

УДК 621.01

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-109

А.А. Лаптев¹, С.Д. Третьяков²

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ДЕТАЛИ-АНАЛОГА В САПР ТП



¹Лаптев Александр Александрович,
Национальный исследовательский университет ИТМО
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: 8 (999)227-1124, E-mail: laptevv.aleksandr@rambler.ru.



²Третьяков Сергей Дмитриевич,
Национальный исследовательский университет ИТМО
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: 8 (921)754-0548, E-mail: tretiakov@itmo.ru.

Аннотация

В работе рассмотрены вопросы проектирования технологических процессов в современных системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). Были выявлены недостатки в применении имеющихся методов в производстве широкого спектра изготавливаемых продуктов использующих современные САПР ТП. Был проведен анализ информационной системы поиска технологического назначения и были предложены способы по ее улучшению и повышению эффективности этапа технологической подготовки производства.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования технологических процессов, автоматизация, информационно-поисковая система технологического назначения, технологическая подготовка производства.

Введение

Целью доклада является выявления недостатков информационно-поисковых систем технологического назначения (ИПС ТН) в САПР ТП и

предложение новых способов по повышению эффективности технологической подготовки производства.

Для достижения данной цели рассмотрим структуру современных САПР ТП, которая представлена на рис. 1 согласно [1,2]



Рис. 1. Структура САПР ТП

Как видно из рис. 1, САПР ТП состоит из подсистем общего и специального назначения. В подсистеме общего назначения имеется автоматизированная информационно-поисковая система технологического назначения (АИПС ТН), структура и рекомендации по проектированию которой описаны в Р 50-54-88-88.

Согласно данному стандарту АИПС ТН отвечает на такие вопросы как применимости детали в сборочных единицах, наличие деталей-прототипов, наличие процессов-прототипов. Для реализации данных задач в существующих системах используются иерархическая, сетевая, реляционная и смешанная структура баз данных, общий вид которых представлен на рис. 2 согласно [3, 4, 5, 6].

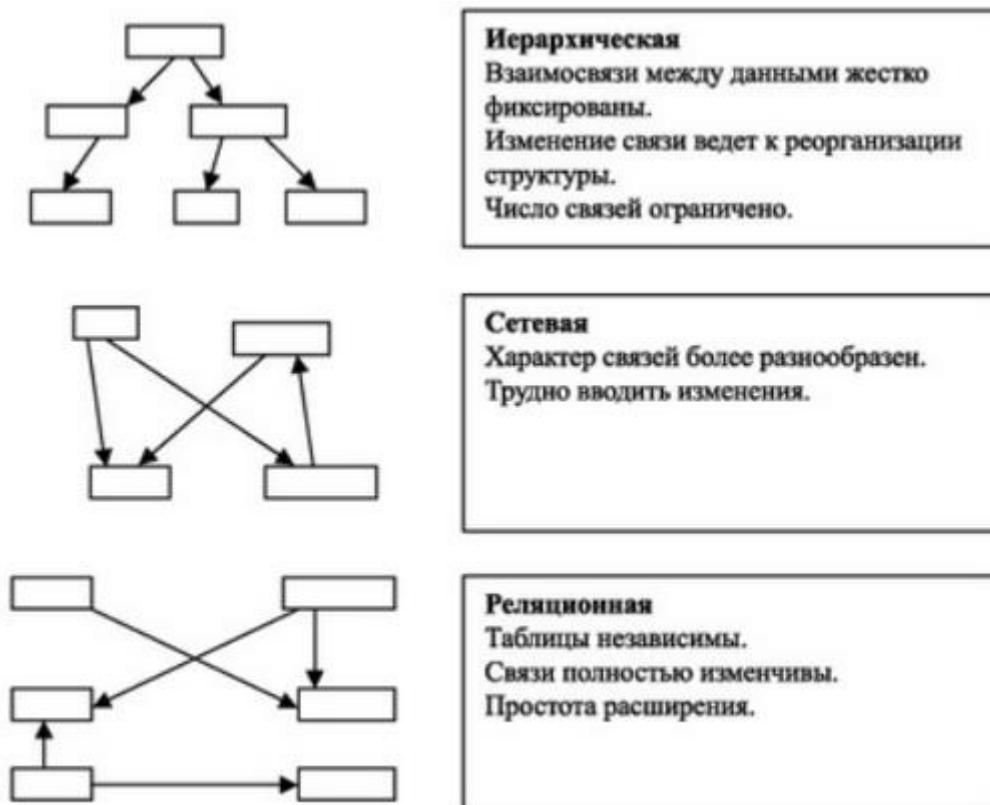


Рис. 2. Виды баз данных в САПР ТП

Для задачи «применяемости детали в сборочных единицах» используется иерархическая и сетевая структура базы данных, благодаря данным структурам, можно знать в каких сборках и подборках используется деталь.

АИПС ТН для поиска используется одна из реализованных систем, однако для поиска детали-аналога в существующих системах используется обращение к реляционным базам данных, которые в общем случае выглядят как таблица и определенные ячейки таблицы имеют связи с другими таблицами [7].

Очевидно, что такой поиск требует ввод конкретных атрибутов или диапазон значений, по которым можно будет произвести поиск по таблице.

Согласно схеме, представленной на рис. 3 [8], когда на производство поступает новый заказ, технологу в короткий промежуток времени необходимо предоставить менеджменту и управляющему составу производства сроки выполнения [9,10], себестоимость изготовления. Для выполнения данной задачи рационально применять один из существующих методов проектирования технологических процессов, а после того как будет сформирован технологический процесс, то можно уже рассчитать себестоимость продукции и ее производственный цикл.

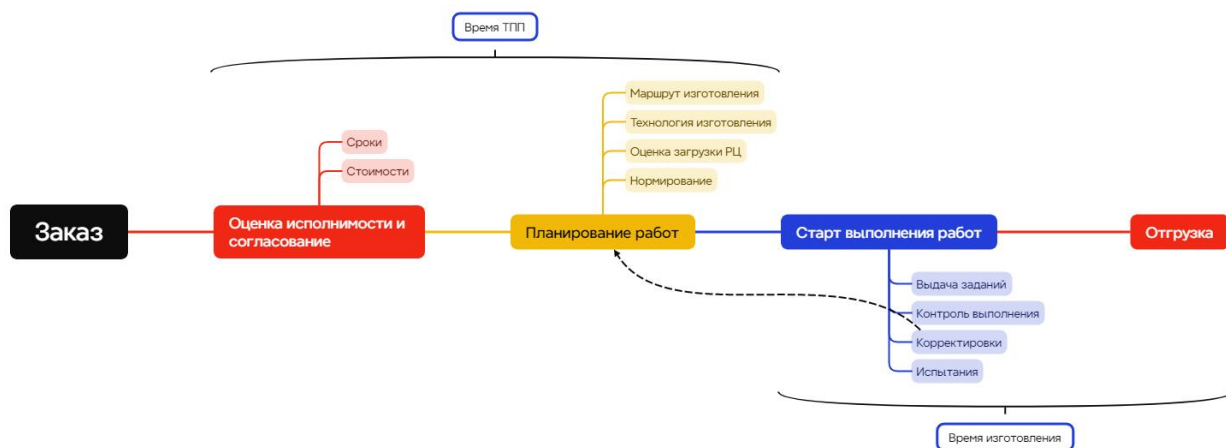


Рис. 3. Схема отработки заказов на производстве

На сегодняшний день существует 4 полностью формализованных и реализованных в САПР ТП метода разработки технологического процесса [11]. Это типовой, групповой, аналоговый и метод индивидуального проектирования технологических процессов. Типовые и групповые технологические процессы базируются на предварительно созданных унифицированных группах по конструкторским или конструкторско-технологическим признакам. Аналоговый процесс или технологических процесс-аналог базируется на технологическом процессе детали-аналога, которая схожа с заказанной по конструкторско-технологическим признакам. Четвертый метод «Индивидуальное проектирование» реализуется только в том случае, когда н возможно применить ни один метод из описанных выше.

Методы

Как было описано в предыдущей главе существуют четыре основных метода проектирования технологических процессов и для того что бы использовать групповой, типовой или аналоговый метод предварительно необходимо найти детали представитель, комплексную или деталь налог в САПР ТП.

На сегодняшний день данный поиск производится за счет «ручного» ввода атрибутов деталей в поисковую систему. Далее производится поиск по уже описанным ранее реакционным базам данных, используются методы схожести наименований, диапазоны массы детали и габаритов, используемый материал и другие. Все это требует от технолога предварительного анализа чертежей или 3D-модели заказной детали, а после проведенного поиска анализ результатов поиска, что является очень трудоемким процессом и в условиях высокой конкуренции не допускаемой тратой времени.

Для сокращения времени этапа технологической подготовки производства, за счет повышения коэффициента точности поиска в АИПС ТН предлагается использовать инструменты и алгоритмы машинного обучения.

Уже давно известно об успешном внедрении инструментов и алгоритмов машинного обучения в такие системы САД и САМ, соответственно можно утверждать, что тенденция к внедрению машинного обучения в САПР ТП скоро станет очень высокой [12, 13].

Для повышения автоматизации в поиске деталей аналогов предлагается проводить анализ 3D-моделей формата .STEP за счет машинного обучения и в дальнейшем производить сравнение между ними для поиска максимально похожей детали.

Для оценки эффективности нового способа поиска деталей аналогов предлагается использовать следующие формулы:

- среднее время обслуживания одного запроса

$$W = \frac{\sum t(ni)}{n},$$

где, $t(ni)$ – время i -ого поискового запроса, n -количество всех поисковых запросов.

- коэффициент точности поиска T

$$T = \frac{R}{L} \cdot 100,$$

где R - число релевантных документов, найденных при поиске по определенному запросу; L - общее число документов, выданных при поиске по определенному запросу.

Так же стоит отметить, что при прохождении каждой 3D-модели через модель машинного обучения ей будут присваиваться определённые синоптические веса (рис. 4) и их можно будет использовать для создания унифицированных групп [14].

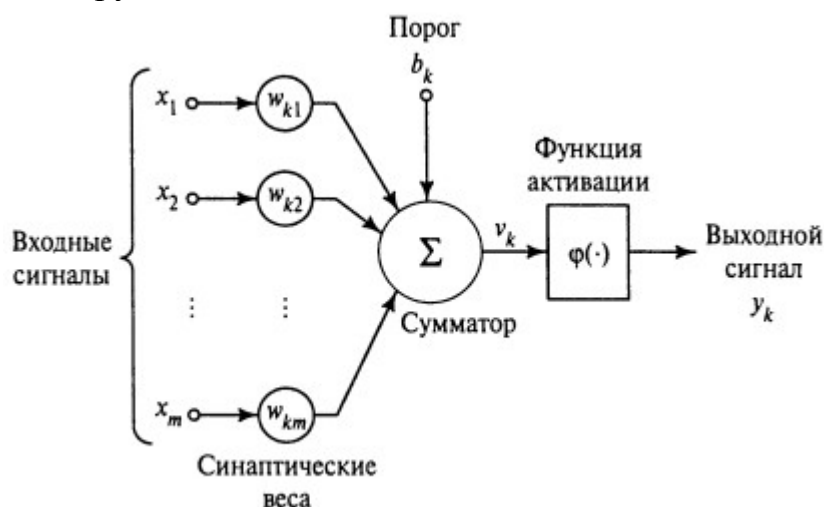


Рис. 4. Схема устройства слоев

Результаты

В результате проведенного исследования был предложен новый способ поиска деталей-аналогов и создание унифицированных групп для групповых и типовых технологических процессов за счет использования инструментов и алгоритмов машинного обучения в САПР ТП.

Так как структура и инструменты поиска существующих САПР ТП близки к PDM и PLM системам, то были получены следующие результаты поиска в базе с количеством деталей больше 10000 штук представленные в таблице 1.

Таблица 1. Частоты

	PDM	PLM	Прогнозируемые результаты
коэффициент точности поиска	0,35-0,4	0,3	0,8-0,9

Обсуждение

Данные результаты позволят использовать инструменты и алгоритмы машинного обучения в САПР ТП, что позволит сократить время этапа технологической подготовки производства, а соответственно и повысить эффективность всего предприятия в целом [15,16].

Заключение

У проведенного исследования в области проектирования технологических процессов в современных САПР ТП были обнаружены значительные недостатки в применении существующих методов, применяемых при производстве разнообразной продукции. Анализ АИПС ТН позволил выявить узкие места и неоптимальные аспекты, на основе которых были предложены конкретные способы улучшения с целью повышения эффективности этапа ТПП [17].

Результаты исследования подтверждают необходимость дальнейшего совершенствования АИПС ТН в рамках САПР ТП и то, что внедрение инструментов и алгоритмов машинного обучения к проектированию технологических процессов в САПР ТП может существенно сократить время подготовки производства и повысить качество изготавливаемой продукции.

Стоит отметить, что перспективы применения инструментов и алгоритмов машинного обучения расширяются за рамки поиска аналогов деталей: их практическое использование может быть направлено на

обнаружение рациональных конструкторских решений, анализ работоспособности предприятия, оперативное планирование и другие аспекты управления производством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Фролова И. Н., Кутилова О. И. Анализ современных систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2010. №1.,
- [2] А. И.КОНДАКОВ САПР технологических процессов. - 3-е изд. - Москва: Издательский центр "Академия", 2014. - 272 с.
- [3] Хыдыров Недир Какамырадович, Чарыев Шагулы Мурадниязович. Модели построения и технологии распределенной обработки баз данных // Science Time. 2016. №4 (28)
- [4] Виды баз данных // corpsoft24 URL: <https://www.corpsoft24.ru/about/blog/vidy-baz-dannykh/> (дата обращения: 25.03.2024)
- [5] Маликов Андрей Валерьевич Управление иерархическими данными в реляционных базах данных // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2016. №2.
- [6] М. А. Голованов Иерархические структуры данных в реляционных БД // RSDN Magazine. - 2020. - №0. - С. 50-62.
- [7] Цукерман Валерий Давидович. Нейродинамическая модель творческого познания реляционных сетей с четным циклическим торможением // Известия вузов. ПНД. 2022. №3.
- [8] Пономаренко М.В., Волков И.А. (науч. рук. Андреев Ю.С.) Совершенствование методов автоматизации технологической подготовки производства приборостроительного производства дискретного типа // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО, [2024].
- [9] Никишечкин П.А., Долгов В.А., Григорьев С.Н. Разработка типовых архитектур цифровых двойников производственно-логистических систем машиностроительных предприятий на разных стадиях их жизненного цикла // Известия вузов. Машиностроение. 2023. №5 (758).
- [10] Spoor, J.M., Weber, J. Evaluation of process planning in manufacturing by a neural network based on an energy definition of hopfield nets. *J Intell Manuf* (2023).
- [11] Антоненкова Т.В. Способ формального проектирования структуры технологических процессов // МНИЖ. 2023. №3 (129).

- [12] Dou, J., Wang, S., Zhang, C. *et al.* A genetic algorithm with path-relinking for operation sequencing in CAPP. *Int J Adv Manuf Technol* **125**, 3667–3690 (2023).
- [13] Pawar, U., Chavan, S.G., Bhole, K.S. *et al.* Computer aided approach for case specific design of fixture for slot milling process. *Int J Interact Des Manuf* (2023)
- [14] Elumalai G, Ramakrishnan R (2021) Development of novel and efficient approach for analyzing and monitoring the movement parameters for javelin athletes based on internet of things. *J Ambient Intell Hum Comput* 12(5):4663–4676
- [15] Wagner, S., Gonnermann, C., Wegmann, M. *et al.* From framework to industrial implementation: the digital twin in process planning. *J Intell Manuf* (2023).
- [16] Shchekin, A.V., Tribushinin, I.N. Analysis of Subject Areas in Preproduction and Shop-Floor Planning. *Russ. Engin. Res.* **41**, 347–352 (2021).
- [17] Liu, M., Meng, M., Shin, J.G. *et al.* Task-centric method for shipyard hoisting process modelling and its application in CAPP. *J Mar Sci Technol* 26, 792–811 (2021).

A.A. Laptev, S.D. Tret'yakov

AUTOMATION OF ANALOG PART SEARCH IN CADRE TP

ITMO University, Russia

Abstract

The article considers design of technological processes in modern systems of automated design of technological processes (CAPP). Shortcomings were identified in the application of available techniques in the production of a wide range of manufactured products using modern CAPP. An analysis of the information system of technological search was carried out and ways to improve it and increase the efficiency of the stage of technological preparation of production were proposed.

Key words: system of automated design of technological processes, automation, information and search system of technological purpose, technological preparation of production.

REFERENCES

- [1] Frolova I. N., Kutilova O. I. Analysis of modern systems of computer-aided design of technological processes (CAD TP) // Works of NGTU them. R. E. Alekseeva. 2010. №1.
- [2] A. I. Kondakov CAD Technological processes. - 3rd edition. - Moscow: Publishing Center "Academy", 2014. - 272 p.
- [3] Khydirov Nedir Kakamyradovich, Chariyev Shaguly Muradniyazovich. Models and technologies of distributed database processing // Science Time. 2016. № 4 (28)
- [4] Types of databases // corpssoft24 URL: <https://ww.corpssoft24.ru/about/blog/vidy-baz-dannykh/> (date of circulation: 25.03.2024)
- [5] Malikov Andrey Valeryevich Hierarchical data management in relational databases // Izvestia universities. North Caucasus region. Series: Technical Sciences. 2016. №2.
- [6] M. A. Golovanov Hierarchical data structures in the relational database // RSDN Magazine. - 2020. - №0. - P. 50-62.
- [7] Zuckerman Valery Davidovich Neurodynamic model of creative cognition of relational networks with even cyclic inhibition // UNIVERSITY NEWS. NPD. 2022. 3.
- [8] Ponomarenko M.V., Volkov I.A. (tutorial. Andreev Y.S.) Improvement of methods of automation of technological preparation of production of instrument-making discrete type // Abstract of reports of the congress of young scientists. Electronic edition. - SPb: ITMO University, [2024]..
- [9] Nikishechkin P.A., Dolgov V.A., Grigoriev S.N. Development of standard architectures of digital duplicates of production and logistics systems of engineering enterprises at different stages of their life cycle// university news. Engineering. 2023. №5 (758).
- [10] Spoor, J.M., Weber, J. Evaluation of process planning in manufacturing by a neural network based on an energy definition of hopfield nets. J Intell Manuf (2023).
- [11] Antonenkova T.V. Method of formal design of the structure of technological processes // MRJ. 2023. №3 (129).
- [12] Dou, J., Wang, S., Zhang, C. et al. A genetic algorithm with path-relinking for operation sequencing in CAPP. Int J Adv Manuf Technol 125, 3667–3690 (2023).
- [13] Pawar, U., Chavan, S.G., Bhole, K.S. et al. Computer aided approach for case specific design of fixture for slot milling process. Int J Interact Des Manuf (2023)
- [14] Elumalai G, Ramakrishnan R (2021) Development of novel and efficient approach for analyzing and monitoring the movement parameters for

- javelin athletes based on internet of things. *J Ambient Intell Hum Comput* 12(5):4663–4676
- [15] Wagner, S., Gonnermann, C., Wegmann, M. *et al.* From framework to industrial implementation: the digital twin in process planning. *J Intell Manuf* (2023).
- [16] Shchekin, A.V., Tribushinin, I.N. Analysis of Subject Areas in Preproduction and Shop-Floor Planning. *Russ. Engin. Res.* **41**, 347–352 (2021).
- [17] Liu, M., Meng, M., Shin, J.G. *et al.* Task-centric method for shipyard hoisting process modelling and its application in CAPP. *J Mar Sci Technol* 26, 792–811 (2021).