

МОДЕЛИ САПР ТП С ЭЛЕМЕНТАМИ ОБУЧЕНИЯ

Бурдо Г.Б., Испирян Н.В., Испирян С.Р., Мединцев С.В.
Тверской государственной технической университет, Тверь

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, искусственный интеллект, технологический процесс, механическая обработка.

Аннотация. Рассмотрены вопросы создания системы автоматизированного проектирования технологического процесса (САПР ТП) с элементами обучения (ЭО). Обоснована целесообразность построения САПР ТП с ЭО. Приведены принципы построения системы проектирования с элементами обучения. Предложена модель накопления и обобщения информации в САПР ТП с ЭО.

MODELS OF PROCESS CAD WITH TRAINING ELEMENTS

Burdo G.B., Ispiryay N.V., Ispiryay S.R., Medintsev S.V.
Tver State Technical University, Tver

Keywords: computer-aided design system, artificial intelligence, technological process, mechanical processing.

Abstract. The issues of creating computer-aided design technological process system (CAD TP) with training elements are considered. The expediency of construction a CAD TP with training elements is substantiated. The principles of creation design system with training elements are given. A model of accumulation and generalization of information in CAD TP with training elements is proposed.

Введение

Большинство современных машиностроительных предприятий характеризуется многономенклатурностью выпускаемых изделий, частой сменой видов изделий при одновременном уменьшении времени на технологическую подготовку производства (ТПП).

Сегодня активно происходит реализация элементов искусственного интеллекта (ИИ) в САПР ТП [1-7], позволяющих значительно сократить длительность ТПП, однако одного этого направления развития САПР ТП явно недостаточно.

Основы построения САПР ТП с ЭО

На основе анализа [1-9] были уточнены принципы, полагаемые в основу создания САПР ТП с элементами обучения:

- информационная и временная интеграция с АПУТП;
- интеграция с системами поддержки жизненного цикла изделия;
- реализация в САПР ТП процедур накопления и обобщения информации (опыта проектирования).

Последнее мероприятие предполагает реализацию процедур накопления [9] и обобщения опыта применения критериев [1] и обобщения и накопления опыта проектирования [2].

Наиболее интересны процедуры обобщения (ОБ) и накопления (Н) опыта проектирования, которые состоят в том, что каждое технологическое решение

(TP_i) запоминается с соответствующим множеством признаков детали ($МП_K$), включающих множество структур $\{S_{lk}\}$ и параметров $\{P_{jk}\}$ детали, и множества организационно-производственных признаков $ОРП_k$, определяющих организационные и производственные условия выполнения ТПр, ЦФ, оборудование, инструмент, оснастку:

$$TP_i \leftrightarrow \langle \{ \{S_i\}, \{P_i\}, ОРП \}_k \rangle, МК_k = \langle \{ \{S_i\}, \{P_i\}, ОРП \}_k \rangle.$$

Для каждого вида решения TP_i накапливаются множества $\{МК_k\}$, обобщением которых получается технологический образ O . Выявляется интервал технологических решений, ΔTP_i , соответствующий одному и тому же образу. TP_i^II , проверенные в ТП, должны:

$$TP_i^II \leftrightarrow \langle \{S_i^II \in \{\cup S_l\}; \{P_j^II\} \in \{\Delta P_j\}; \{ОРП^II\} \in \{\Delta ОРП\} \rangle,$$

в этом случае решение считается достоверным. Технологический образ получается обобщением опыта: $TP_i^II \times TP_i \times \{МП_K\} \rightarrow O_i$, и характеризуется определенными интервалами допустимых значений $\{\Delta МП\}$ и $\{\Delta ОРП_j\}$. Образ O_i :

$$O_i = \langle \{S = \{\cup S_l\}, \{\Delta P_j\}, \{\{\Delta ОРП_j\}_i\} \wedge \{НД\} \rangle,$$

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

Накопление и обобщение опыта следует производить поэтапно, начиная с минимального состава элементов в множествах $МП_K$, постепенно расширяя их до полных объемов, строя иерархию образов. Полное $МП_K$ позволяет непосредственно выбирать TP_i любого уровня.

Частным случаем накопления и обобщения является их межуровневая процедура:

$$TP_i^j \leftrightarrow \{TP_i^{j-1}, МК'_k\}; TP_i^j \times TP_i^{jII} \times МП'_K \times TP_i^{j-1} \rightarrow O_i^j; O_i^j = \{TP_i^{j-1}, МП'_K\},$$

где j – номер уровня, $МП'_K$ – подмножество множества $МП_K$, необходимое для синтеза TP_i^j на основе решения предыдущего уровня TP_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 \mathcal{E} изготовления детали.

Для методов получения заготовки (3), признаками $МП_1^1$, однозначно определяющими ее выбор, являются:

$$Z_i \leftrightarrow \langle \{TД_l, S_l\{PK_{ji}\}, N, МД, m, \{ОРП_j\}, ЦФ, НД\}_K \rangle = МП_{1B}^1,$$

где Z_i – i -й метод получения заготовок; $TД_l$ – тип детали; S_l – граф связей поверхностей, определяющий контур заготовки, $\{PK_{jl}\}$ – его размерные параметры; N – годовая программа выпуска; $МД$ – материал детали, m – масса; $НД$ – номер детали; $ЦФ$ – целевая функция. Процедура формирования образа:

$$\{Z_i\} \times \{МП_{1B}^1\} \rightarrow \{O_{1i}^1\};$$

$$O_{1i}^1 = \langle \{ \{TD_l\}, \{S_l\}, \{\Delta PK_{jl}\}, \Delta N, \{MD\}, m, \{ORP_j\}, \{HD\}, \{CF\} \} \rangle.$$

Маршрут обработки поверхностей определяется параметрами $МП_2^1$.

$$МОП_i \leftrightarrow \langle \{ВП_m, Z_i, СПЗ_i, \{РП_j\}_m, S_m, \{ТР_j\}_m, ШП_m, MD, N, ФМ_m, \{ORP_i\}, \{HD\} \} \rangle = МП_{2m}^1,$$

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

$$\{МОП_i\}^П \times \{МОП_i\} \times \{МП_{2m}^1\} \rightarrow \{O_{2i}^1\};$$

$$O_{2i}^1 = \langle \{ \{ВП_m, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, S = \cup S_m, \{\Delta ТР_j\}, \{РП_j\}_m, ФМ_m, \{\Delta ШР_j\}, \Delta N, \{MD\}, \{OP_j\} \} \} \rangle.$$

Практической проверке подлежат точность и шероховатость обработанной поверхности.

Этапы обработки \mathcal{E}_K определяются следующими признаками $МП_{1K}^3$:

$$\mathcal{E}_K \leftrightarrow \langle \{TD_l, Z_i, СПЗ_i, \{РП_{jm}\}, S_D, \{OP_j\}, CF, MD, \{ФМ_m\}, N, \{ТР_{jm}\}, \{ШП_m\}_k \} \rangle.$$

Процедура обобщения-создания образа:

$$\{ \mathcal{E}_K \}^П \times \{ \mathcal{E}_K \} \times \{ МП_{1K}^3 \} \rightarrow \{ O_{3K}^1 \},$$

а образ O_{3K}^1 :

$$O_{3K}^1 = \langle \{ \{TD_l\}, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, \{\Delta РП_{jm}\} S_D^B, \{MD\}, \{ФМ_m\}, \{\Delta N\}, \{OP_j\}, \{\Delta ТР_{jm}\}, \{\Delta ШП_{jm}\}, \{HD\} \} \rangle,$$

где S_D^B – размерные связи технологических баз детали.

Маршрут обработки детали определяется признаками $МП_{1i}^2$:

$$M_i \leftrightarrow \langle \left\{ \begin{array}{l} \{TD_l\}, S_D^B, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, MD, \{ФМ_m\}, \\ \{N\}, \{OP_j\}, \{ТР_{jm}\}, \{ШП_{jm}\}, \{OR\} \end{array} \right\} \rangle = МП_{1i}^2,$$

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

$$\{M_i\}^П \times \{M_i\} \times \{МП_{1i}^2\} \rightarrow \{O_{1i}^2\};$$

$$O_{1i}^2 = \left\{ \left\langle \begin{array}{l} \{TD_l\}, S = \cup S_D^B, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, \{HD\}, \{\Delta N\}, \{\Delta ТР_{jm}\}, \\ \{\Delta ШП_{jm}\}, \{MD\}, \{\Delta OR\}, \{ФМ_m\}, \{OP_j\}, \{CF\} \end{array} \right\rangle \right\}$$

Операционная технология определяется признаками $МП_{1i}^3$:

$$OP_i \leftrightarrow \langle \left\{ \begin{array}{l} TD_l, S_D, Z_i, СПЗ_i, \{OP_j\}, \{ТР_{jm}\}, \\ \{ШР_{jm}\}, MD, \{ФМ_m\}, CF, \{OR\} \end{array} \right\} \rangle = МП_{1i}^3,$$

где S_D – размерные связи поверхностей детали.

Процедура получения образа:

$$\{OP_i\}^П \times \{OP_i\} \times МП_{1i}^3 \rightarrow O_{1i}^3.$$

$$O_{1i}^3 = \langle \{ \{TD_l\}, S = \cup S_D, \{Z_i\}, \{СПЗ_i\}, \{\Delta ШР_{jm}\}, \{MD\}, \{ФМ_m\}, \{\Delta N\}, \{OP_i\}, \{\Delta ТР_{jm}\}, \{OR\}, \{CF\}, \{HD\} \} \rangle.$$

Параметры режимов резания определяются признаками $МП_{li}^4$:

$$PP_i \leftrightarrow \langle \{BP_i, Z_i, СПЗ_i, \{RP_j\}_i, \{TP_j\}_i, ШП_i, \{OP_j\}_i, HD, ФМ, MD \} \rangle = МП_{li}^4;$$

$$\{PP_i\}^П \times \{PP_i\} \times \{M_1^4\} \rightarrow \{O_1^4\};$$

$$O_{li}^4 = \langle \{ BP_i, Z_i, СПЗ_i, \{\Delta RP_j\}_i, \{\Delta TP_j\}_i, \Delta ШП_i, \{OP_j\}_i, HD, ФМ, MD \} \rangle.$$

Управляющие программы определяются признаками $МП_2^4$.

$$УП_i \leftrightarrow \langle \left\{ \begin{array}{l} TД_l, S_D^П, S'_D, \{OP_j\}, \{TP_{jm}\}, \\ \{ШР_m\}, MD, \{ФМ_m\}, S_B, \{PP_i\} \end{array} \right\} \rangle = МП_{2i}^4,$$

где $S_D^П$ – размерные связи детали, соответствующие состоянию после обработки; S'_D – те же самые, но до обработки; S_B – временная структура выполнения переходов в ОП. Для быстрого поиска программ с целью их корректировки достаточно $TД_l, S_D^П, S'_D$.

Обобщение опыта (корректировка УП) выполняется по результатам их обработки в ТП:

$$\{УП_i\}^П \times \{УП_i\} \times \{M_2^4\} \rightarrow \{O_2^4\};$$

$$O_2^4 = \langle \{TД_l, S'_D, S_D^П, \{HD\}\} \rangle.$$

Добавляя оставшиеся неучтенными признаками, можно получать соответствующие подмножества образа O_2^4 .

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:

$$T_{ШТК_i}^P \times \{T_{ШТК_i}^\Phi\} \rightarrow T_{ШТК}^Y,$$

где $T_{ШТК_i}$ – 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:

$$\{Z_j\}: \{T_{ШТК_i}^P\} \times \{T_{ШТК_i}^\Phi\} \times \{Z_i\} \rightarrow t_j^Y,$$

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.

Модель накопления и обобщения информации в САПР ТП приведена на рисунке 1. Запоминаются технологическое решение (информационная модель ТПр i -го уровня) и перечисленные выше определяющие его признаки (параметры). Решения группируются по конструктивно-технологически сходным деталям, определяются и оцениваются интервалы признаков

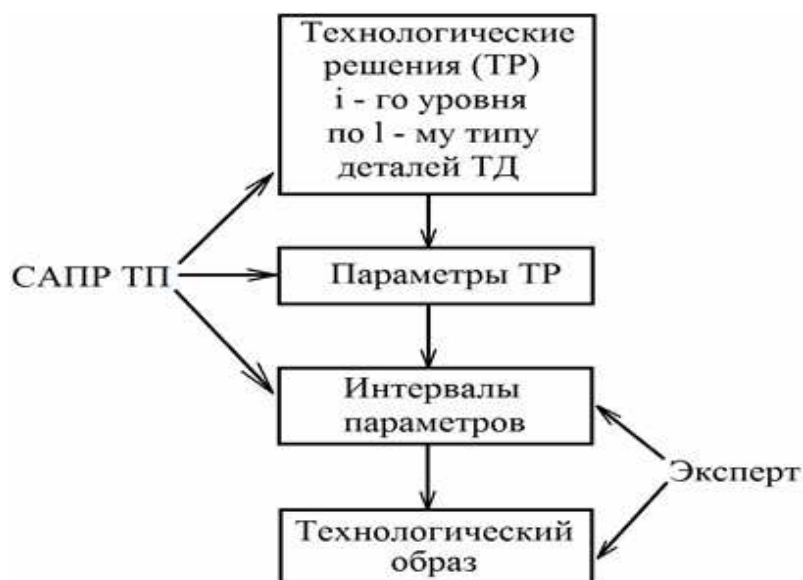


Рис. 1. Модель накопления и обобщения информации

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 ЭО может осуществляться в программной среде известных отечественных САПР ТП. Использование данной САПР ТП позволяет предприятию добиться успеха на рынке и получить преимущество перед конкурентами-производителями при сокращении сроков ТПП, снижении трудоемкости производства на стадии его подготовки.

Список литературы

1. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В. Повышение эффективности управления технологическими подразделениями в условиях единичного и мелкосерийного производств // Вестник Донского ГТУ. – 2009. – Т. 9, №4. – С. 659-666.
2. Бурдо Г.Б., Палюх Б.В., Испирян Н.В., Исаев А.А., Бурдо В.Г. Автоматизация технологической подготовки многономенклатурного производства // Механика и физика процессов на поверхности и в контакте твердых тел и деталей технологического и энергетического оборудования: межвузовский сборник науч. тр. – Тверь: Тверской гос. техн. ун-т, 2013. – Вып. 6. – С. 106-110.
3. Евгеньев Г.Б. Системология инженерных знаний: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 376 с.
4. Поздеев Б.М. Управление знаниями и интеллектуальная поддержка принятия решений этапах проектирования и производства машиностроительных изделий // Труды IX-й национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ. – М.: Физматлит, 2004. – Т. 3. – С. 1039-1050.

5. Яблочников Е.И. Организация единого информационного пространства технической подготовки производства с использованием PDM SmarTeam // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2009. – №3. – С. 22-29.
6. Кондаков, А.И. САПР технологических процессов. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 272 с.
7. Корсаков В.С., Капустин Н.М., Темпельхов К.Х. Автоматизация проектирования технологических процессов в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1986. – 204 с.
8. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.

Сведения об авторах:

Бурдо Георгий Борисович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой;

Истриян Нина Васильевна – старший преподаватель;

Истриян Светлана Рафаиловна – к.т.н., доцент, доцент;

Мединцев Станислав Викторович – к.т.н., старший преподаватель.