

dr inż. Krzysztof PSIUK, email: krzysztof.psiuk@polsl.pl
Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska

INTELLIGENTNY MALKONTENT WSPOMAGAJĄCY INŻYNIERA. ZARYS KONCEPCJI.

Streszczenie: Tematem artykułu jest przedstawienie zarysu koncepcji systemu, który wspomagał by pracę inżyniera nie ograniczając jego inwencji twórczej. Proponowany system ma analizować opracowywane przez inżyniera rozwiązanie, a nie narzucać mu gotowych rozwiązań.

AN INTELLIGENT MALCONTENT SUPPORTING ENGINEER. OUTLINE OF THE CONCEPT.

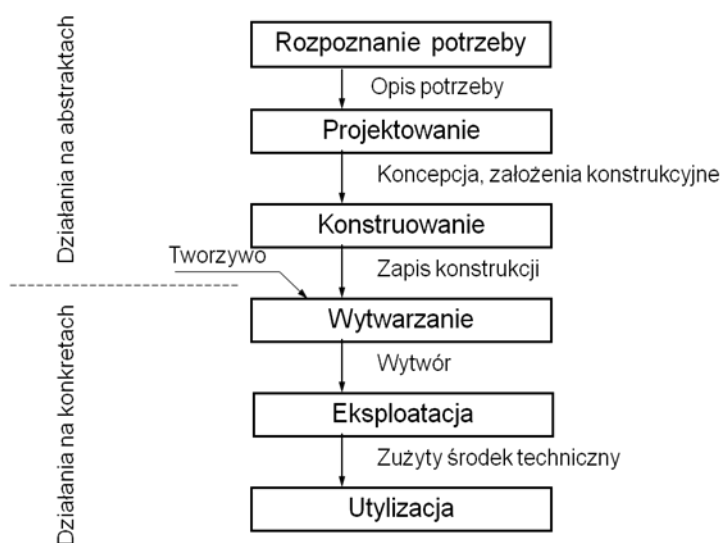
Abstract: The theme of the article is to outline the concept of a system that would assist the work of an engineer without limiting his creativity. The proposed system should analyze a solution compiled by the engineer and it does not impose ready-made solutions.

Wprowadzenie.

Praca współczesnego projektanta i konstruktora jest w dzisiejszych czasach wspomagana przez wiele różnych narzędzi. Narzędzia te mają na celu przyspieszenie procesu projektowania i konstruowania maszyn, ułatwienie samej pracy wykonywanej przez współczesnych inżynierów a także ograniczenie błędów popełnianych w trakcie procesu projektowania. Wszystkie te narzędzia pozwalają lepiej wypełniać zadania stawiane współczesnym inżynierom. Wszystkie te narzędzia są jednak w dalszym ciągu uzupełnieniem możliwości inżynierów i wymagają czynnika ludzkiego, który jest niezastąpiony w pracy twórczej. Większość narzędzi wspomagających pracę inżyniera opiera się na określonych sposobach zapisu wiedzy projektowej i wykorzystaniu jej na różnych etapach procesu projektowo konstrukcyjnego. Wszystkie te narzędzia opierają się w głównej mierze na podpowiadaniu projektantom i konstruktorom właściwych rozwiązań, co może w pewnym stopniu ograniczać proces twórczy pracy projektanta. Wydaje się jednak, że można wspomagać pracę projektanta i konstruktora w nieco inny sposób, który będzie w mniejszym stopniu ograniczał proces twórczy. Takim rozwiązaniem może być *inteligentny malkontent*, którego zadaniem będzie sprawdzanie pracy inżyniera, analizowanie i przekazywanie krytycznych uwag, dotyczących tego, czy zaproponowane rozwiązanie spełnia wszystkie przyjęte kryteria oraz wymagania projektowe. Ogólnie można więc powiedzieć, że w proponowanym rozwiązaniu, *inteligentny malkontent* będzie szukał nieprawidłowości.

Systemy wspomagające pracę inżyniera

Analizując fazy istnienia wytworu (Rys. 1) można wyróżnić kilka etapów. Pierwszy etap jest związany z analizą potrzeby oraz pracą koncepcyjną związaną ze znalezieniem rozwiązania zaspokajającego daną potrzebę. Drugi etap jest związany z procesem projektowania i konstruowania zadanego środka technicznego, którego ogólna koncepcja została opracowana na poprzednim etapie. Kolejnym etapem jest etap wytworzenia danego środka technicznego, a następnie jego eksploatacja i utylizacja. Na każdym z tych etapów wymagana jest określona wiedza uwzględniająca w czasie projektowania wszystkie fazy istnienia wytworu.

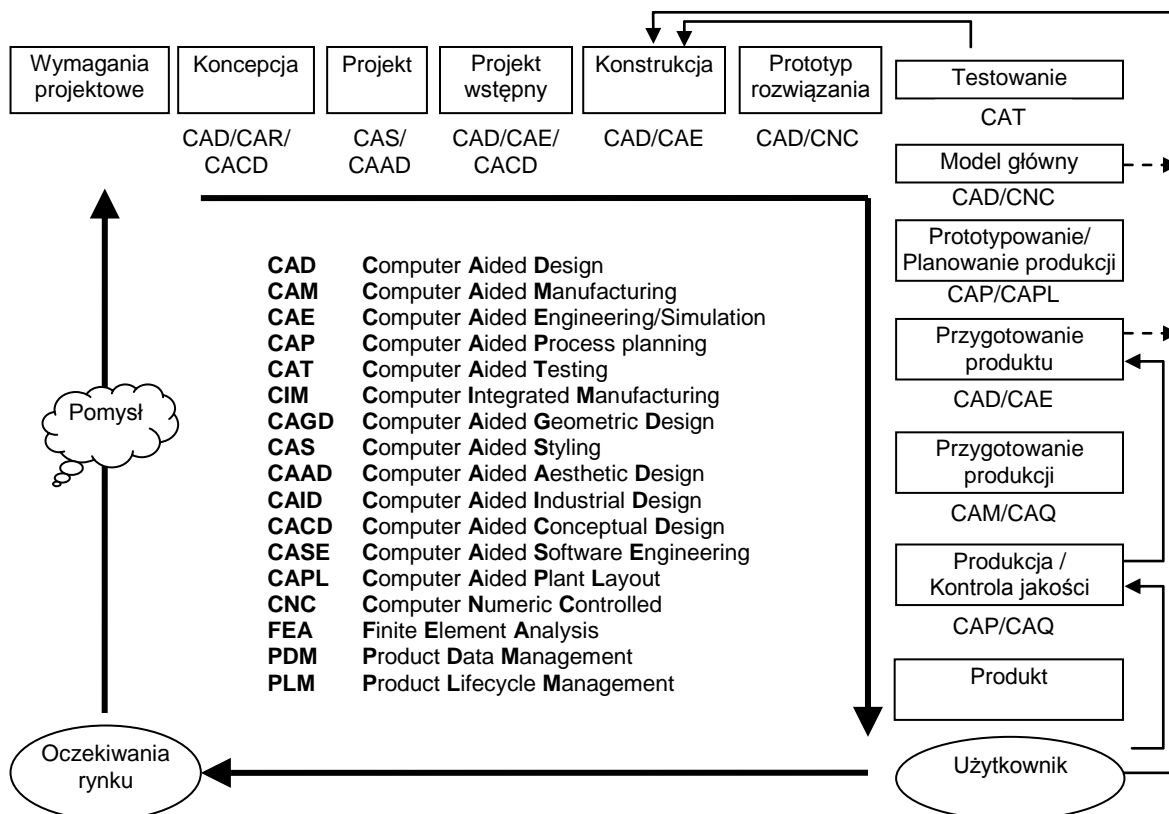


Rys. 1 Fazy istnienia wytworu [3]

Współczesny inżynier ma do swojej dyspozycji szereg różnych narzędzi wspomagających jego pracę. Analizując proces rozwoju wytworu od potrzeby do jego wytworzenia (Rys. 2), można zauważyć, że na każdym etapie tego procesu inżynier jest wspomagany przez różne systemy komputerowe, które mają ułatwić mu wykonywanie pracy i przyspieszyć poszczególne etapy powstawania wytworu. Można tutaj wymienić systemy klasy Computer Aided Design (CAD), Computer Aided Engineering (CAE), czy też Computer Aided Conceptual Design (CACD), wspomagające pracę inżynierów na etapie identyfikacji potrzeby i jej opisu oraz opisu koncepcji spełniających daną potrzebę. Systemy klasy CAD oraz CAE, a także Finite Element Analysis (FEA) są wykorzystywane również na etapie projektowania i konstruowania środka technicznego. Na etapie wytwarzania są z powodzeniem wykorzystywane systemy klasy Computer Aided Manufacturing (CAM), Computer Numeric Controlled (CNC) czy też Computer Aided Quality (CAQ). Równie ważne na tym etapie są systemy wspomagające zarządzanie procesem wytwarzania takie jak Product Data Management (PDM) czy Product Lifecycle Management (PLM). Stosowane dotychczas rozwiązania mające wspomagać inżyniera w jego pracy są rozwiązaniami, których głównym zadaniem jest prowadzenie projektanta i konstruktora wg ustalonej ścieżki rozwiązania zadania, dającego poprawne

rozwiązanie. Można tutaj spotkać się z różnymi rozwiązaniami ułatwiającymi pracę inżyniera. Narzędzia te możemy podzielić na kilka kategorii:

- Systemy pomocy,
- Poradniki,
- Kreatory,
- Kalkulatory,
- Narzędzia klasy Osobisty asystent.
- Narzędzia wspomagając reprezentację wiedzy projektowej.



Rys. 2 Ogólny łańcuch procesu rozwoju wytworu [1].

Pierwsza grupa narzędzi wspomagających to systemy pomocy, udostępniane przez producentów danego oprogramowania wspomagającego. W większości przypadków dotyczą one głównie obsługi danego programu, ale czasami zawierają również informacje dotyczące projektowania i konstruowania. Często takie systemy pomocy są tworzone w celu zapisu wiedzy projektowej dostępnej w danych zakładzie. W niektórych programach zawarte są różnego rodzaju poradniki, opisujące wiedzę projektową dotyczącą wybranych zagadnień związanych z projektowaniem i konstruowaniem maszyn. Przykładem takiego rozwiązania jest poradnik inżyniera stanowiący dodatek do programów takich jak Autodesk Inventor [5] czy AutoCAD Mechanical [4]. W wielu różnych programach znajdują się różnego rodzaju kreatory ułatwiające tworzenie wybranych klas elementów maszyn np. wałów, kół zębatach itp. Narzędzia te nie zwalniają inżyniera z obowiązku projektowania, ale upraszczają jego pracę przez dostęp do zasobów norm ułatwiających wykonanie zadania

projektowego. Do drugiej grupy narzędzi wspomagających pracę projektanta czy konstruktora, można zaliczyć systemy wykorzystujące zaawansowane sposoby reprezentacji wiedzy projektowej. Można tutaj wymienić takie produkty jak np. narzędzia typu Osobisty asystent [9][10] czy też Knowledge Advisor dostępny w systemie CATIA [6]. Do rozwiązywania zadań projektowych, wykorzystywana jest dostępna w nich wiedza, która pozwala konstruktorom nie tylko rozwiązywać zadania projektowe ale również wspomagać się wiedzą w nich zawartą.

Wszystkie te systemy posiadają kilka wspólnych cech:

- wspomagają koncyptowanie,
- pomagają wykonywać obliczenia,
- pomagają w doborze elementów,
- wspomagają codzienne czynności,
- umożliwiają zapisywanie wiedzy projektowej,
- pokazują drogę do właściwego rozwiązania.

Pomimo rozbudowanej formy różnych narzędzi wspomagających pracę współczesnych projektantów i konstruktorów, wydaje się jednak, że opisane powyżej narzędzia mogą ograniczać kreatywną pracę konstruktora przez narzucanie mu określonego rozwiązania postawionego przed nim zadania. Nie można tu mówić o ograniczeniu narzędzi tego typu, gdyż do takich zadań są one przeznaczone. Można sobie jednak wyobrazić, że wspomaganie pracy inżyniera może polegać nie na wskazaniu mu właściwego rozwiązania, ale na poinformowaniu go o przekroczeniu pewnych wartości dopuszczalnych w zastosowanych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Wyobraźmy sobie system, który nie będzie wskazywał użytkownikowi właściwej drogi, ale będzie ostrzegał w przypadku zastosowania błędnych rozwiązań konstrukcyjnych, wskazując co w nich stanowi zagrożenie. Takie podejście jednocześnie wspomaga konstruktora i nie ogranicza go w jego twórczej pracy.

Zarys systemu

Aby nie ograniczać procesu twórczego w pracy inżyniera, zaproponowano, aby powstał system, który nie będzie wspomagał wykonywania rutynowych czynności, a weryfikował, czy projektant nie przekracza pewnych narzuconych ograniczeń projektowych czy też nie pominął istotnych elementów projektowanego obiektu technicznego. Idea systemu opiera się więc na nadzorowaniu pracy inżyniera, analizowaniu zaproponowanych przez niego rozwiązań projektowych i przeanalizowaniu ich pod kątem znalezienia odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy projektant nie zapomniał o pewnych elementach projektowanego obiektu?
- Czy projektant nie popełnił błędów projektowych?
- Czy projektant spełnił wymagania projektowe?

Odpowiedzi na tak postawione pytania nie są proste. Żeby można było na nie odpowiedzieć konieczne jest zapianie wielu różnych danych oraz określonej wiedzy projektowej w taki sposób, aby było możliwe ich automatyczne wykorzystanie.

Zagadnienia związane z reprezentacją wiedzy są rozpatrywane i rozwijane od wielu lat. Można tutaj wspomnieć o reprezentacji wiedzy dla potrzeb projektowania i konstruowania różnych grup maszyn [2][9][10], ale również dla potrzeb innych zagadnień technicznych jak np. w diagnostyce maszyn czy diagnostyce procesów. W reprezentacji wiedzy możemy rozpatrywać jej dwie podstawowe postacie: reprezentację symboliczną oraz reprezentację niesymboliczną. Do reprezentacji symbolicznej wiedzy, wykorzystujemy dwie jej postacie. Wyróżniamy tutaj wiedzę proceduralną oraz wiedzę deklaratywną [2]. Reprezentacja proceduralna pozwala na reprezentację wiedzy w postaci zbioru procedur, których działanie reprezentuje wiedzę z określonej dziedziny. Reprezentacja deklaratywna pozwala na opis wiedzy w postaci zbioru faktów stwierdzeń i reguł. Elementy te stanowią podstawę do zapisu wiedzy w bazach wiedzy. Do opisu wiedzy projektowej stosuje się zarówno opis w postaci wiedzy proceduralnej jak również deklaratywnej. Obecne możliwości techniczne i metodyczne pozwalają na zapis obydwu typów wiedzy w systemach komputerowych. Do reprezentacji niesymbolicznej wiedzy, zaliczamy metody odwołujące się do obserwacji i doświadczeń spotykanych głównie w świecie przyrody. Zaliczamy tutaj np. sieci neuronalne, algorytmy genetyczne, algorytmy mrówkowe itp.

Szerokie zastosowanie w metodyce reprezentacji wiedzy znalazły ontologie [13][7]. Pojęcie Ontologii zostało zaczerpnięte z filozofii i nazywa się nim dział filozofii, który najogólniej mówiąc opisuje charakter i strukturę rzeczywistości. Inne znaczenie słowa ontologia jest wykorzystywane w takich dziedzinach jak informatyka i sztuczna inteligencja, gdzie ontologie wykorzystuje się do zapisu wiedzy. W inżynierii wiedzy istnieje wiele różnych definicji ontologii. Jedną z definicji, opracowaną przez Toma Krugera, podaje, że ontologia jest "wyraźną specyfikacją konceptualizacji". W tym przypadku słowem tym opisuje się pewien sposób zapisu wiedzy, umożliwiający jej reprezentację, wielokrotne wykorzystanie i wymianę tak między ludźmi jak i maszynami. Zapisanie wiedzy projektowej w postaci ontologii, pozwoli na różnorodne jej wykorzystanie na wiele różnych sposobów. Takie podejście umożliwia użycie tej samej wiedzy przez ludzi i programu komputerowe.

Innym ciekawym sposobem zapisu wiedzy projektowej jest opracowane przez grupę badawczą metodologia MOKA [11]. Metodologia ta została opracowana w ramach projektu realizowanego we współpracy środowisk naukowych i firm głównie lotniczych i motoryzacyjnych. Według tej metodologii wiedza zapisywana jest w postaci dwóch modeli: informacyjnym i formalnym. W modelu informacyjnym przygotowany został zestaw szablonów, umożliwiających zapisanie wiedzy w postaci [10]:

- ilustracji,
- ograniczeń,
- aktywności,
- reguł,
- obiektów.

W modelu formalnym, wiedzę opisaną w postaci modelu informacyjnego zapisuje się w języku UML (Unified Modelling Language).

Sposób zapisu wiedzy jest istotną częścią proponowanego systemu. Jednakże jego poprawne działanie będzie związane nie tylko ze sposobem reprezentacji wiedzy, ale przede wszystkim z tym co zostanie zapisane. Działanie systemu ma opierać się na weryfikacji poprawności efektów pracy projektanta. Przewiduje się, że system będzie mógł weryfikować kilka aspektów pracy projektanta, czy konstruktora. Pierwszym aspektem jest spełnienie wymagań projektowych, jakie zostały postawione przed konstruktorem. Oczywiście należy tutaj wziąć po uwagę wymagania zarówno ilościowe jak i jakościowe. Drugim aspektem, który zostanie uwzględniony w działaniu systemu jest kontrola ograniczeń związanych z projektowanym obiektem. Można tutaj uwzględnić weryfikację ograniczeń technologicznych związanych np. z dostępnym parkiem maszynowym, środkami przeznaczonymi na realizację projektu lub możliwościami technologicznymi dostępnymi w chwili obecnej. Innym typem ograniczeń są ograniczenia konstrukcyjne, uniemożliwiające zaprojektowanie poprawnego pod względem konstrukcyjnym elementu lub zespołu. Przykładem takiego ograniczenia może być nadmierne ugięcie wałka przekładni zębatej, mające wpływ na doleganie powierzchni bocznej współpracujących zębów. Kolejnym elementem, który może zostać poddany weryfikacji może być zbiór kryteriów, które muszą zostać spełnione podczas projektowania danego środka technicznego. Kolejnym aspektem, który może zostać uwzględniony w czasie weryfikacji przez system, będzie sprawdzenie poprawności przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych pod kątem ich współpracy z innymi elementami projektowanego środka technicznego. Aby system mógł nadzorować pracę projektanta, konieczne jest określenie i zapisanie ograniczeń związanych z projektowanym obiektem technicznym. Źródłem takiej wiedzy są przede wszystkim dane projektowe, będące danymi wyjściowymi do projektowanego układu. Dane do projektu są wynikiem przeprowadzonej analizy zadania projektowego uwzględniającej takie elementy jak:

- Opis potrzeby
- Wymagania projektowe
 - Wymagania ilościowe
 - Wymagania jakościowe
- Ograniczenia
 - Ograniczenia technologiczne
 - Ograniczenia konstrukcyjne
- Zbiór kryteriów projektowych.

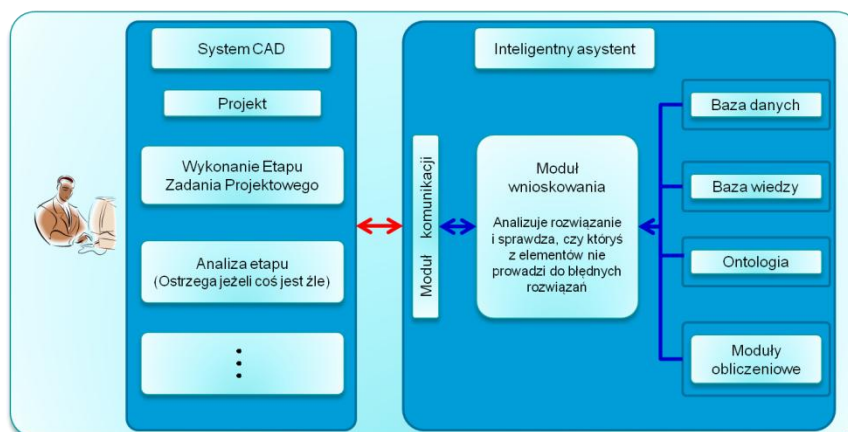
Aby można było przeprowadzić proces analizy danego rozwiązania projektowego konieczne są informacje wstępne o możliwościach zarówno konstrukcyjnych jak i technologicznych, dostępnych konstruktorowi. Konieczne będzie zapisanie bazy danych zawierających informacje na temat dostępnych tworzyw, technologii, bibliotek gotowych elementów zarówno znormalizowanych jak i własnych rozwiązań. W bazie wiedzy konieczne będzie zapisanie wiedzy projektowej. Przewiduje się możliwość zapisania wiedzy ogólnej dotyczącej danego typu zagadnień projektowych, przykładów rozwiązań konstrukcyjnych oraz zasad konstrukcji. Musi być również przewidziana możliwość zapisu informacji nt. kryteriów technologicznych czy

ekonomicznych, które będą stanowiły przesłankę do analizy danego rozwiązania konstrukcyjnego.

Na Rys. 3 przedstawiono ogólny schemat działania proponowanego systemu. Zakłada się, że system ten będzie dodatkowym narzędziem, umożliwiającym wspomaganie pracy konstruktora, pracującego w dowolnym środowisku CAD. Konstruktor wykonując dane zadanie projektowe będzie mógł po wykonaniu pewnych etapów przeanalizować poprawność przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych.

System wspomagający pracę konstruktora będzie składał się z kilku podukładów. Pierwszy podukład to podukład służący do zapisu danych i wiedzy projektowej. podukład ten składa się z następujących elementów:

- Baza danych - w niej zostaną zapisane informacje np. o tworzywach, dostępnych technologiach, ograniczeniach technologicznych i ekonomicznych.
- Baza wiedzy - miejsce, gdzie zapisana zostanie dostępna wiedza projektowa.
- Ontologia - w niej zostanie zapisana wiedza ogólna i szczegółowa.
- Moduły obliczeniowe - podukłady umożliwiające wykonanie pewnych obliczeń koniecznych do przeprowadzenia analizy.



Rys. 3 Elementy systemu

Głównym elementem systemu będzie moduł wnioskowania. Działanie modułu wnioskowania będzie opierało się na wykorzystaniu metod sztucznej inteligencji do analizy rozwiązania konstrukcyjnego. Wykorzystane metody, na podstawie zgromadzonej wiedzy i danych, będą umożliwiały przekazanie konstruktorowi właściwej informacji dotyczącej wyników przeprowadzonej analizy. W chwili obecnej rozpatrywane są trzy grupy metod, które byłyby wykorzystywane do analizy:

- Metody heurystyczne
- Sieci przekonań
- Ukryte modele Markowa

Posumowanie

System jest w chwili obecnej jest w trakcie opracowywania. Tworzone są jego poszczególne elementy i w kolejnych etapach zostanie on uruchomiony i przetestowany i weryfikowany. System taki może być wykorzystany nie tyle przy pracy pojedynczego konstruktora, ale przede wszystkim w pracy grupowej. Zastosowanie takiego systemu w pracy grupowej umożliwi automatyzację procesu weryfikacji dopasowania różnych podzespołów projektowanych przez różnych konstruktorów. System może na bieżąco sprawdzać, czy elementy wspólne lub zależne pasują do siebie i czy spełnione są wymagania stawiane nie tylko poszczególnym podzespołom, ale przede wszystkim całemu projektowanemu urządzeniu. Innym miejscem, gdzie tego typu rozwiązanie może być zastosowane są projekty wykorzystujące wiedzę interdyscyplinarną, wykonywane przez inżynierów specjalistów z różnych dziedzin. W takim przypadku również konieczna jest kontrola nie tylko poszczególnych podukładów, ale przede wszystkim ważne jest spełnienie wymagań konstrukcyjnych dla całego układu.

Literatura

- [1] Dankwort C.W. i inni: Engineers' CAx education - it's not only CAD. Computer-Aided Design 36 (2004), ss. 1439–1450.
- [2] Cichocki P. Pokojski J.: Metodyka przechowywania wiedzy projektowej w budowie maszyn. IPBM Politechnika Warszawska, Warszawa, 2001.
- [3] Dietrych J.: System i konstrukcja. WNT, Warszawa, 1985.
- [4] Dokumentacja programu Autodesk AutoCAD Mechanical.
- [5] Dokumentacja programu Autodesk Inventor.
- [6] Dokumentacja programu CATIA.
- [7] Gómez-Pérez A., Fernández-López M. Corcho O.: Ontological Engineering. Springer-Verlag London Limited 2004
- [8] Managing Engineering Knowledge. MOKA - project. London, Professional Engineering Publishing Limited.
- [9] Pokojski J.: Inteligentne wspomaganie procesu integracji środowiska do komputerowo wspomaganego projektowania maszyn. WNT, Warszawa 2000.
- [10] Pokojski J.: Systemy doradcze w projektowaniu maszyn. WNT, Warszawa, 2005.
- [11] Sainter P., Oldham K., Larkin A., Murton A. and Brimble R.: "Product Knowledge Management within Knowledge-Based Engineering Systems", Paper DETC00/DAC-14501, ASME 2000 Design Engineering Technical Conference, Baltimore, Maryland, September 2000.
- [12] Skarka W.: Metodologia Procesu projektowo-konstrukcyjnego opartego na wiedzy. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2007. [16]
- [13] Staab S. Studer R (Eds.) Handbook on Ontologies. 2nd ed., SpringerVerlag, Berlin Heidelberg 2009