

КОНЦЕПЦИЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОТОКОВ РАБОТ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ¹

Н.Н. Войт², С.И. Бригаднов³, М.Е. Уханова⁴,
С.И. Бочков⁵

Концепция повторного использования заключается в частичном или полном использовании проектных решений, выполненных ранее. Концепция повторного использования применяется для сокращения затрат при разработке новых проектных решений на производстве. Для применения концепции повторного использования в данной работе авторами предлагается система поиска схожих проектных решений САПР, имеющихся в библиотеке экземпляров проектных решений.

Введение

В настоящее время во многих проектно-конструкторских подразделениях отечественных предприятий используются технологии производства с использованием автоматизированных систем трехмерного моделирования изделий. Системы автоматизированного проектирования (САПР) стали неотъемлемой частью работы конструкторов и проектировщиков.

Современные производства накопили большой опыт решений определенных проектных задач, которые необходимо систематизировать и сохранять для повторного использования на производстве. При этом возможность повторного использования проектных решений на предприятиях является важной задачей, имеющей большое практическое значение [1, 2, 9].

Данная работа посвящена разработке автоматизированной системе поиска проектных решений, выполненных с использованием программного комплекса САПР КОМПАС-3D, в библиотеке экземпляров проектных решений

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032. Исследования поддержаны грантом Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 2.1615.2017/4.6

² 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, e-mail: n.voit@ulstu.ru

³ 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, e-mail: sergbrig@yandex.ru

⁴ 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, e-mail: mari-u@inbox.ru

⁵ 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, УлГТУ, e-mail: bochkovski@ido.ulstu.ru

на базе онтологической модели предметной области САПР [3]. Основным преимуществом такой системы является возможность эффективного повторного использования проектных решений в процессах конструирования сложных технических изделий при помощи отечественного САД-продукта (Т-Flex, АС-КОН, Галактика, «1С») твердотельного моделирования трехмерных изделий на примере САПР КОМПАС-3D.

Для решения задачи подбора схожих проектных решений авторами разработана система поиска трехмерных моделей, удовлетворяющих поисковому запросу проектировщика.

Метод поиска проектных решений

В основе метода поиска лежит сопоставление запроса проектировщика к библиотеке экземпляров проектных решений с поисковыми образами (моделями шаблонов) проектных решений, в результате чего отбираются релевантные проектные решения САПР.

Метод позволяет на основе онтологической модели проектного решения САПР, параметров и характеристик запроса проектировщика сформировать список схожих проектных решений, имеющих в библиотеке экземпляров проектных решений.

Метод поиска проектных решений заключается в определении подмножества $PrOq$ множества проектных решений $PrO \in O_PrO$, экземпляры проектных решений которого могут быть релевантны пользовательскому запросу Q . Таким образом, множество $PrOq$ рассматривается как объединение списка релевантных проектных решений, имеющих в библиотеке экземпляров.

Авторами разработан алгоритм поиска схожих проектных решений, основные шаги которого описаны ниже.

1. Формирование списка проектных решений САПР O_PrO' , имеющих в библиотеке экземпляров проектных решений.
2. Ввод и обработка запроса проектировщика Q , определение множества ключевых терминов предметной области $\{Ti\}$, которые его интересуют. Из запроса проектировщика Q выделяются ключевые понятия, концепты. По запросу проектировщика строится онтология O_Q , которая описывает поисковый запрос.
3. Формирование первичного множества проектных решений $PrOq = \{O_PrO'\}$, удовлетворяющих запросу проектировщика Q . Сформированное множество не является окончательным и может быть скорректировано на следующем шаге. Таким образом, на данном шаге будем иметь список отобранных экземпляров проектных решений САПР.
4. Выполнение алгоритма ранжирования для первичной выборки экземпляров проектных решений САПР $PrOq$. Результирующий набор $PrOq_res$ будет содержать наиболее релевантные экземпляры проектных решений, упорядоченные в соответствии с предположениями и характеристиками алгоритма HITS [4].

5. Вывод проектировщику результирующей выборки *PrOq_res* на экранную форму. Результат запроса проектировщика отображается в табличном виде или в виде списка найденных схожих проектных решений [5, 6].

Автоматизированная система поиска проектных решений

Система поиска проектных решений позволяет найти те готовые проектные решения, имеющиеся в библиотеке экземпляров проектных решений, которые удовлетворяют условию поиска. Поиск осуществляется по следующим параметрам: класс проектного решения, параметр для поиска, значение параметра и критерий поиска [7, 8].

Основные компоненты системы приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные компоненты системы поиска проектных решений

Компонент системы	Описание
DBObject.cs	Определение структуры коллекций в библиотеке экземпляров проектных решений
DetailsParameter.cs	Определение структуры хранения параметров для каждого класса машиностроительного изделия
Manager.cs	Построение дерева трехмерной модели
Model.cs	Модель проектного решения
Aggregation.cs	Связь между элементами дерева модели
insertInDB	Запись документа в библиотеку экземпляров проектных решений
params_to_file	Запись параметров трехмерной модели проектного решения в файл
search_onclass	Функция поиска проектных решений в библиотеке экземпляров в соответствии с пользовательскими условиями запроса
InsertInFileStore	Запись в файловое хранилище трехмерной модели проектного решения
ProcessList	Вывод результата поиска в табличном виде
ProcessTextBox	Вывод результата поиска в виде списка

При работе с системой проектировщик заполняет основные поля для поиска схожих проектных решений. Далее осуществляется запрос в библиотеку экземпляров проектных решений, где выбирается соответствующая заданному классу проектных решений коллекция. В данной коллекции осуществляется поиск по массиву параметров трехмерной модели проектного решения (листинг 1).

```
filteredQuery = TypeQuery.Where(x => x.Parameters.Any(y =>
(Compare(y[2], comboBox2.Text)) && (Convert.ToDouble(y[1]) <
Convert.ToDouble(textBox1.Text))).ToArray();// критерий
поиска по «<>
```

Листинг 1. Поиск по параметрам схожего проектного решения

Найденные согласно условию поиска проектные решения выводятся в табличном виде в поле ListViewItem проектировщику на экранную форму (листинг 2).

```
int i = 1;
foreach (var detail in filteredQuery){
ListViewItem item1 = new ListViewItem(" " + i);
item1.SubItems.Add(detail.FileName);
foreach (var columnParameters in ReqParameters){
bool finded = false;
foreach (var columnParameter in columnParameters){
if (finded) break;
foreach (var parameter in detail.Parameters){
if (Compare(parameter[2], columnParameter)){
finded = true;
item1.SubItems.Add(parameter[1]);
break;}}
if (!finded) item1.SubItems.Add("-");
item1.SubItems.Add(detail.Material);
item1.SubItems.Add("+");
listView1.Items.Add(item1);
i++;}
listView1.AutoSizeColumns(ColumnHeaderAutoSizeStyle.HeaderSize);}
```

Листинг 2. Вывод результата поискового запроса

Таким образом, для проектировщика подбираются те схожие проектные решения, которые удовлетворяют условию поиска. Результат выводится в табличном виде (рисунок 1) и содержит название проектного решения, столбцы с ключевыми параметрами, свойственными выбранному классу машиностроительного изделия, материалом изготовления конечного изделия и вкладкой «Прочее», в которой отражены вспомогательные параметры и характеристики проектного решения, выполненного в САПР.

Поиск по БД

Выберите класс изделия: Шайба

Значение: 8

Выберите параметры для поиска: Диаметр внутренний

Поиск

Показать в папке

№	Название файла	Диаметр внутренний	Диаметр наружный	Толщина шайбы	Материал	Прочее
1	PLib_Washer_1_712.m3d	20	56	4	Сталь 08 ГОСТ 1050-88	- f = 1 //Признак построения фаски c = 2 //Фаска
2	PLib_Washer_20193_16069_712.m3d	8,2	16	-	Сталь 10 ГОСТ 1050-88	- r = 1,5 //Радиус скругления H = 3 //Высота шайбы

Рис. 1. Результат поиска по библиотеке экземпляров проектных решений

Заключение

Предложен метод поиска проектных решений, который позволяет на основе онтологической модели проектного решения САПР, параметров и характеристик запроса проектировщика сформировать список схожих проектных решений, имеющих в библиотеке экземпляров проектных решений. Описаны основные шаги алгоритма поиска схожих проектных решений, позволяющий сформировать наиболее релевантные экземпляры проектных решений.

В работе показаны основные компоненты автоматизированной системы поиска проектных решений, представлена их реализация в виде программного кода для ЭВМ.

Список литературы

1. Wang, R., Wang, G., Yan, Y., Sabeghi, M., Ming, Z., Allen, J. K., and Mistree, F. (October 26, 2018). "Ontology-Based Representation of Meta-Design in Designing Decision Workflows." ASME. J. Comput. Inf. Sci. Eng. March 2019; 19(1): 011003. <https://doi.org/10.1115/1.4041474>
2. Harmassi M., Grigori D., Belhajjame K. (2015) Mining Workflow Repositories for Improving Fragments Reuse. In: Cardoso J., Guerra F., Houben GJ., Pinto A., Velegrakis Y. (eds) Semantic Keyword-based Search on Structured Data Sources. IKC 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol 9398. Springer, Cham
3. Уханова М.Е. Разработка семантической модели организационно-технических компонентов конструкторского проектирования на основе онтологии // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. Т. 16. № 11. С. 98-107.

4. Зеленков П. В., Прохорович Г. А. Модифицированный алгоритм НITS // Вестник СибГАУ. 2011. Вып. 2 (35). С. 17–20.
5. Афанасьев А.Н. Разработка автоматизированной системы анализа проектных решений в САПР КОМПАС-3D / А.Н. Афанасьев, С.И. Бригаднов, Д.С. Канев // Автоматизация процессов управления. – 2018. – № 1 (51). – С. 108–117.
6. Бригаднов, С.И. Разработка базы проектных решений машиностроительных объектов / С.И. Бригаднов, М.Е. Уханова, И.С. Ионова, А.Г. Игонин // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2017. – № 12. – С. 79-85.
7. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н. Разработка и исследование средств извлечения из САПР КОМПАС-3D и представление в веб-системах конструкторского описания, 3D-моделей промышленных деталей и сборок // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM - 2015) Труды международной конференции. Под ред. А.В. Толока. 2015. С. 208-212.
8. N. Afanasyev, S. I. Brigadnov, N. N. Voit, and T. V. Afanasyeva, "Development of the automated system for design solutions' analysis at CAD KOMPAS-3D", Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support. October 2018, 95-102, https://doi.org/10.1142/9789813273238_0015
9. Afanasyev A.N., Voit N.N., Ukhanova M.E., Ionova I.S., "Development and analysis of design-engineering workflows (mentioned as an instance a radio engineering enterprise)," Proceedings of 2017 IEEE 11th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), Moscow, pp. 169-172, 2017.