

---

# WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH  
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

---

Piotr OCIEPKA\*

Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów  
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice

\*piotr.ocieпка@polsl.pl

## ZASTOSOWANIE METODY CBR DO WSPOMAGANIA PROCESU PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNEGO

**Streszczenie:** W pracy zaprezentowano koncepcję systemu komputerowego, bazującego na wiedzy i doświadczeniu inżynierskim do wspomaganie procesu projektowania i konstruowania maszyn. Do wspomaganie tego procesu zaproponowano metodę CBR (*Case Based Reasoning*). Przedstawiono sformalizowany opis działania systemu oraz pokazano strukturę i sposób funkcjonowania utworzonego oprogramowania.

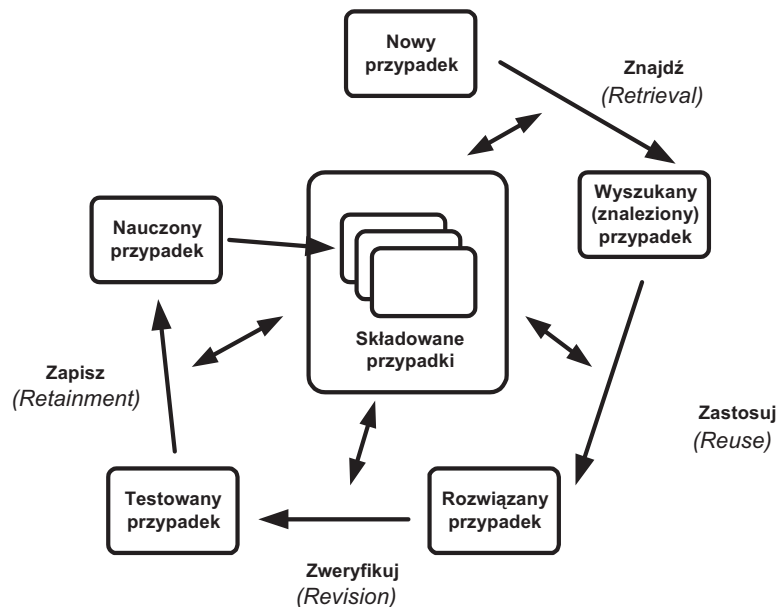
### 1. Wstęp

Dynamiczny rozwój techniki komputerowej, metod obliczeniowych, oraz metod sztucznej inteligencji, umożliwia budowę inteligentnych aplikacji CAD, wspomagających inżyniera w podejmowaniu decyzji projektowo-konstrukcyjnych. Prowadzone są próby pozyskiwania i gromadzenia specjalistycznej wiedzy inżynierskiej oraz doświadczenia, tworzenia na ich bazie dedykowanych programów wspomagających projektowanie i konstruowanie oraz integrowania ich z innymi środkami i narzędziami CAx [1,2,4,6,8,9]. Obecnie, dużą rolę we wspomaganie prac inżynierskich odgrywają systemy doradcze oraz systemy bazujące na metodzie CBR [5,7]. W przypadku złożonych problemów projektowych stosowane są aplikacje oparte na architekturze tablicowej, aplikacje wykorzystujące tzw. „inteligentnych agentów”, czy systemy hybrydowe łączące zalety kilku metod sztucznej inteligencji. W artykule zaprezentowano koncepcję systemu komputerowego, bazującego na wiedzy i doświadczeniu inżynierskim, do wspomaganie procesu projektowania i konstruowania maszyn.

### 2. Metoda CBR

CBR jest metodą rozwiązywania problemów opartą na poszukiwaniu analogii (podobieństwa) pomiędzy zaistniałą sytuacją, a wcześniejszymi przypadkami, które odpowiednio opisane składowane są w pamięci komputera. Oprogramowanie, które rozwiązuje problemy w oparciu o tę metodę musi zostać wyposażone w mechanizmy pozyskiwania i przetwarzania wiedzy i doświadczenia oraz w mechanizmy efektywnego przeszukiwania baz danych oraz wyznaczania podobieństwa pomiędzy aktualną sytuacją

projektową, a składowanymi w bazie przypadkami. Na rysunku 1 pokazano sposób funkcjonowania metody CBR.

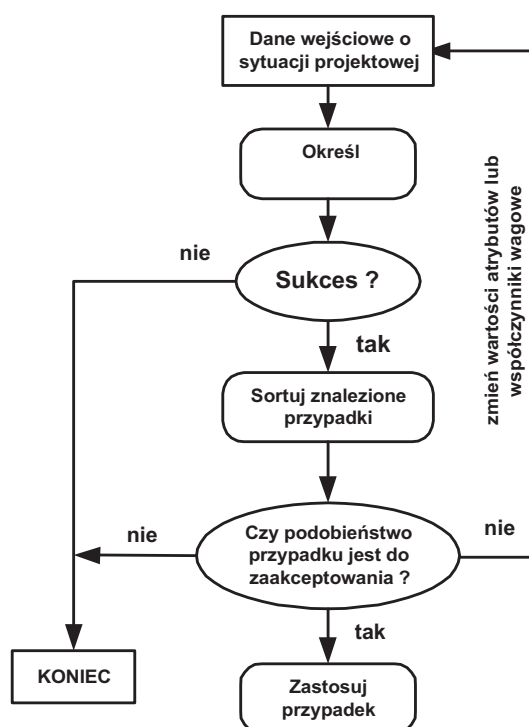


Rys. 1. Przebieg procesu rozwiązywania problemów za pomocą metody CBR  
Fig. 1. Scheme of the process of problems solving using the CBR method

Pierwszym etapem tego cyklu działań jest analiza rozpatrywanego zagadnienia oraz wyodrębnienie danych wejściowych, potrzebnych do wyznaczenia wzajemnego podobieństwa pomiędzy przypadkami. Kolejny krok to wyszukiwanie najbardziej zbliżonego problemu spośród zbioru problemów zgromadzonych w bazie przypadków (z ang. *Case Base*). W kolejnym etapie najbardziej zbliżony problemowo przypadek kierowany jest do ponownego zastosowania. Kolejny krok to weryfikacja i przystosowanie (dopasowanie) pozyskanego rozwiązania do zaistniałej i analizowanej sytuacji. Ostatnim etapem tego cyklu jest proces uczenia, czyli zapisanie nowego rozwiązania w bazie.

Do podstawowych zalet metody CBR należy zaliczyć usprawnienie procesu pozyskiwania wiedzy i doświadczenia. Proces ten przebiega niemal równoległe z tworzeniem nowego rozwiązania. Wypracowane rozwiązanie jest opisywane i zapisywane w bazie przypadków w momencie, kiedy wiedza na temat tego rozwiązania jest najpełniejsza (np. w momencie realizacji, czy ukończenia projektu).

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy algorytm działania systemu bazującego na metodzie CBR. W pierwszym kroku system pobiera informacje, wprowadzone przez użytkownika, o zaistniałej sytuacji projektowo-konstrukcyjnej. Następnie, na podstawie wprowadzonych wartości atrybutów oraz współczynników wagowych, wyszukuje przypadki najbardziej podobne do aktualnie rozwiązywanego zadania. W sytuacji, gdy system nie znajdzie odpowiednich analogii (o wymaganym stopniu podobieństwa), kończy swoje działanie. Jeśli znajdzie odpowiednie przypadki sortuje je względem uzyskanego stopnia podobieństwa. W następnym kroku użytkownik decyduje, czy stopień podobieństwa wybranych przypadków jest na tyle wystarczający, aby zakończyć poszukiwanie i wybrać zadowalające rozwiązania.



Rys. 2. Algorytm działania systemu bazującego na metodzie CBR  
 Fig. 2. Algorithm of the system basing on the CBR method

Jeśli wybrane rozwiązania są zadowalające, system proponuje je do zaadaptowania. Kolejność proponowanych przez system przypadków zależy od wyznaczonego stopnia podobieństwa z bieżącą sytuacją projektową.

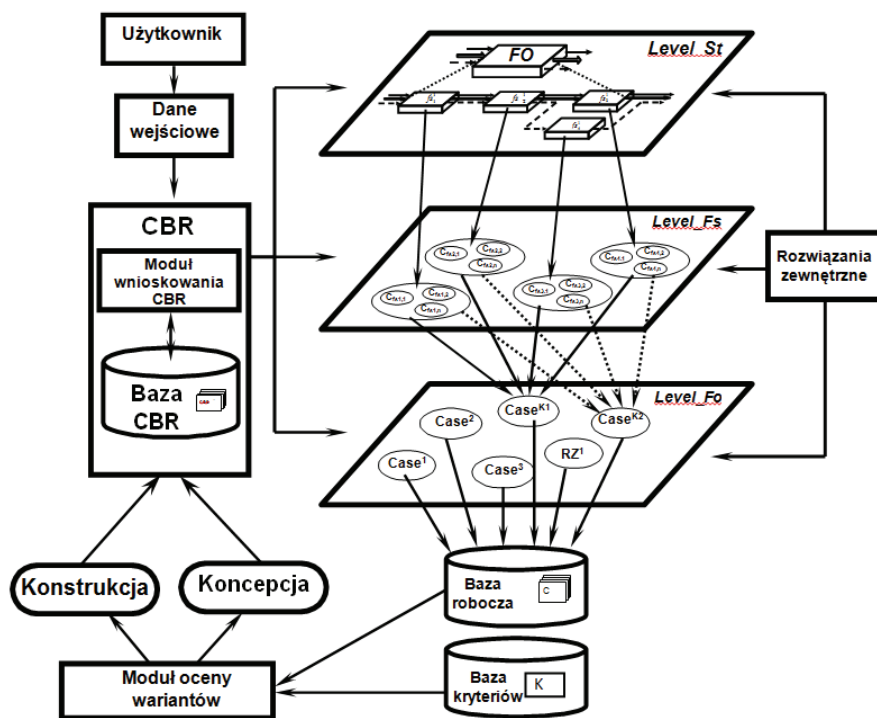
### 3. Zakres działania systemu

Proces projektowo-konstrukcyjny jest intelektualnym procesem twórczym, którego przebieg jak i rezultaty w bardzo dużym stopniu zależą od talentu, wyobraźni, zdolności kojarzenia i inwencji twórczej inżyniera [3]. Oprócz tych naturalnych, często wrodzonych czynników, na jakość tworzonej koncepcji i konstrukcji wpływają także narzędzia informatyczne, które umiejętnie zastosowane znacznie przyspieszają i ułatwiają działania inżynierskie. Zasadne więc jest poszukiwanie efektywnych metod informatycznych, wspomagających realizowanie działań projektowo-konstrukcyjnych.

System komputerowy, zbudowany na podstawie omawianej metody może wspomagać następujące działania (rys. 3):

- poszukiwanie struktur funkcji składowych, spełniających założenia projektowe,
- poszukiwanie rozwiązań projektowych spełniających funkcję ogólną,
- poszukiwanie rozwiązań projektowych spełniających poszczególne funkcje składowe,
- kombinowanie rozwiązań cząstkowych w celu spełnienia funkcji ogólnej,
- wartościowanie wariantów w celu określenia tzw. koncepcji wynikowej, która będzie rozwijana i opracowywana w dalszych fazach procesu projektowo-konstrukcyjnego,
- poszukiwanie konstrukcji realizujących poszczególne funkcje składowe i ogólne,
- zapisanie historii tworzenia koncepcji i konstrukcji,

- gromadzenie informacji o jakości utworzonych rozwiązań,
- gromadzenie danych eksploatacyjnych wytworu.



Rys. 3. Sposób funkcjonowania systemu SWPiK\_CBR [1]  
Fig. 3. Functioning of the SWPiK\_CBR system [1]

#### 4. Sformalizowany opis funkcjonowania opracowanej metody

Dany jest opis zadania,  $M_{case}$ , w którym użytkownik określa aktualną sytuację projektowo-konstrukcyjną.

$$M_{case} = \{ WA_1, w_1, WA_2, w_2, \dots, WA_j, w_j \} \quad (1)$$

gdzie:  $WA_j$  – wartość  $j$  – tego atrybutu opisującego sytuację projektowo-konstrukcyjną,  
 $w_j$  – waga  $j$  – tego atrybutu opisującego sytuację projektowo-konstrukcyjną.

W bazie CBR zapisany jest zbiór przypadków projektowo-konstrukcyjnych *Cases*, który zawiera struktury funkcji składowych, koncepcje oraz konkretne rozwiązania projektowe i konstrukcyjne powstałe podczas procesów projektowo-konstrukcyjnych realizowanych w przeszłości.

$$Cases = \{ case^1 [SPK_1, OP_1, GRP_1, OK_1, GRK_1], \dots, case^i [SPK_i, OP_i, GRP_i, OK_i, GRK_i] \} \quad (2)$$

gdzie:  $case^i [SPK_i, OP_i, GRP_i, OK_i, GRK_i]$  –  $i$ -ty przypadek projektowo-konstrukcyjny,  
 $SPK_i$  – sytuacja projektowa  $i$ -tego przypadku,  
 $OP_i$  – opis  $i$ -tego przypadku projektowego,

$GRP_i$  – graficzna reprezentacja  $i$ -tego przypadku projektowego.  
 $OK_i$  – opis  $i$ -tego przypadku konstrukcyjnego,  
 $GRK_i$  – graficzna reprezentacja  $i$ -tego przypadku konstrukcyjnego.

Na podstawie wartości poszczególnych atrybutów i wag zapisanych w opisie  $M\_case$  mechanizm obliczeniowy CBR zgodnie ze wzorami (3) i (4) wyznacza stopień podobieństwa pomiędzy opisem zadania  $M\_case$ , a przypadkami zapisanymi w bazie.

$$Sim(M\_case, case^i) = 1 - Dist(M\_case, case^i) \quad (3)$$

$$Dist(M\_case, case^i) = \left( \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k w_j^2 \cdot [M\_case_j - case_j^i]^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

gdzie:  $case_j^i$  – wartość  $j$  – tego atrybutu w  $i$ -tym przypadku,  
 $k$  – liczba odpowiadających sobie atrybutów,  
 $w_j$  – współczynnik wagowy  $j$  – tego atrybutu w rozpatrywanym przypadku.

W zależności od fazy procesu projektowo-konstrukcyjnego, użytkownik za pomocą mechanizmu wnioskowania CBR może pozyskiwać:

- rozwiązania na poziomie struktury funkcji składowej,
- rozwiązania realizujące przyjętą funkcję ogólną,
- rozwiązania realizujące wyodrębnione w strukturze funkcje składowe,
- konstrukcje realizujące przyjętą funkcję ogólną,
- konstrukcje realizujące wyodrębnione w strukturze funkcje składowe.

Następnie generowany jest zbiór przypadków o wymaganym stopniu podobieństwa  $Cases^s$ .

$$Cases^s = \{case^1 [SPK_1, OP_1, GRP_1, OK_1, GRK_1], \dots, case^k [SPK_k, OP_k, GRP_k, OK_k, GRK_k]\} \quad (5)$$

W kolejnym kroku system sortuje wybrane rozwiązania według stopnia podobieństwa i tworzy uporządkowany zbiór przypadków  $Cases^s_u$ .

$$Cases^s_u = \langle case^1 [SPK_1, OP_1, GRP_1, OK_1, GRK_1], \dots, case^k [SPK_k, OP_k, GRP_k, OK_k, GRK_k] \rangle \quad (6)$$

Uporządkowany zbiór  $Cases^s_u = \langle \dots \rangle$  stanowi zbiór koncepcji i konstrukcji (pole możliwych rozwiązań), które mogą zostać zaadaptowane lub bezpośrednio zastosowane do rozwiązania aktualnie rozpatrywanego zadania projektowo-konstrukcyjnego.

## 5. Podsumowanie

W artykule omówiono możliwości zastosowania metody CBR do wspomaganie projektowania i konstruowania maszyn. Opisano przykładowy sposób funkcjonowania systemu komputerowego bazującego na wiedzy i doświadczeniu inżynierskim. Zastosowanie opracowanej metody w procesie projektowo-konstrukcyjnym zdecydowanie poszerza spektrum rozwiązań projektowych i konstrukcyjnych, które rozpatrywane i analizowane są przez inżyniera, oraz skraca czas powstawania koncepcji i konstrukcji. Opracowana metoda może być stosowana do wspomaganie projektowania i konstruowania dowolnej grupy

maszyn. Aplikacja bazująca na zaproponowanej metodzie może wspomagać projektowanie wielowariantowe, innowacyjne, a także modułowe.

### Literatura

1. Ociepka P., Świder J.: Współczesne systemy doradcze do wspomaganie projektowania maszyn. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2007.
2. Ociepka P.: Metoda komputerowego wspomaganie projektowania koncepcyjnego maszyn. Gliwice: Praca doktorska, 2002.
3. Pahl G., Beitz W.: Nauka Konstruowania. Warszawa: WNT, 1984.
4. Ociepka P.: Koncepcja systemu bazującego na wiedzy do wspomaganie projektowania koncepcyjnego maszyn. W: XIII Konferencja nt. „Metody i Środki Projektowania Wspomaganego Komputerowo”. Warszawa, 2001, s. 289–295.
5. Pokojski J. : Application of Case Based Reasoning in Machine Design. W: AI-MECH 2001 – Methods of Artificial Intelligence in Mechanics and Mechanical Engineering. Gliwice, 2001, s. 209–216.
6. Świder J., Ociepka P.: Obiektowy system SWPK komputerowego wspomaganie procesu koncepcyjnego projektowania maszyn. W: 11 International Scientific Conference – Achievements in Materials Engineering. Gliwice – Zakopane, 2002, s. 557–560.
7. Lee D., Lee K. H.: An approach to case-based system for conceptual ship design assistant. “Expert Systems with Applications” 1999, Vol.16, s. 97–104.
8. Ociepka P., Grabowik C.: Zastosowanie metody CBR do wspomaganie procesu projektowo-konstrukcyjnego i przygotowania technologii. „Mechanik” 2008, Nr 8-9/08, s. 728-733.
9. Ociepka P., Świder J.: Zastosowanie metody CBR do wspomaganie procesu projektowania maszyn. „Modelowanie Inżynierskie” 2009, Tom 6, Nr 37, Gliwice, s. 217 - 224.

### CBR SUPPORT OF THE DESIGN AND CONSTRUCTION PROCESS

**Summary:** The scope of the paper is the concept of a computer system based on the engineering knowledge and experience for supporting of machine design and construction process. Case Based Reasoning is the method proposed for assisting that process. A formalized description of the system is provided, as well as the structure and functioning of the created software.