

УДК 658.512

Разработка автоматизированной системы поиска проектных решений в библиотеке экземпляров проектных решений на базе онтологии

© Авторы, 2020

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2020

Н.Н. Войт – к.т.н., доцент, зав. лабораторией инновационных виртуальных технологий проектирования и обучения департамента научных исследований и инноваций, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: n.voit@ulstu.ru

С.И. Бригаднов – к.т.н., мл. науч. сотрудник, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: sergbrig@yandex.ru

С.Ю. Кириллов – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

М.Е. Уханова – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: mari-u@inbox.ru

С.И. Бочков – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет
E-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

Д.С. Канев – к.т.н., начальник научно-технического отдела ИДДО, Ульяновский государственный технический университет
E-mail: dima.kanev@gmail.com

Аннотация

Постановка проблемы. Данная работа посвящена разработке автоматизированной системы поиска проектных решений, выполненных с использованием программного комплекса САПР КОМПАС-3D, в библиотеке экземпляров проектных решений на базе онтологической модели предметной области САПР. Основным преимуществом такой системы является возможность эффективного повторного использования проектных решений в процессах конструирования сложных технических изделий при помощи отечественного CAD-продукта 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.

Цель. Разработать программно-информационную систему интеллектуального поиска проектных решений по заданным параметрам.

Результаты. Предложена архитектура автоматизированной системы поиска проектных решений, выполненных с использованием средств САПР, описаны ее основные компоненты. Создан новый метод поиска проектных решений, который позволяет на основе онтологической модели проектного решения САПР, параметров и характеристик запроса проектировщика сформировать список схожих проектных решений, имеющихся в библиотеке экземпляров проектных решений. Написан алгоритм поиска схожих проектных решений, позволяющий сформировать наиболее релевантные экземпляры проектных решений. Приведена реализация автоматизированной системы поиска проектных решений, а также примеры экранных форм системы при формировании поискового запроса и выдачи результатов проектировщику.

Практическая значимость. Применение и использование разработанной системы на предприятиях, использующих в своей проектной деятельности САПР, позволит сократить время на поиск готовых, схожих проектных решений.

Ключевые слова

САПР, онтология, проектные решения, библиотека экземпляров, поиск проектных решений.

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.

Исследование поддержано грантом Министерства образования и науки РФ, проект № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-03

Введение

В настоящее время повышение конкурентоспособности промышленного предприятия во многом зависит от времени и ресурсов, затраченных на проектирование и разработку конечного изделия при использовании систем автоматизированного проектирования (САПР). Поэтому важным условием для эффективного использования средств САПР является сохранение и возможность повторного использования проектных решений [1], что позволяет сократить время, затрачиваемое на разработку документации, преобразование данных и поиск информации об изделии.

Несмотря на разнородность проектных решений, они приемлемым образом могут быть классифицированы [2] как на уровне сборок, так и на уровне деталей и сборочных единиц, что является предпосылкой для типизации приемов проектирования, в том числе при разработке конструкторской документации и новых проектных решений посредством 3D-моделлеров. Интеллектуализация процессов проектирования должна базироваться не только на создании электронных моделей параметризованных узлов и деталей, но и на базах знаний по типизированным (и, разумеется, оптимизированным [3]) приемам проектирования [4].

В данной работе решается актуальная и важная практическая задача, связанная с возможностью повторного использования проектных решений в проектной и конструкторской деятельности на производстве с применением средств САПР. Работа состоит из нескольких этапов: 1) разработка семантической модели проектного решения на основе онтологии [5]; 2) разработка метода формирования библиотек экземпляров проектных решений (описана в работе «Разработка метода формирования библиотек экземпляров проектных решений на базе онтологии для применения концепции повторного использования на производстве» настоящего журнала); 3) интеллектуальный поиск проектных решений по заданным параметрам, который авторами представлен в данной статье.

Ц е л ь р а б о т ы – разработать программно-информационную систему интеллектуального поиска проектных решений по заданным параметрам.

Описание архитектуры автоматизированной системы поиска проектных решений

Архитектура автоматизированной системы поиска проектных решений представлена на рис. 1.

Система состоит из следующих элементов:

1) *САПР* – система автоматизированного проектирования, позволяющая проектировщику создавать двух- и трехмерные объекты сложных технических изделий;

2) *PLM-система* – организационно-техническая система управления информацией о сложном техническом изделии и связанными с его разработкой процессами;

3) *входные данные* (дерево требований, техническое задание и трехмерная модель проектного решения) – проектная и техническая документация составных частей сложного технического изделия, которая представляет собой электронную структуру проектного решения. Электронная структура проектного решения состоит из прикрепленных документов и исходного файла трехмерной модели, выполненной с помощью средств САПР [7];

4) *система извлечения данных* [8, 9] – система построения семантической модели проектного решения, позволяющая извлекать в результате структурно-параметрического анализа проектных решений [7] параметры и характеристики трехмерной модели, выделять историю построения трехмерной модели, получать числовые значения параметров проектных операций САПР;

5) *система верификации* – система оценки проектных решений на соответствие с заявленными требованиями в технических заданиях, позволяющая проводить верификацию проектных решений, выполненных в САПР, в результате извлечения параметров и характеристик технического задания на проектирование сложного технического изделия и сформировать список расхождений между заявленными требованиями и полученным результатом;

6) *система поиска* – система поиска схожих по структуре трехмерных моделей проектных решений на основе анализа истории построения сложного технического изделия;

7) *онтологическая база проектных решений* – библиотека экземпляров проектных решений [10] на базе онтологической модели предметной области САПР, которая состоит из множеств онтологического представления проектных решений и шаблонов построения таких проектных решений в САПР.

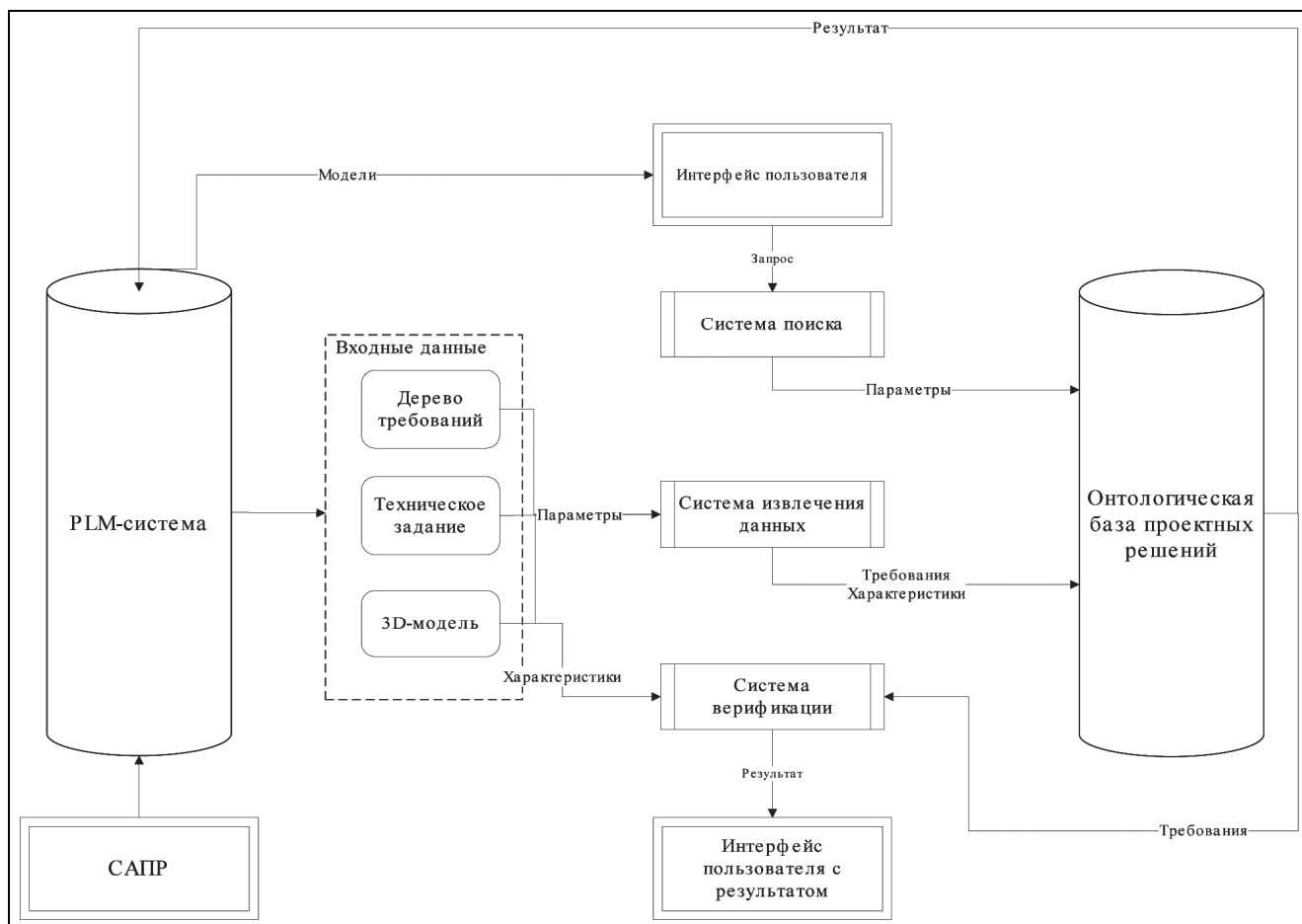


Рис. 1. Архитектура автоматизированной системы поиска проектных решений
 Fig. 1. Architecture of an automated design solutions search system

Разработка метода поиска проектных решений

Решение задачи повторного использования проектных решений САПР связано с поиском релевантной информации – экземпляров 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. При этом под релевантностью проектных решений САПР будем понимать степень их соответствия запросу проектировщика. Под эффективностью поиска будем понимать отношение числа отобранных релевантных проектных решений к числу проектных решений, имеющих в библиотеке экземпляров, – коэффициент полноты; или к общему числу отобранных проектных решений – коэффициент точности.

Под термином «поисковый образ» (модель шаблона проектного решения САПР в виде онтологии) будем понимать набор метаданных: ключевые атрибуты и понятия онтологического представления проектного решения.

Подобие (схожесть) экземпляров проектных решений будем определять по следующей классификации:

- $[0, a)$ – неопределенность;
- $[a, (a + b)/2)$ – уточнение, обобщение запроса проектировщика;
- $[(a + b)/2, b)$ – частичная эквивалентность;
- $[b, 1]$ – эквивалентность,

где a – минимальный порог схожести экземпляров проектных решений, при уменьшении которого происходит некорректное отображение элементов онтологии; b – минимальный порог схожести экземпляров проектных решений, при уменьшении которого происходит невозможность полного отображения элементов онтологии.

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, будем рассматривать множество $PrOq$ как объединение списка релевантных проектных решений, имеющихся в библиотеке экземпляров.

Алгоритм поиска схожих проектных решений содержит следующие шаги.

Шаг 1. Формирование списка проектных решений САПР O_PrO' , имеющихся в библиотеке экземпляров проектных решений: $O_PrO' = \{o_pro_1, o_pro_2, \dots, o_pro_i\}$, где o_pro_i – онтологическое представление i -го проектного решения в библиотеке экземпляров, $o_pro_i \subset T = \{Class, Obj\}$, $o_pro_i = \{Class\}$, где $Class = \{TZ, G, P, TT, PH, DSE, D\}$.

Шаг 2. Ввод и обработка запроса проектировщика Q , определение множества ключевых терминов предметной области $\{T_i\}$, которые его интересуют: $Q = \{T_i\}$.

Из запроса проектировщика Q выделяются ключевые понятия, концепты. По запросу проектировщика строится онтология O_Q , которая описывает поисковый запрос.

Ввод поискового запроса проектировщиком предполагается в виде заполнения понятий, концептов X , свойственных онтологическому представлению проектного решения o_pro_i , через специальный программный интерфейс.

Шаг 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, который вычисляется по следующей формуле: $PrOq = \{O_PrO' \mid X \cap Q, X \in T, T \subset O_PrO'\}$.

В множество $PrOq$ попадают те проектные решения $o_pro_i \in O_PrO'$, имеющиеся в библиотеке экземпляров проектных решений, понятия и концепты X которых в множестве терминов T имеют пересечения с понятиями $\{T_i\}$ запроса проектировщика Q .

Для каждого проектного решения САПР, попавшего в первичную выборку $PrOq$, будем рассчитывать вес – степень семантического подобия экземпляров онтологических представлений проектных решений o_pro_i к запросу проектировщика Q . Вес экземпляра проектного решения САПР будем рассчитывать по следующей формуле [11]:

$$Wo_pro_i = \mu[F_{sp}(t_1, t_2) \mid t_1 \in o_pro_i, t_2 \in Q],$$

где $F_{sp}(t_1, t_2) = k \frac{F_{sp}(s_1, s_2) + F_{sp}(o_1, o_2)}{2}$, при этом $k > 0$, $k = F_{sp}(p_1, p_2)$ – функция оценки близости между предикатами; t_1 и t_2 представляют собой тройку вида $X_1, P_{x_1x_2}, X_2$, где X_1 и X_2 – концепты онтологического представления экземпляра проектного решения; $P_{x_1x_2}$ – предикат, описывающий отношения между ними.

Запрос проектировщика Q , а также экземпляры проектных решений PrO представлены в виде онтологии O_Q и o_pro_i соответственно.

Каждая онтология делится на тройки t_1 и t_2 , которые в пределах одной онтологии могут пересекаться. После этого попарно оцениваем семантическое расстояние между сформированными тройками. Семантическое расстояние между запросом проектировщика Q и онтологическим представлением проектного решения САПР o_pro_i рассчитывается как среднее семантическое расстояние между их тройками t_1 и t_2 . Таким образом, можно учитывать такие ситуации, когда запрос проектировщика удовлетворяется экземпляром проектного решения частично (частичная эквивалентность).

Вес экземпляра проектного решения Wo_pro_i не будет нормирован, так как измеряется семантическое расстояние между проектным решением o_pro_i и запросом проектировщика Q , а не их относитель-

ная близость. Такое требование предъявляется алгоритмом HITS [12], который выбран в качестве алгоритма ранжирования [13] первичной выборки экземпляров проектных решений $PrOq$.

Таким образом, на данном шаге будет сформирована следующая информация:

- 1) запрос проектировщика Q и онтология сформированного запроса O_Q ;
- 2) онтология предметной области $O_{PrO} = (PrO, T, R, F)$;
- 3) список онтологических представлений проектных решений САПР из библиотеки экземпляров проектных решений $O_{PrO'} = \{o_{pro_1}, o_{pro_2}, \dots, o_{pro_i}\}$;
- 4) первичная выборка проектных решений $PrOq$, удовлетворяющих запросу проектировщика;
- 5) веса проектных решений, входящих в $PrOq - \{Wo_{pro_i}\}$.

Совместив R и $\{Wo_{pro_i}\}$, получим взвешенный ориентированный граф, модель которого имеет вид $G(V, D)$, где V – множество вершин; D – множество дуг. Множество вершин V состоит из множества экземпляров проектных решений, попавших в выборку $PrOq$, которым поставлен в соответствие вес. Множество D описывает связи R между объектами классов онтологии O_{PrO} .

Шаг 4. Выполнение алгоритма ранжирования для первичной выборки экземпляров проектных решений САПР $PrOq$.

Для выполнения алгоритма HITS выдвинем ряд требований:

- 1) $PrOq$ должно быть относительно небольшим;
- 2) $PrOq$ должно содержать большое число релевантных экземпляров проектных решений;
- 3) $PrOq$ содержит много сильных «авторитетов».

Под термином «авторитет» будем понимать такой экземпляр проектных решений, который соответствует запросу проектировщика и имеет большой удельный вес среди проектных решений предметной области САПР.

Требование 1 может быть выполнено путем ввода минимального порога семантической близости экземпляров проектных решений o_{pro_i} к запросу проектировщика $Q - Wo_{pro_i} > W_{min}$, $W_{min} \in [a, 1)$. Также можно ввести ограничение на число экземпляров проектных решений, попадающих в первичную выборку $PrOq$. Требования 2 и 3 выполняются за счет использования наиболее семантически близких экземпляров проектных решений.

Ранжирование экземпляров проектных решений происходит на основе весов вершин графа G и чисел входящих и исходящих дуг, что позволит получать семантически близкие проектные решения как результаты поиска, даже если они имеют небольшое число связей или же связи совсем отсутствуют (за счет влияния их вычисленного веса).

Результирующий набор $PrOq_{res}$ будет содержать наиболее релевантные экземпляры проектных решений, упорядоченные в соответствии с предположениями и эвристиками алгоритма HITS. В результате получим набор пар $PrOq_{res} = O_{PrO'}, rang_i$, где $O_{PrO'}$ – найденное проектное решение в библиотеке экземпляров; $rang_i$ – ранг экземпляра проектного решения в результате работы алгоритма.

Шаг 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.

Реализация автоматизированной системы 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 машиностроительного изделия, параметр для поиска, значение параметра и критерий поиска (больше, меньше, равно). Основные компоненты системы приведены в таблице.

При работе с системой проектировщик заполняет основные поля для поиска схожих проектных решений. Пример такой заполненной формы приведен на рис. 2.

Далее осуществляется запрос в библиотеку экземпляров проектных решений, где выбирается соответствующая заданному классу машиностроительных изделий коллекция. В данной коллекции осуществляется поиск по массиву параметров трехмерной модели проектного решения:

Таблица. Описание основных компонентов 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

Рис. 2. Заполненная форма запроса для поиска в библиотеке экземпляров проектных решений

Fig. 2. Completed request form for searching the library of instances of design solutions

```
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 «<>»
```

Найденные согласно условию поиска проектные решения затем выводятся в табличном виде в поле ListViewItem проектировщику на экранную форму:

```
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);
}

```

Пример обработки запроса к библиотеке экземпляров проектных решений и вывод проектировщику схожих проектных решений приведен на рис. 3.

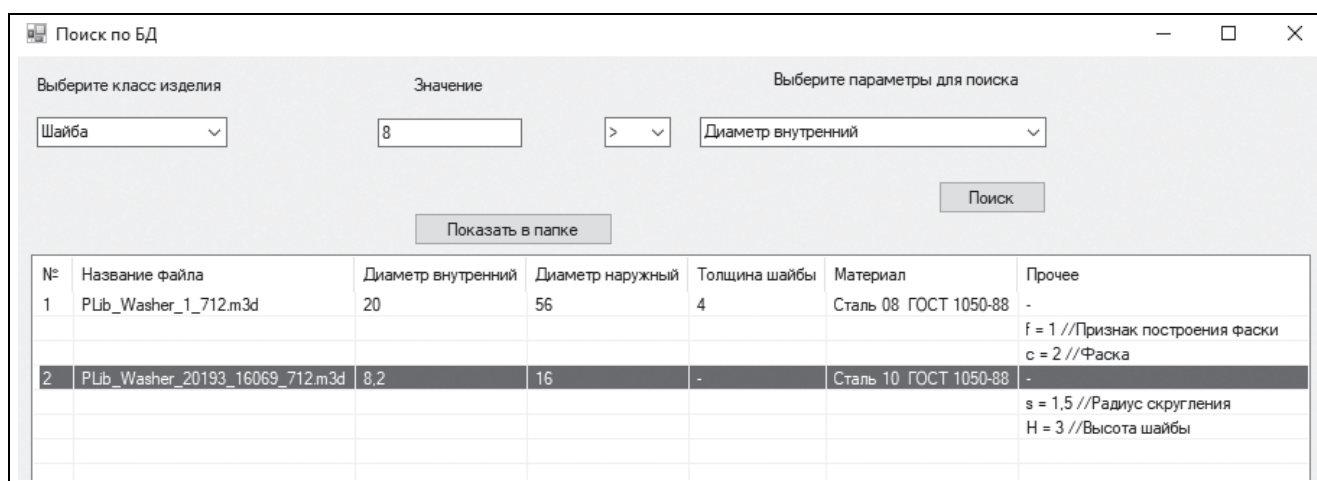


Рис. 3. Результат поиска по библиотеке экземпляров проектных решений
 Fig. 3. Search result for the library of instances of design solutions

Таким образом, для проектировщика подбираются те схожие проектные решения, которые удовлетворяют условию поиска. Результат выводится в табличном виде 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.

Заключение

Разработана архитектура автоматизированной системы поиска проектных решений, описаны ее основные компоненты. Разработан новый метод поиска проектных решений, который позволяет на основе онтологической модели проектного решения САПР, параметров и характеристик запроса проектировщика сформировать список схожих проектных решений, имеющихся в библиотеке экземпляров проектных решений. Разработан алгоритм поиска схожих проектных решений, позволяющий сформировать наиболее релевантные экземпляры проектных решений, описаны основные шаги работы алгоритма.

Авторами разработана автоматизированная система поиска проектных решений в библиотеке экземпляров проектных решений на базе онтологии, которая подбирает проектировщику схожие трехмерные модели сложных технических изделий согласно условию поиска. Применение и использование такой системы на предприятиях, использующих в своей проектной деятельности САПР, позволит сократить время на поиск готовых, схожих проектных решений.

Литература

1. Ларссон Я. Важность повторного использования проектных решений // САПР и графика. 2014. № 2(208). С. 70–73.
2. Епифанов В.В., Афанасьев А.Н. Автоматизированная система кодирования и классификации объектов производства // Автоматизация процессов управления. 2017. № 3(48). С. 49–55.
3. Бондаренко И.Б. Методы оптимизации проектных решений и технология искусственного интеллекта в интегрированных САПР // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2005. № 20. С. 167–171.
4. Ахремчик О.Л. Эвристические приемы проектирования локальных систем автоматизации. Тверь: ТГТУ. 2006. 160 с.
5. 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. DOI: 10.18127/j20700814-201811-16.
6. Афанасьев А.Н., Бригаднов С.И., Канев Д.С. Разработка автоматизированной системы анализа проектных решений в САПР КОМПАС-3D // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1(51). С. 108–117.
7. Бригаднов С.И., Уханова М.Е., Ионова И.С., Игонин А.Г. Разработка базы проектных решений машиностроительных объектов // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2017. № 12. С. 79–85.
8. Войт Н.Н., Кириллов С.Ю., Уханова М.Е., Бочков С.И., Ионова И.С., Бригаднов С.И. Метод извлечения проектных характеристик изделия из систем управления жизненным циклом сложных технических объектов // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 9(14). С. 100–107. DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15.
9. Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Brigadnov, Dmitry Kanev Method to Get Assembly Design Parameters // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 82–96.
10. Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Kirillov, Semen Bochkov Method to Create the Library of Workflows // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 97–207.
11. Гасанов Э.Э., Кудрявцев В.Б. Теория хранения и поиска информации. М.: Физматлит. 2002. 288 с.
12. Signorini A. A survey of Ranking Algorithms // Department of Computer Science University of Iowa. 2005. V. 11. P. 36–39.
13. Busse L.M., Orbanz P., Buhmann J.M. Cluster Analysis of Heterogeneous Rank Data // Proc. of the 24th international conference on Machine learning. Corvallis, Oregon, USA. June 20–24, 2007. P. 113–120.

Поступила 28 ноября 2019 г.

Уважаемые читатели!

В Издательстве «Радиотехника»
в научной серии «Принятие решений в управлении»
вышла в свет книга:

Андреев Г.И., Барвиненков В.В., Мушков А.Ю., Созинов П.А., Тихомиров В.А.
Методологические основы научной работы и принципы диссертационного исследования

Монография
Под ред. П.А. Созинова

DOI 10.18127/B9785931081625

ISBN 978-5-93108-162-5

Показаны методологические основы научной работы в исследовательских, научно-производственных организациях и высших учебных заведениях. Рассмотрены такие основополагающие понятия как принцип, парадигма, концепция и научные категории, в качестве которых выступают теоретическое знание, метод исследования и аргументация. Изложены методологические, логические и философские основания организации научных исследований. Дан анализ проблемных вопросов подтверждения и опровержения частных научных положений и теорий, рассмотрены методы проведения оценки достоверности получаемых результатов. Рассмотрена концепция моделирования как процесс эволюции методов научного познания. Приведены основные принципы и наиболее важные требования, предъявляемые к научному уровню диссертационных исследований. Даны методические советы по оформлению полученных научных результатов.

Для организаторов научных исследований, научных сотрудников, а также аспирантов и студентов.

Адрес Издательства:

107031 г. Москва, Кузнецкий мост, 20/6.

Тел./факс: (495) 625-92-41, тел.: (495) 625-78-72, 621-48-37;

<http://www.radiotec.ru>; e-mail: info@radiotec.ru

Development of an automated search of design solutions in the library copies of the design decisions on the basis of ontology

© Authors, 2020

© Radiotekhnika, 2020

N.N. Voit – Ph.D.(Eng.), Associate Professor, Head of Laboratory of Innovative Virtual Design and Training Technologies of Department of Scientific Research and Innovation, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: n.voit@ulstu.ru

S.I. Brigadnov – Ph.D.(Eng.), Junior Research Scientist, Ulyanovsk State Technical University
E-mail: sergbrig@yandex.ru

S.Yu. Kirillov – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: kirillovsyu@gmail.com

M.E. Ukhanova – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: mari-u@inbox.ru

S.I. Bochkov – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University
E-mail: bochkovsi@ido.ulstu.ru

D.S. Kanev – Ph.D.(Eng.), Head of Scientific and Technical Department, Ulyanovsk State Technical University
E-mail: dima.kanev@gmail.com

Abstract

This work is devoted to the development of an automated search system for design solutions made using the software complex CAD KOMPAS-3D, in the library of copies of design solutions based on the ontological model of the subject area of CAD. The main advantage of such a system is the ability to effectively reuse design solutions in the process of designing complex technical products with the help of domestic CAD-product (T-Flex, ASKON, Galaxy, «1C») solid-state modeling of three-dimensional products on the example of CAD KOMPAS-3D. To solve the problem of selecting similar design solutions, the authors developed a search system for three-dimensional models that meet the search query of the designer.

The authors have developed and proposed the architecture of the automated search system for design solutions, which consists of the following main components: CAD, PLM-system, input data (requirements tree, technical specification and three-dimensional model of the product), data extraction system, verification system of design solutions, search system, ontological base of design solutions-library of copies of design solutions CAD.

The authors have developed a new method of search of design solutions, the essence of which is to form a list of similar in structure 3D-models of design solutions of engineering products based on the comparison of the request of the designer to the library of copies of design solutions with search images (models of templates) of design solutions. The method allows on the basis of the ontological model of the CAD design solution, parameters and characteristics of the designer's request to form a list of similar design solutions available in the library of design solutions instances. The authors have developed an algorithm for finding similar design solutions, the main steps of which are described in the text of this work. The result of the designer's query is displayed in a tabular form or as a list of found similar design solutions on the screen form and contains a set of the most relevant CAD design solutions available in the instance library.

This paper describes the implementation of an automated search system for design solutions, describes the main components of the system (definition of the structure of collections in the library of design solutions; definition of the structure of storage parameters for each class of engineering products; building a tree of three-dimensional model; model of the design solution; the relationship between the elements of the model tree; the search function of the design decisions in the library copies of the design solutions in accordance with the terms of the request; the entry in the file store of a three-dimensional model of the design solution; the conclusion of a search result in a tabular form; the output of search result in list view) and modes of operation (the formation of the search query and results first designer). An example of processing the request of the designer to the library of copies of design solutions and output to the designer of similar design solutions (three-dimensional models) on the screen form is shown.

Keywords

CAD, ontology, design solutions, instance library, search for design solutions.

The study was carried out with the financial support of the Russian Federal Property Fund in the framework of the scientific project № 17-07-01417.

The study was financially supported by the Russian Federal Property Fund and the Government of the Ulyanovsk Region as part of a scientific project № 18-47-730032.

The study was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-03

References

1. Larsson Ya. Vazhnost povtornogo ispolzovaniya proektnykh reshenii. SAPR i grafika. 2014. № 2(208). S. 70–73. (In Russian).
2. Epifanov V.V., Afanasev A.N. Avtomatizirovannaya sistema kodirovaniya i klassifikatsii obiektov proizvodstva. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya. 2017. № 3(48). S. 49–55. (In Russian).
3. Bondarenko I.B. Metody optimizatsii proektnykh reshenii i tekhnologiya iskusstvennogo intellekta v integrirovannykh SAPR. Nauchno-tekhnicheskii vestnik SPbGU ITMO. 2005. № 20. S. 167–171. (In Russian).
4. Akhremchik O.L. Evristicheskie priemy proektirovaniya lokalnykh sistem avtomatizatsii. Tver: TGTU. 2006. 160 s. (In Russian).
5. Ukhanova M.E. Razrabotka semanticheskoi modeli organizatsionno-tekhnicheskikh komponentov konstruktorskogo proektirovaniya na osnove ontologii. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2018. T. 16. № 11. S. 98–107. DOI: 10.18127/j20700814-201811-16. (In Russian).
6. Afanasev A.H., Brigadnov S.I., Kanev D.S. Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy analiza proektnykh reshenii v SAPR KOMPAS-3D. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya. 2018. № 1(51). S. 108–117. (In Russian).
7. Brigadnov S.I., Ukhanova M.E., Ionova I.S., Igonin A.G. Razrabotka bazy proektnykh reshenii mashinostroitelnykh obiektov. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2017. № 12. S. 79–85. (In Russian).
8. Voit N.N., Kirillov S.Yu., Ukhanova M.E., Bochkov S.I., Ionova I.S., Brigadnov S.I. Metod izvlecheniya proektnykh kharakteristik izdelya iz sistem upravleniya zhiznennym tsiklom slozhnykh tekhnicheskikh obiektov. Radiotekhnika. 2019. T. 83. № 9(14). S. 100–107. DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15. (In Russian).
9. Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Brigadnov, Dmitry Kanev Method to Get Assembly Design Parameters. INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 82–96.
10. Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Kirillov, Semen Bochkov Method to Create the Library of Workflows. INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 97–207.
11. Gasanov E.E., Kudryavtsev V.B. Teoriya khraneniya i poiska informatsii. M.: Fizmatlit. 2002. 288 s. (In Russian).
12. Signorini A. A survey of Ranking Algorithms. Department of Computer Science University of Iowa. 2005. V. 11. P. 36–39.
13. Busse L.M., Orbanz P., Buhmann J.M. Cluster Analysis of Heterogeneous Rank Data. Proc. of the 24th international conference on Machine learning. Corvallis, Oregon, USA. June 20–24, 2007. P. 113–120.