знаний приведена на рисунке 1.

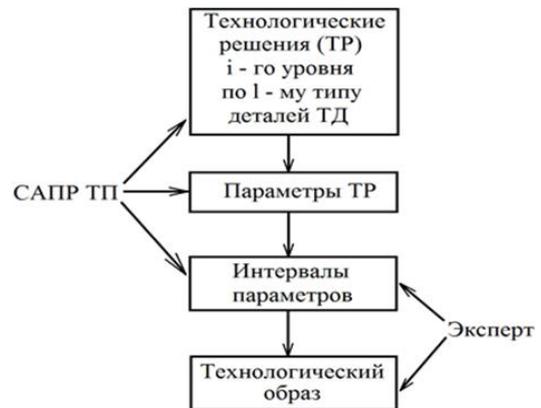


Рисунок 1 - Модель накопления и обобщения информации

Запоминаются технологическое решение (информационная модель ТП i -го уровня) и перечисленные выше определяющие его признаки (параметры). Решения группируются по конструктивно-технологически сходным деталям, определяются и оцениваются интервалы признаков. Решение и интервалы признаков (параметров) заносятся в базу знаний, в дальнейшем технологическое решение любого уровня выбирается сравнением значений признаков детали с интервалами значений признаков в базе знаний.

САПР ТП выполняет накопление и определение интервалов параметров, оценка и обобщение осуществляется с участием экспертов.

Заключение

Представленная модель накопления и обобщения информации позволяет построить САПР ТП с элементами ИИ, которая позволит сократить время ТПП. Обобщение и накопление знаний выполняются при активном участии экспертов и с учетом результатов обработки ТПр в ТП. Реализация предлагаемой САПР ТП с РБЗ может осуществляться в программной среде известных отечественных САПР ТП.

Библиографический список

[Бурдо и др., 2009] Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Повышение эффективности управления технологическими подразделениями в условиях единичного и мелкосерийного производств./ Г.Б. Бурдо, Б.В. Палюх // Вестник Донского ГТУ, 2009, т.9, №4, с.659-666.

[Бурдо и др., 2010] Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Рагозин Программные средства имитационного моделирования размерной структуры технологических процессов./ Г.Б. Бурдо, Б.В. Палюх, Г.И. Рагозин // Программные продукты и системы.- 2010.-№1(89).-С.82 - 85.

[Бурдо и др., 2013] Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Испирян Н.В., Исаев А.А., Бурдо В.Г. Автоматизация технологической подготовки многономенклатурного производства./ Г.Б. Бурдо, Б.В. Палюх, Н.В. Испирян, А.А. Исаев, В.Г. Бурдо // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел и деталей технологического и энергетического оборудования: межвузовский сборник науч. тр./ Тверской гос. техн. ун-т.-Тверь, 2013.-Выпуск 6.-С.106-110.

[Евгеньев, 2001] Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний: учеб. пособие для вузов / Г.Б. Евгеньев - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 376 с.

[Яблочников, 2009] Яблочников Е.И. Организация единого информационного пространства технической подготовки производства с использованием PDM SmarTeam/ Е.И. Яблочников //Информационные технологии в проектировании и производстве.- 2009.-№3.- С. 22-29.

[Обухов и др., 2002] Обухов Е.И., Гайфуллин Б.Н. Автоматизация систем управления предприятиями стандарта ERP-MRP -11./ Е.И. Обухов, Б.Н. Гайфуллин -Интерфейс-Пресс, 2002.-286 с.

[Кондаков, 2007] Кондаков А.И. САПР технологических процессов/ А.И. Кондаков - М.: Издательский центр "Академия", 2007.-272с.

[Голенков и др., 2011] Голенков В.В., Гулякина Н.А. Принципы построения массовой семантической технологии компонентного проектирования интеллектуальных систем / В.В. Голенков, Н.А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2011): мат. Междунар. научн.-техн. конф. – Минск: БГУИР, 2011. – С. 21-58.

METHODOLOGICAL BASES OF CONSTRUCTION CAD TP WITH DEVELOPING THE KNOWLEDGE BASE

Burdo G.B., Palyukh B.V., Vorobyeva E.V.

*Tver State Technical University (TvSTU),
Tver, Russia*

gbtms@yandex.ru

pboris@tstu.tver.ru

evgeniya.vor813@gmail.com

This article considers the problem of constructing a system of computer-aided design process (CAD TP) developing knowledge base (DKB). Analyzed existing industrial automation management system process. Spotted and the necessity of CAD TP with the DKB. The principles of CAD TP with the DKB. The possibility of using semantic networks for the development of knowledge bases.

Key words: computer-aided design process, developing the knowledge base, technological preparation of production, accumulation model and summarizing information, semantic networks.

Introduction

Most modern engineering enterprises characterized by diversified manufactured products, frequently changing kinds of products while reducing the time for technological training (TTP) production. Today there is a realization active elements of artificial intelligence (AI) in CAD TP [Burdo et al., 2009; Burdo et al., 2010; Burdo et al., 2013; Evgenev, 2001;] to significantly reduce the duration of the TTP, but one of the directions of development of CAD TP is not enough.

Main Part

The principles of CAD TP developing knowledge base, developed procedures for the accumulation and synthesis of experience in the design process in CAD TP. The accumulation of experience design (solutions - technology) and intervals of attributes (parameters) and details of organizational and technological conditions for which designed technology, automatically accumulate CAD TP. With the participation of experts receive technological image (assessment and consolidation of decisions), recorded in the knowledge base. Technology image includes both the structure and parameters details (attributes details) and the parameters of organizational and technological conditions for implementation technologies (organizational and technological features). In the future, the technological solution of any level is selected by comparing the values of attributes parts at intervals of values of corresponding image features of technological knowledge base. CAD TP performs accumulation intervals and definition of parameters, evaluation and synthesis is carried out with the participation of experts.

Conclusion

The presented model of accumulation and synthesis of information allows one to construct CAD TP with elements of AI, which will reduce the time of TTP. Synthesis and accumulation of knowledge carried out with the active participation of experts and taking into account the mining TPD in TP. Implementation of the proposed CAD TP with DKB could take place in a software environment known domestic CAD TP.