

Jerzy Pokojski

Komputerowe wspomaganie realizacji procesu projektowo - konstrukcyjnego

Politechnika Warszawska
Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych
Studia Podyplomowe dla Nauczycieli Przedmiotów Zawodowych
02-524 Warszawa, ul. Narbutta 84, tel (22) 849 43 07, (22) 234 83 48
ipbmvr.simr.pw.edu.pl/spin/, e-mail: sto@simr.pw.edu.pl

Opiniodawca: prof. dr hab. inż. Jerzy WRÓBEL

Projekt okładki: Norbert SKUMIAŁ, Stefan TOMASZEK

Projekt układu graficznego tekstu: Grzegorz LINKIEWICZ

Skład tekstu: Janusz BONAROWSKI

Publikacja bezpłatna, przeznaczona dla słuchaczy Studiów Podyplomowych
Komputerowe Wspomaganie Projektowania z Podstawami Wzornictwa
Przemysłowego.

Copyright © 2010 Politechnika Warszawska

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany
ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych,
kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody posiadacza praw
autorskich.

ISBN 83-89703-27-0

Druk i oprawa: Drukarnia Expol P. Rybiński, J. Dąbek Spółka Jawna,
87-800 Włocławek, ul. Brzeska 4

Spis treści

1. Charakterystyka procesów projektowych.....	7
2. Modele procesów projektowych	11
3. Operowanie zmianą w projektowaniu	15
4. Planowanie procesów projektowych	19
5. Konceptje Concurrent Engineering	23
6. Przebieg procesów projektowych.....	27
7. Techniki komputerowe we wspomaganii procesów projektowych - modelowanie geometryczne i analizy	31
8. Techniki komputerowe we wspomaganii procesów projektowych - praca w środowisku rozproszonym.....	37
9. Techniki komputerowe we wspomaganii procesów projektowych - zagadnienia składowania i zarządzania wiedzą projektową.....	41
10. Metody Knowledge Based Engineering.....	47
11. Literatura.....	51

Wstęp

Niniejsze materiały zostały opracowane w ramach realizacji Projektu pod nazwą Studia Podyplomowe dla Nauczycieli Przedmiotów Zawodowych kierunku „KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE PROJEKTOWANIA I WYTWARZANIA”, współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego – PROGRAM OPERACYJNY KAPITAŁ LUDZKI. Przeznaczone są dla słuchaczy tych studiów prowadzonych na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej.

Celem opracowania było zaprezentowanie charakterystyki procesów projektowo-konstrukcyjnych realizowanych we współczesnym przemyśle.

Opracowanie obejmuje następujące zagadnienia: charakterystykę procesów projektowych, modele procesów projektowych, planowanie zadań projektowych, aspekty związane z pracą projektantów w środowisku rozproszonym, inżynierię współbieżną, podejścia uwzględniające cykl życia produktu, narzędzia CAD/CAE, składowanie i zarządzanie wiedzą projektową, narzędzia oparte na wiedzy w projektowaniu.



Charakterystyka procesów projektowych

W tym rozdziale:

- Procesy projektowe
- Metody i narzędzia ich wspomaganie

W drugiej połowie XX wieku nastąpił poważny wzrost stopnia kompleksowości produktów oferowanych przez przemysł [5, 6, 25, 40, 41, 44]. Zjawisko to jest widoczne praktycznie w każdym obszarze. Dotyczy zarówno sprzętu gospodarstwa domowego, jak i komputerów, pojazdów, itd. Produkty spełniają coraz bardziej wyrafinowane oczekiwania użytkowników. W wielu obszarach możliwe jest zamówienie egzemplarzy produktów o cechach określonych indywidualnie przez klienta. Generalnie, produkty tanieją i stają się coraz bardziej niezawodne. Występuje silna indywidualizacja produktów w zależności od rynków, na których są one oferowane. Podejmowane są wysiłki zmierzające do stworzenia produktów, które są adresowane do określonych, niekiedy nawet bardzo wąskich, grup klientów.

Wiele produktów wykorzystuje moduły oparte na technice komputerowej. Coraz powszechniejsze jest stosowanie, w konstrukcji produktów, rozwiązań mechatronicznych (ich funkcjonowanie oparte jest zarówno na modułach mechanicznych jak i elektronicznych i software'owych). Nie są to jednak klasyczne układy automatyki dołączane do układów mechanicznych. W mechatronice projektuje się wszystkie moduły konstrukcji (mechaniczne, elektroniczne, software'owe) równolegle, w sposób równouprawniony.

Procesy projektowania klas produktów, scharakteryzowanych powyżej, stają się coraz bardziej kompleksowe. Chodzi tu zarówno o ich pierwotną złożoność jak i o ilość wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi układami. Projektując tej klasy produkty należy uwzględniać wiele różnych zjawisk, tworzyć ich modele w oparciu o różne dyscypliny. Prowadzi to do konieczności posiadania przez projektantów coraz głębszej wiedzy zawodowej z coraz szerszego obszaru zagadnień. Problem ten jest praktycznie rozwiązywany przez coraz głębszą, indywidualną specjalizację projektujących oraz wszechobecną pracę zespołową. W ramach jednego procesu projektowego odbywa się współpraca projektantów reprezentujących różne dyscypliny. Specjaliści dysponują własnym warszatem – metodami projektowymi i narzędziami. Większość narzędzi wspomagających prace projektowe oparta jest na technikach

komputerowych. Najczęściej wyodrębniamy trzy grupy narzędzi komputerowych wspomagających prace projektowe: 1) CAD - Computer Aided Design - komputerowo wspomagane projektowanie, 2) CAE - Computer Aided Engineering – komputerowe wspomaganie prac inżynierskich, 3) CAM - Computer Aided Manufacturing - komputerowo wspomagane wytwarzanie.

Systemy CAD są przeznaczone głównie do tworzenia komputerowych modeli geometrycznych konstrukcji. Mówimy o modelowaniu 2D i 3D. Modelowanie 2D nawiązuje do klasycznej dokumentacji projektowej tworzonej dawniej na papierze. Podobne są i tutaj koncepcje i rozwiązania. Mamy zbiory podstawowych elementów geometrycznych, w oparciu, o które tworzone są bardziej zaawansowane modele. Do tego dochodzą, obszerne w dzisiejszych systemach, możliwości edycyjne. Modele, rysunki 2D są przeznaczone w większości przypadków dla „ludzkiego” odbiorcy. Automatyczne wykonanie na ich podstawie dokumentacji 3D jest na ogół trudne i pracochłonne.

Modele geometryczne 3D pozwalają na tworzenie komputerowego modelu konstrukcji w 3 wymiarach, który jest wizualizowany na płaskim ekranie komputera. Tworzenie modeli 3D odbywa się również w oparciu o biblioteki podstawowych elementów oraz w oparciu o narzędzia parametryzacji, pozwalające zmieniać parametry wybranych atrybutów modelu przy zachowaniu niezmienności innych atrybutów i relacji. Modele 3D pozwalają na efektywne tworzenie, na ich podstawie, kolejnych modeli, np. modeli obliczeniowych, modeli obiektów po wykonaniu kolejnych operacji procesów technologicznych, modeli symulacyjnych, itd. Tworzenie modeli 2D z modeli 3D na ogół jest realizowalne automatycznie.

Systemy CAE to przede wszystkim narzędzia komputerowe pozwalające sprawdzić konstrukcję pod względem wytrzymałościowym, wykonać symulację komputerową, itd.

Systemy CAM zapewniają możliwość przygotowania procesów technologicznych elementów konstrukcyjnych. Są głęboko związane z określonymi technologiami czy też konkretnymi typami obrabiarek czy oprzyrządowania.

Jednym z efektów globalizacji jest realizacja zadań projektowych zespołowo w środowisku rozproszonym geograficznie. Rozproszone zespoły projektowe są tworzone do realizacji określonych, aktualnych zadań projektowych. Środkiem komunikacji projektantów są również w tym przypadku narzędzia komputerowe. Stosowana jest zarówno

ROZDZIAŁ 1

komunikacja synchroniczna (bezpośrednia komunikacja głosowa lub wizualna) jak i asynchroniczna (np. komunikacja za pomocą poczty elektronicznej, sieciowe udostępnianie informacji za pomocą repozytoriów komputerowych).

W ramach realizowanych procesów projektowych wykonuje się dużo obliczeń, buduje się wiele różnych modeli komputerowych, które się następnie bada. Procesy projektowe są realizowane przez projektantów, którzy posiadają i rozwijają w trakcie prac inżynierskich swoją własną wiedzę zawodową. Obecnie zaczęto zwracać uwagę na zagadnienia składowania i zarządzania wiedzą. Buduje się narzędzia komputerowe, których zadaniem jest lepsze wykorzystanie istniejącej wiedzy projektowej. Są to: komputerowe repozytoria wiedzy (KM- Knowledge Management – zarządzanie wiedzą) oraz aplikacje pozwalające na efektywniejsze wykorzystanie zamodelowanej komputerowo wiedzy we wspomaganiu prac projektowych (KBE- Knowledge Based Engineering – inżynieria oparta na wiedzy)

Narzędzia komputerowe znalazły również zastosowanie w zarządzaniu procesami projektowymi oraz zarządzaniu całym cyklem życia produktu (PDM - Product Data Management - zarządzanie danymi produktu, PLM- Product Lifecycle Management – zarządzanie cyklem życia produktu).

2

Modele procesów projektowych

W tym rozdziale:

- Charakterystyka modeli procesów projektowych
- Typowe struktury realizowanych zadań projektowych

Druga połowa XX wieku przyniosła szereg prób mających na celu wypracowanie ogólnych teorii prowadzenia prac projektowych (prace Pahl'a i Beitz'a, Suha, Ullmana [6, 28, 29, 44]). W Polsce najbardziej znane to prace Dietrycha, Osińskiego i Wróbla.

Zasadniczym zadaniem teorii prowadzenia prac projektowych jest zapewnienie skutecznych dróg poprawy jakości realizowanych zadań projektowych. Najczęściej tworzone są ogólne wytyczne mające na celu uczynienie procesów projektowych bardziej efektywnymi.

Pahl i Beitz proponują koncepcję projektowania metodycznego opartą na etapowej realizacji całego procesu. Etapy są realizowane po kolei, sekwencyjnie. Etapy procesu projektowego w koncepcji Pahl'a i Beitz'a:

- uściślanie sformułowania zadania projektowego,
- przygotowanie projektu koncepcyjnego,
- przygotowanie projektu konstrukcyjnego,
- przygotowanie projektu realizacyjnego.

W pracach Osińskiego i Wróbla ([28] i inne) zaproponowano zamodelowanie zadania projektowego jako matematycznie sformułowanego zadania optymalizacji. Elementami opisu są zmienne projektowe, które mogą być dobierane przez projektujących w procesie projektowania, które muszą także spełniać ograniczenia wynikające z odnośnej wiedzy inżynierskiej. Dodatkowo przyjmuje się w tej koncepcji postulat doboru kryteriów jakości, które pozwalają na wybór konstrukcji najlepszej pod pewnymi, założonymi względami. Całość zakłada możliwość matematycznego wyrażenia powyższych elementów w formie równań i nierówności. Tak sformułowany problem jest następnie zamodelowany komputerowo jako zadanie optymalizacji i poddany procedurze rozwiązywania za pomocą narzędzi komputerowych.

Procesy projektowe realizowane obecnie w przemyśle najczęściej są realizowane zespołowo. Stosunkowo dużo uwagi poświęca się tej klasie problemów. Powstaje cały szereg podejść i narzędzi mających za zadanie wspomaganie projektowania w zespołach projektantów. Bada się relacje

między członkami zespołów projektujących, wyodrębnia pełnione przez członków zespołu role. Informacje te stają się podstawą do stworzenia środowisk komputerowych coraz lepiej dostosowanych do spotykanych realiów. Często są to również zadania realizowane w środowisku rozproszonym geograficznie.

W dzisiejszym przemyśle można zaobserwować kilka dominujących typów realizowanych zadań projektowych [25, 44]:

1. projektowanie oparte na selekcji jednego z dostępnych rozwiązań; jest to sytuacja typowa gdy firma ma przygotowanych kilka rozwiązań projektowych- projektowanie to wybór najlepszego, najlepiej dopasowanego do danej sytuacji rozwiązania,
2. projektowanie oparte na konfiguracji; podobnie jak w pierwszym przypadku są gotowe rozwiązania; w ramach projektowania odbywa się dobór różnych elementów i układów, które muszą spełniać określone wzajemne relacje,
3. projektowanie parametryczne; dostępne są gotowe rozwiązania, w których można zmieniać wartości parametrów wybranych atrybutów,
4. projektowanie oryginalne; w tym przypadku chodzi o stworzenie czegoś nowego,
5. projektowanie oparte na przeprojektowaniu; jest to rozwój projektowy istniejącej konstrukcji; przy czym może być to wykorzystanie w różnym zakresie różnych typów projektowania wymienionych wcześniej.

3

Operowanie zmianą w projektowaniu

W tym rozdziale:

- Pojęcie zmiany w projektowaniu
- Problemy decyzyjne w projektowaniu

Obecnie, procesy projektowe w przemyśle realizowane są w oparciu o koncepcje Concurrent Engineering (CE – inżynieria współbieżna) [5, 6, 44]. Celem tego podejścia jest podniesienie efektywności procesów inżynierskich poprzez w miarę równoległą i skoordynowaną realizację różnych ich składników, np. projektowanie połączone z równoczesnym przygotowywaniem procesów produkcyjnych. Ma to na celu zarówno uefektywnienie procesów inżynierskich jak i stosunkowo wczesne dostrzeżenie błędów. Niezbędnym warunkiem tych koncepcji jest wszechobecność narzędzi komputerowych pośredniczących w realizacji poszczególnych zadań.

Projektuje się coraz szybciej i coraz intensywniej. Projektowane i produkowane potem produkty są coraz wyższej jakości. Z drugiej jednak strony procesy projektowe są coraz bardziej złożone i kompleksowe.

Stosunkowo rzadko możemy spotkać projektowanie nowego produktu od podstaw. Przeważnie projektowanie odbywa się poprzez ewolucyjne wprowadzanie zmian w produkowanej już aktualnie konstrukcji. Proces projektowania trwa praktycznie permanentnie do momentu uruchomienia produkcji. Zdarza się, że trwa jeszcze po jej rozpoczęciu.

W przypadku procesów projektowych wielu produktów o dużym stopniu złożoności, w związku z ich ciągłym przeprojektowywaniem, zachodzi potrzeba utrwalania wiedzy na temat powiązań projektowych pomiędzy różnymi składnikami procesu projektowego w celu późniejszego jej wykorzystania w kolejnych iteracjach projektowych. Chodzi o to aby wprowadzanie konkretnej zmiany projektowej w produkowanej konstrukcji odbywało się przy w miarę dużej świadomości konsekwencji tego kroku.

Na sytuację przedstawioną powyżej nakłada się jeszcze fakt, że u końca XX wieku w wielu branżach pojawiła się tendencja do tworzenia doraźnie, w zależności od realizowanych zadań projektowych, zespołów, które projektują działając w rozproszeniu geograficznym. Powyższa forma współpracy stała się bardzo popularna w wielu branżach m.in. w przemyśle samochodowym. Powiązanie tego zjawiska z projektowaniem ewolucyjnym rodzi obfitość wersji projektowych

i obfitość związanej z nimi dokumentacji projektowej. Stąd konieczność stosowania specjalnych narzędzi (systemy PDM i PLM) do składowania i zarządzania bardzo obszerną dokumentacją projektową.

4

Planowanie procesów projektowych

W tym rozdziale:

- Planowanie w projektowaniu
- Narzędzia i zarządzanie procesami projektowymi
- Konceptcje współpracy zespołów projektujących

Wzrost kompleksowości realizowanych zadań projektowych, wieloosobowe zespoły projektantów funkcjonujące w rozproszeniu jak też rosnące wymagania w zakresie efektywności realizacji procesów projektowych sprawiły, że zaczęto tworzyć metody mające na celu racjonalne planowanie zadań projektowych [6, 44]. Metody te zwykle są wspomagane komputerowo.

Systemy komputerowe przeznaczone do planowania i zarządzania zadaniami projektowymi pozwalają na zamodelowanie danego procesu projektowego z dokładnością do poszczególnych dni czy też tygodni. Umożliwiają przypisanie poszczególnych zadań cząstkowych określonym osobom. Jednocześnie, poza budową i wizualizacją planu procesu projektowego, pozwalają na monitoring realizacji procesu. Na bieżąco, w trakcie realizacji projektu, jego wykonawcy mają możliwość informowania o swoich dokonaniach oraz udostępniania pozostałym wykonawcom opracowanej przez siebie dokumentacji projektowej. Wymienione funkcje są realizowane przez system.

Dzisiejsza generacja narzędzi wspomagających planowanie zadań projektowych przeważnie funkcjonuje w środowisku rozproszonym [20]. Interfejs graficzny oprogramowania stanowią na ogół dynamicznie generowane wykresy Ganta. Za pomocą tych wykresów można obserwować zarówno zadania zaplanowane jak i zadania będące w realizacji. Stosunkowo łatwo można zorientować się w stopniu zaawansowania poszczególnych elementów projektu.

Dosyć istotną funkcją tych systemów jest możliwość modelowania i rozważania różnych wariantów realizacyjnych danego zadania projektowego. Często w realizacji zadań projektowych zachodzi potrzeba dokonywania bieżącej korekty planów będących już w realizacji. Służą do tego dostępne narzędzia edycyjne.

Cenną cechą tego oprogramowania jest to, że pozwala ono uchwycić problemy koordynacji cząstkowych zadań projektowych w przypadku zadań o rozbudowanej strukturze.

Dzisiejsza generacja systemów wspomagających procesy planowania jest wyposażona w bogatą infrastrukturę do pracy w internecie. Są to najczęściej możliwości związane ze stosowaniem poczty elektronicznej, forum, programów do komunikacji synchronicznej.

Oferowane oprogramowanie stopniowo zaczęło wzbogacać o możliwości bieżącego monitoringu zadań projektowych. Następnie dodano możliwości w zakresie planowania i zarządzania koordynacją działań. Ważną rolę pełnią narzędzia do wprowadzania zmian edycyjnych, bieżących korekt realizowanych planów.

Na ogół oprogramowanie to zapewnia możliwość przesłania szeregu wariantów budowanego planu.

Odmianą formą planowania jest budowanie standardowych list czynności projektowych, które stanowią wzorce realizacyjne określonych procesów.

Jest to właściwie już inne zagadnienie. Polega ono bowiem na utrwalaniu doświadczeń związanych z realizacją określonych zadań inżynierskich. Zwykle dzisiejsze zadania inżynierskie składają się z szeregu, wykonywanych kolejno czynności. Każda z tych czynności ma związane ze sobą zasoby wiedzy obejmujące zarówno wiedzę ogólną jak i wiedzę ściśle specjalistyczną.

Generalnie, wiedza, w tym i wiedza inżynierska, się rozwija. Zmienia się wiedza stojąca za poszczególnymi procesami inżynierskimi, decydująca o ich rzeczywistym przebiegu. Wiedza stanowi dla inżyniera kluczowy i jeden z najważniejszych zasobów. W wielu przypadkach pracodawcy dostrzegają problem utrwalania wiedzy szczególnie wartościowej, polecanej do ponownego stosowania. Jedną z popularniejszych form jest stosowanie wspomnianych list czynności projektowych, które powstają jako ekspozycja wiedzy inżynierskiej przeznaczona do ponownego wykorzystania.

Często występującą formą zapisu list czynności są arkusze kalkulacyjne zawierające dużą ilość składników odnoszących się do szczegółów tych czynności. Jest to zatem pewien zapis wiedzy oraz zapis planu postępowania w określonych warunkach. Jeżeli mamy takich wzorcowych planów dużo to można dobierać plany do zaistniałej sytuacji, czyli w zasadzie jest to planowanie w oparciu o istniejące plany wzorcowe.

Podobną sytuację można także spotkać w środowiskach pozwalających modelować plany procesów projektowych. Mówiliśmy o nich na

ROZDZIAŁ 4

początku rozdziału. Zwykle środowiska te mogą być wykorzystywane w jednej z następujących sytuacji:

1. planowanie aktualnie realizowanego zadania inżynierskiego – tak jak to przedstawiono w pierwszej części rozdziału,
2. prezentacja planów zadań inżynierskich zrealizowanych w przeszłości, znajdujących się w archiwum (komputerowym), w celu przeanalizowania procesu realizacji tych procesów i wykorzystania wynikającej stąd wiedzy w zadaniach planowanych i aktualnie realizowanych; zwykle zadania inżynierskie z przeszłości mogą być powiązane z innymi źródłami wiedzy np. wiarygodną informacją finansową,
3. wykonanie kilku wariantów planu realizacji aktualnego zadania w celu jego ukierunkowania czy też optymalizacji.

Systemy do planowania zadań inżynierskich mogą zawierać cały szereg elementów graficznych nawiązujących bezpośrednio do wizualizacji realizowanych projektów jak też i składników będących metaforami rozproszenia geograficznego, określonej formy komunikacji, etapu procesu, itp.

5

Koncepcje Concurrent Engineering

W tym rozdziale:

- Geneza Concurrent Engineering
- Charakterystyka podejścia

Concurrent Engineering (CE) zaczęto stosować jako koncepcję w miarę równoległego prowadzenia procesów inżynierskich występujących w projektowaniu i przygotowaniu procesów produkcyjnych [40, 41, 44]. Koncepcje CE znalazły się w szerokim zastosowaniu. Praktycznie możemy mówić o ich wszechobecności. Ich zakres może być bardzo różny w zależności od branży, rozmiarów firmy.

W koncepcjach CE dużą wagę przywiązuje się do narzędzi informatycznych, których zadaniem jest zapewnienie zarówno szybkiej wymiany informacji jak i zaoferowanie możliwości składowania informacji w różnego typu repozytoriach komputerowych.

W CE dostrzega się obecność i kluczową rolę procesu projektowego, który składa się z poszczególnych kroków projektowych. Kroki projektowe mają swoje metody i narzędzia wspomagające.

Koncepcje stosowane w CE nie ograniczają się wyłącznie do zagadnień scharakteryzowanych powyżej. Z czasem, wraz z rozwojem CE zaczęto skupiać się na różnych przedsięwzięciach mających za zadanie ułatwiać współpracę zespołów projektujących i przygotowujących procesy produkcyjne. W grę wchodzi przedsięwzięcia mające na celu podniesienie jakości projektowanych produktów oraz oferujące efektywniejsze prowadzenie procesów inżynierskich. Dużo rozwijanych podejść dotyczy integracji środowisk komputerowych stosowanych we wspomaganiu prac inżynierskich. Dąży się do zapewnienia łatwości integrowania i podniesienia stopnia stabilności funkcjonowania oprogramowania wspomagającego procesy projektowe. Wypracowywane rozwiązania zmierzają do realizacji wielodyscyplinowości w projektowaniu oraz szerokiego stosowania metod optymalizacji.

Opracowywane metody i narzędzia mają za zadanie wspomagać różne etapy procesów inżynierskich: od tworzenia wstępnych koncepcji, poprzez projektowanie szczegółowe aż do przygotowania procesów produkcyjnych, serwisowania, eksploatacji, itp. Obecnie występuje w tak określonej grupie zagadnień wiele wąsko specjalizowanych obszarów zastosowań rozwiązań CE. Np. systemy wspomagające procesy kosztorysowania, systemy pozwalające pozyskiwać wiedzę inżynierską, systemy zarządzające wiedzą, rozwiązania wirtualnego przedsiębiorstwa, metody zaawansowanego wytwarzania, kastomizacja, i wiele innych.

Obszar zainteresowań jest rozległy i posiada wiele różnych perspektyw związanych z typem obiektu, branżą, sytuacją ekonomiczną, stosowanymi wcześniej rozwiązaniami.

Większość nowych trendów i rozwiązań wynika z sytuacji zaistniałych realnie np. rozproszenia będącego wynikiem globalizacji, konieczności współpracy wielu partnerów, konieczności integracji ich zasobów, konieczności zapewnienia możliwości łatwego modelowania integracji tych zasobów, itd.

6

Przebieg procesów projektowych

W tym rozdziale:

- Procesy projektowe
- Etapy procesów projektowych
- PLM – zasadnicze koncepcje

Produkty końca XX wieku odznaczają się, wspomnianym wcześniej, znacznym wzrostem stopnia kompleksowości. Znacznemu podwyższeniu uległa też ich jakość. Z drugiej strony wzrosły również wymagania klientów, podwyższono szereg wymagań gwarantowanych prawnie, ważne stało się zapewnienie długoterminowego serwisu. Przy rosnącej konkurencji bardzo szeroka stała się oferta rynkowa.

Zjawiskiem, które pojawiło się równolegle jest globalizacja objawiająca się koniecznością współpracy producentów z wieloma partnerami funkcjonującymi na rynku globalnym.

Sytuacja zasygnalizowana powyżej sprawiła, że została stworzona nowa koncepcja organizacji procesów inżynierskich. Chodziło w tym podejściu przede wszystkim o objęcie jego zasięgiem całego życia produktu - od pierwszych koncepcji do jego utylizacji. Podstawowy cel to u efektywne czynności związanych z życiem produktu. Podejście to zostało określone mianem Zarządzania Życiem Produktu (ang. Product Lifecycle Management - PLM) [40, 41, 44].

Zastosowania tego podejścia spotykane w realiach przemysłowych mogą być bardzo różne. Może to być system, który pozwala zarządzać wszystkimi wykreowanymi wersjami dokumentacji inżynierskiej, których niekiedy bywa bardzo dużo. Może on być wyposażony w moduły pozwalające na kontrolę i zarządzanie kosztowymi aspektami procesów inżynierskich. Może koncentrować się na zjawiskach serwisowych oferując stosowną do wersji produktu dokumentację. Może też zbierać informacje serwisowe mówiące o eksploatacji produktów i dostarczać je zespołom projektantów.

Jeżeli uwzględnimy cały cykl życia produktu to możliwości realizacyjnych tych koncepcji jest bardzo wiele. Wszystkie one jednak wiążą się z kosztami, inwestycjami. Stąd przeważnie w konkretnych firmach powstają listy priorytetów, które są spełniane w racjonalnej kolejności.

Firmy komercyjne – producenci oprogramowania wspomagającego prace inżynierskie mają w swojej ofercie gotowe rozwiązania w zakresie

PLM przeznaczone dla określonych klas produktów w znacznym stopniu uwzględniające specyfikę ich cyklu życia.

Podsumowując, w praktyce, w realnym przemyśle, możemy spotkać wiele różnych przykładów stosowania koncepcji PLM. Można tu wymienić systemy monitorujące produkcję, rejestrujące czasy obróbek oraz szereg innych informacji na temat poszczególnych partii obrabianych elementów. Systemy tej klasy gromadzą szczegółowe informacje na temat realizowanych procesów produkcyjnych. Informacje te mogą być bezpośrednio zintegrowane z informacją finansową. W rezultacie po wykonaniu odpowiednich przeliczeń dostępne są na bieżąco dokładne informacje związane z konkretnymi procesami produkcyjnymi, konkretnymi obróbkami realizowanymi na konkretnych maszynach.

Innym przykładem może być system zarządzający dokumentacją projektową, gdzie każdy dokument może posiadać wiele wersji, może być efektem współpracy z innym partnerem, jego opis może być wykonany w różnych językach. Systemy tej klasy pozwalają na szybkie wyszukiwanie potrzebnej dokumentacji na podstawie załączanych do dokumentów opisów zawierających przynajmniej słowa kluczowe.

Bardzo wiele uwagi poświęca się aplikacjom, których zadaniem jest przetwarzanie dokumentacji zapisanej na papierze na dokumentację w formie elektronicznej. Stosowane rozwiązania pozwalają uchwycić w niektórych przypadkach powiązania występujące pomiędzy dokumentami papierowymi i odtworzyć je w formie elektronicznej. Niektóre z tych aplikacji próbują zaproponować struktury pojęciowe nałożone na raporty pisane w formie tekstowej. Ułatwia to szybkie przeglądanie tekstów i wybór poszukiwanej informacji.

Duża część informacji serwisowej jest obecnie dostępna za pośrednictwem internetu. Najczęściej są to kanały informacji funkcjonujące w dużym stopniu automatycznie. Informacje o różnych wersjach produktu i związanej z nimi informacji serwisowej składowane są w bazach danych. Aktualizacja dostępnej w internecie informacji serwisowej odbywa się bezpośrednio w oparciu o zawartość bazy danych. Jest to szczególnie ważne w przypadku bardzo szerokiej oferty rynkowej większości dzisiejszych produktów.

Wiele przykładów rozwiązań PLM można spotkać bezpośrednio w serwisowaniu. Systemy tej klasy najczęściej „prowadzą” użytkownika przez odpowiednią listę właściwych czynności. Funkcjonując sieciowo pozwalają użytkownikom na dzielenie się wiedzą serwisową.

Podsumowując, w praktyce, w realnym przemyśle, możemy spotkać wiele różnych przykładów stosowania koncepcji PLM. Można tu wymienić systemy monitorujące produkcję, rejestrujące czasy obróbek oraz szereg innych informacji na temat poszczególnych partii obrabianych elementów. Systemy tej klasy gromadzą szczegółowe informacje na temat realizowanych procesów produkcyjnych. Informacje te mogą być bezpośrednio zintegrowane z informacją finansową. W rezultacie po wykonaniu odpowiednich przeliczeń dostępne są na bieżąco dokładne informacje związane z konkretnymi procesami produkcyjnymi, konkretnymi obróbkami realizowanymi na konkretnych maszynach.

Innym przykładem może być system zarządzający dokumentacją projektową, gdzie każdy dokument może posiadać wiele wersji, może być efektem współpracy z innym partnerem, jego opis może być wykonany w różnych językach. Systemy tej klasy pozwalają na szybkie wyszukiwanie potrzebnej dokumentacji na podstawie załączanych do dokumentów opisów zawierających przynajmniej słowa kluczowe.

Bardzo wiele uwagi poświęca się aplikacjom, których zadaniem jest przetwarzanie dokumentacji zapisanej na papierze na dokumentację w formie elektronicznej. Stosowane rozwiązania pozwalają uchwycić w niektórych przypadkach powiązania występujące pomiędzy dokumentami papierowymi i odtworzyć je w formie elektronicznej. Niektóre z tych aplikacji próbują zaproponować struktury pojęciowe nałożone na raporty pisane w formie tekstowej. Ułatwia to szybkie przeglądanie tekstów i wybór poszukiwanej informacji.

Duża część informacji serwisowej jest obecnie dostępna za pośrednictwem internetu. Najczęściej są to kanały informacji funkcjonujące w dużym stopniu automatycznie. Informacje o różnych wersjach produktu i związanej z nimi informacji serwisowej składowane są w bazach danych. Aktualizacja dostępnej w internecie informacji serwisowej odbywa się bezpośrednio w oparciu o zawartość bazy danych. Jest to szczególnie ważne w przypadku bardzo szerokiej oferty rynkowej większości dzisiejszych produktów.

Wiele przykładów rozwiązań PLM można spotkać bezpośrednio w serwisowaniu. Systemy tej klasy najczęściej „prowadzą” użytkownika przez odpowiednią listę właściwych czynności. Funkcjonując sieciowo pozwalają użytkownikom na dzielenie się wiedzą serwisową.

7

Techniki komputerowe we wspomaganie procesów projektowych – modelowanie geometryczne i analizy

W tym rozdziale:

- Techniki komputerowe we wspomaganie procesów projektowych
- Modelowanie geometryczne, analizy
- Metody, narzędzia

W dzisiejszych biurach projektowych korzystanie z systemów komputerowych wspomagających prace inżynierskie stało się powszechne. Początkowo, komputerowe wspomaganie prac inżynierskich obejmowało swym zakresem przede wszystkim prace obliczeniowe. Przeważnie były to zadania wcześniej realizowane ręcznie na papierze, do których napisano oprogramowanie. Następnie, zaczęto tworzyć podejścia i metody przeznaczone wyłącznie do obliczeń prowadzonych na komputerach. Przykładem takiej metody jest metoda elementów skończonych.

Również pierwsze wersje oprogramowania inżynierskiego, przeważnie, były dedykowane konkretnym projektującym w konkretnych biurach projektowych. Stopniowo pojawiła się koncepcja oprogramowania uniwersalnego, wspomagającego prace inżynierskie, przeznaczonego dla szerszej grupy odbiorców.

Później, w miarę pojawiania się możliwości technicznych, zaczęto rozwijać oprogramowanie do modelowania konstrukcji – do tworzenia modeli geometrycznych i innych modeli. Systemy te na ogół miały swoje korzenie zaczerpnięte z określonych dziedzin projektowania inżynierskiego. Poza możliwościami tworzenia modeli konstrukcji zapewniały możliwość ich edycji, itp. Z czasem systemy te zaczęto wyposażać w możliwości zarządzania dokumentacją, w narzędzia do integracji z innym oprogramowaniem, np. integracji systemów do tworzenia modeli geometrycznych z systemami do obliczeń inżynierskich. Postępujący proces uniwersalizacji systemów oferowanych komercyjnie zaowocował pojawieniem się narzędzi, których zadaniem było nadawanie tym systemom zindywidualizowanej postaci, dopasowanej do indywidualnych potrzeb poszczególnych projektujących.

Obecnie można wyodrębnić cztery grupy narzędzi komputerowych wspomagających inżynierskie prace projektowe [20]:

1. narzędzia stosowane bezpośrednio do wspomagania prac projektowych: systemy CAD (Computer Aided Design) przeznaczone do tworzenia modeli geometrycznych konstrukcji,

systemy CAE (Computer Aided Engineering) - przeznaczone do prowadzenia analiz inżynierskich, oraz systemy CAM (Computer Aided Manufacturing) przeznaczone do komputerowego wspomagania procesu przygotowania procesów wytwarzania.

2. narzędzia do składowania i zarządzania dokumentacją projektową; PDM (Product Data Management) – zarządzanie danymi produktu.
3. narzędzia do planowania w projektowaniu.
4. narzędzia do komunikacji pomiędzy projektującymi w trakcie pracy w środowisku rozproszonym.

Systemy CAD stosuje się do budowy modeli geometrycznych konstrukcji. Tworzenie modeli odbywa się przy wykorzystaniu tzw. obiektów podstawowych, są to podstawowe figury geometryczne, najczęściej definiowane na szereg różnych sposobów. Budując modele geometryczne można tworzyć konstrukcje geometryczne, definiując je za pomocą zadawanych parametrów (np. rozmieszczanie otworów, których środki znajdują się na okręgu oddalone o zadany kąt) albo narzucanych relacji (np. równoległość linii; dana jest jedna linia i punkt przez, który ma przechodzić druga, druga linia jest tworzona przez system automatycznie, itp.).

Zwykle tworzenie modeli geometrycznych odbywa się na drodze szkicowania płaskiego, realizowanego za pomocą podstawowych obiektów geometrycznych. W pierwszym kroku powstaje płaski szkic, którego wymiary mają zadane wartości. Mogą być również narzucone pewne relacje, których spełnienie jest wymagane w stosunku do jego elementów. Szkic może być interaktywnie edytowany, można zmieniać wymiary, dodawać wymiary lub usuwać relacje. Szkic może być następnie wykorzystany do tworzenia brył trójwymiarowych. Może to być wyciągnięcie prostopadłe (lub ukośne) obiektu powstałego w trakcie szkicowania, obrót, itp. Bardzo ważna jest możliwość edytowania całości w celu osiągnięcia pożądaných właściwości.

Obecna generacja systemów CAD pozwala utrzymywać informacje o kolejnych czynnościach wykonywanych w procesie tworzenia modelu geometrycznego. Powstały zapis może być użyteczny przy zapoznawaniu się z procesem budowy określonej bryły. Może również pozwolić na odtworzenie procesu z wprowadzonymi modyfikacjami.

Modyfikacje mogą sprowadzać się do zmian wartości niektórych parametrów, wprowadzenia modyfikacji kształtu, itp.

Wiele modeli geometrycznych powstaje na drodze modyfikacji modeli już istniejących. Odpowiada to procesom bardzo często spotykanym w projektowaniu – przeprojektowywaniu.

Modele tworzone za pomocą systemów CAD mogą być modelami bryłowymi, powierzchniowymi, niekiedy tworzone są modele hybrydowe.

Budowa modeli 3D jest na ogół zajęciem pracochłonnym. Poza drogami tworzenia modeli wymienionymi powyżej popularne jest stosowanie sparametryzowanych, dedykowanych bibliotek elementów. Przeważnie dla danego obszaru zastosowań buduje się bibliotekę elementów, które pełnią w nim kluczową rolę, np. w budowie maszyn takim obiektem może być koło zębate, stopień wału maszynowego, itp., w budownictwie model schodów, okna, drzwi, itp. Mając odpowiednią dla danego obszaru zastosowań bibliotekę można bardziej efektywnie tworzyć modele geometryczne o znacznej złożoności. Większość systemów CAD posiada narzędzia do tworzenia tej klasy bibliotek.

W wielu przypadkach podobne możliwości oferują producenci oprogramowania komercyjnego. Proponują oni dosyć pokaźne zestawy narzędzi pozwalających skutecznie modelować obiekty geometryczne lub klasy tych obiektów przez osoby o określonym profilu zawodowym. Najczęściej są to specjalne moduły, które posiadają dedykowane zarówno obiekty podstawowe jak i zbiory operacji pozwalających tworzyć złożone całości geometryczne.

Narzędzia komputerowe wymienione powyżej znajdują się dzisiaj w powszechnym użyciu w biurach projektowych. Właściwie, obecnie trwa etap tworzenia nowych narzędzi programistycznych, których zadaniem jest integrowanie większej ilości modułów, często należących do różnych systemów CAD/CAE/CAM, w sposób, który wynika bezpośrednio z postaci realizowanego procesu projektowego. W oferowanych podejściach chodzi przede wszystkim o zapewnienie łatwości i swobody tworzenia software'owych modeli procesów projektowych, które nie sprawiają problemów funkcjonalnych w ich ponownym wykorzystaniu.

Istnieje także znaczna grupa narzędzi komputerowych, których zadaniem jest utrwalanie procesów decyzyjnych obecnych w procesach projektowych. Narzędzia te mogą być oparte na technikach

optymalizacyjnych lub na metodach sztucznej inteligencji (przede wszystkim systemach doradczych) [31, 32, 33, 34, 35].

8

Techniki komputerowe we wspomaganie procesów projektowych – praca w środowisku rozproszonym

W tym rozdziale:

- Techniki komputerowe we wspomaganie procesów projektowych – praca w środowisku rozproszonym
- Modele i narzędzia współpracy

Koniec XX wieku przyniósł pojawienie się współpracy projektowej w środowisku rozproszonym geograficznie. Warunkiem koniecznym tego typu współpracy były możliwości techniczne. Właśnie wtedy stało się możliwym czasowe integrowanie środowisk projektowych osób pracujących na komputerach znacznie oddalonych geograficznie. Początkowo głównymi intencjami tej współpracy było chęć wprowadzenia trój-zmianowości i większej efektywności w projektowaniu. Stopniowo pomysł ten ulegał jednak ewolucji wynikającej z faktu nowych rozwiązań ekonomicznych wymuszanych przez globalizację.

Globalizacja, która zaczęła odgrywać coraz większą rolę pod koniec XX wieku doprowadziła do podziału na producentów finalnych i poddostawców (zarówno podzespołów jak i usług inżynierskich). Poddostawcy usług inżynierskich (m.in. projektowych) zaczęli funkcjonować na rynku globalnym współpracując z producentami finalnymi w realizacji określonych projektów. Przez fakt obecności globalnej zostali zmuszeni do konkutowania na rynku globalnym. Efektem tego mogła być szeroka współpraca również na rynku globalnym z wieloma producentami finalnymi. Nastąpiła również głęboka specjalizacja poddostawców dająca w rezultacie większą efektywność działania. Wszystkie te fakty wynikały przede wszystkim ze stworzenia technicznych możliwości realizacji bieżącej, codziennej współpracy w sytuacji rozproszenia geograficznego.

Przystępując do pracy w środowisku rozproszonym należy przede wszystkim zacząć od charakterystyki procesów projektowych realizowanych w rozproszeniu [16, 20, 23, 27]. Z tej charakterystyki wynikają bezpośrednio reprezentacje komputerowe procesów projektowych i scenariusze współpracy projektujących. Trzeba ustalić w jakich sposób i w jakich standardach zapisywane są rezultaty prac projektowych, jak często projektujący rozproszeni geograficznie będą się ze sobą kontaktować. Z tych ustaleń wynikają kolejne fakty czy potrzebna będzie bezpośrednia komunikacja synchroniczna (głosowa, wizualna – w przypadku pracy nad koncepcją, dyskusjami w zakresie

przyjmowanych rozwiązań szczegółowych) czy też asynchroniczna (poczta elektroniczna, czy też udostępnianie dokumentacji na serwerach w określonych cyklach czasowych). Za każdą z tych koncepcji stoją całe grupy narzędzi komputerowych możliwych do wykorzystania. Możliwe jest użycie zintegrowanych środowisk do współpracy inżynierskiej w rozproszeniu. Możliwe także jest wykorzystanie jedynie określonych narzędzi o wąskich możliwościach funkcjonalnych. Dobór narzędzi dyktują potrzeby oraz możliwości finansowe realizatora współpracy.

Wiele narzędzi komputerowych oferuje nie tylko możliwości w zakresie komunikacji, pozwalają one także na zamodelowanie planów procesów projektowych i bieżący monitoring realizacji tych planów.

Kolejnym ważnym aspektem pracy w środowisku rozproszonym jest to, że osoby współpracujące na odległość komunikują się za pośrednictwem środków komputerowych, które z kolei pozwalają na bezpośrednie utrwalanie aktów komunikacji projektujących. Dokumentacja ta może być załączana do dokumentacji projektowej.

Tak jak w przypadku większości narzędzi komputerowych aktualnie używanych tak też w przypadku środowisk do pracy w rozproszeniu możliwe jest zamodelowanie zasad dostępu w zależności od roli projektującego w danym procesie projektowym.

Powyżej przedstawiono możliwości techniczne realizacji prac inżynierskich w środowisku rozproszonym. Ważnym zagadnieniem są także uwarunkowania finansowe stojące za przyjęciem tego typu rozwiązań.

W praktyce projektowanie w środowisku rozproszonym może przybierać wiele różnych postaci. Duży wpływ na częstość i zakres sieciowych interakcji ma fakt o jakie działania inżynierskie w danej współpracy chodzi i jaki jest stopień komplikacji produktu, i jego procesu projektowego. Czy jest to etap konceptualny procesu projektowania bardzo złożonej konstrukcji, gdzie konieczna jest ścisła i współbieżna współpraca wielu specjalistów z różnych dziedzin, czy też projektowanie szczegółowe niezbyt złożonego elementu. W pierwszym przypadku koordynacja działań wymaga dużej częstości aktów komunikacji. Współpraca jest bardzo intensywna, odbywają się intensywne dyskusje przy wykorzystaniu narzędzi do sieciowej wizualizacji informacji graficznej. Pojawiająca się mnogość rozwiązań może być wizualizowana graficznie za pomocą narzędzi do dokumentowania wywodów – najczęściej są to struktury grafowe wiążące ze sobą różne typy dokumentów, szkiców, linków itp. W drugim przypadku istnieje

możliwość określenia obszaru koniecznego do koordynacji dalszych działań, specyfikacja wspólnych zmiennych, wymagań, itp. Dalszy rozwój konstrukcji może odbywać się w dużym stopniu w rozproszeniu. W ściśle określonych momentach czasowych odpowiednia dokumentacja jest umieszczana na serwerze i udostępniana współpracującym partnerom. Przy okazji może odbywać się dyskusja na temat przyjętych rozwiązań. Często dokumentacja tworzona w rozproszeniu jest opatrywana notatkami zapisywanymi i integrowanymi elektronicznie. W notatkach najczęściej zamieszcza się informacje wyjaśniające tło przyjętych rozwiązań projektowych. Taka współpraca ma charakter typowo asynchroniczny w przeciwieństwie do pierwszego przypadku gdzie przeważa praca synchroniczna.

Współpraca w rozproszonym środowisku projektowym narzuca cały szereg wymagań związanych z organizacją procesu projektowego, jego koordynacją i może przede wszystkim z zastosowanymi rozwiązaniami narzędziowymi – kompatybilnością przyjętych rozwiązań i narzędzi.

9

Techniki komputerowe we wspomaganie procesów projektowych – zagadnienia składowania i zarządzania wiedzą projektową

W tym rozdziale:

- Wiedza w projektowaniu
- Strukturalizacja wiedzy projektowej
- Repozytoria wiedzy projektowej

W ostatnim dziesięcioleciu XX wieku powszechnie zauważono, że wszystkie działania inżynierskie realizowane są w oparciu o wiedzę. Zaczęto dochodzić korzeni wiedzy inżynierskiej oraz podejmować próby jej modelowania komputerowego. Dalsze działania to kategoryzacja wiedzy, budowa środowisk przeznaczonych do jej składowania i ponownego wykorzystywania. Przy okazji zwrócono uwagę, że o jakości wielu działań i procesów decyduje dostęp do wiedzy. Zaczęto dążyć do tego aby utrwalać wiedzę projektujących za pomocą środków komputerowych w celu jej ponownego wykorzystania [1, 2, 4, 8, 31-33, 45].

Pierwszymi narzędziami, które wykorzystano do utrwalania wiedzy były systemy doradcze [33]. Systemy doradcze należą do metod sztucznej inteligencji. Wiedza w systemach doradczych jest modelowana najczęściej w postaci reguł. Wiedza jest dostarczana przez ekspertów w danej, określonej dziedzinie. Następnie jest modelowana w formalizmach systemów doradczych przez inżyniera wiedzy. Systemy doradcze pozwalają na wykonywanie ekspertyz, które mogą być wykonywane wielokrotnie.

Z czasem zauważono, że systemy doradcze dobrze jest zintegrować ze środowiskiem do wspomagania prac inżynierskich. Bardzo często językiem komunikacji z systemem doradczym stał się język grafiki.

W latach 90-tych podjęto realizację szeregu projektów, które miały na celu utwalić wiedzę dotyczącą wielu realnych wątków inżynierskich występujących w określonych firmach czy też biurach projektowych. Większość tych prac dowiodła, że były to bardzo kosztowne przedsięwzięcia. Zasoby wiedzy niezbędne do uchwycenia w tej klasy systemie były na ogół bardzo duże. Wszystko okazało się bardzo kosztowne już na etapie budowy wstępnej implementacji. Dalsze koszty to prace związane z serwisowaniem i rozwojem systemów. Kierunek ten po części został zaniechany. Najbardziej zaawansowane rozwiązania przetrwały w formie aplikacji Knowledge Based Engineering (KBE) zintegrowanych z systemami CAD/CAE.

Równolegle do działań scharakteryzowanych powyżej zaczęto podejmować próby stworzenia narzędzi, których przeznaczeniem było

składowanie i zarządzanie wiedzą przy wykorzystaniu baz danych [4, 31, 32, 33]. Systemy tej klasy to repozytoria, pozwalające zapisać różne postacie informacji, zaopatrzyć je w słowa kluczowe i mechanizmy wyszukiwania. Dostawcami wiedzy byli jak poprzednio eksperci. Odbiorcami ludzie – bezpośredni profesjonalni użytkownicy.

Funkcjonowanie tej klasy oprogramowania na ogół przypomina funkcjonowanie internetu i znane z internetu sposoby wyszukiwania informacji. Różnice zawierały się na ogół we wstępnej kategoryzacji zasobów wiedzy, wiązaniu określonych elementów wiedzy z ich dostawcami, słowami kluczowymi, projektami, itp. Bardzo często oprogramowanie tej klasy określano mianem repozytoriów wiedzy i dużo wagi przywiązywano do modelowania dostępu do wiedzy zgodnie z kompetencjami poszczególnych projektujących.

Repozytoria wiedzy po stosunkowo krótkim czasie stały się bardzo popularnym rozwiązaniem. Zwłaszcza kiedy zaczęto integrować w ich ramach wiedzę pochodzącą z szeregu różnych źródeł – wiedzę publikowaną, wiedzę dostarczaną przez ekspertów, itp.

Stosunkowo wcześniej zaczęto wyposażać te systemy w narzędzia pozwalające skutecznie zarządzać wiedzą. Możliwe stało się ustalanie indywidualnego profilu użytkownika, kojarzenie elementów wiedzy biorąc pod uwagę kryteria merytoryczne czy też jej chronologiczny rozwój.

Obecnie podejmowanych jest wiele wysiłków mających na celu uefektywnienie procesu pozyskiwania i indeksacji wiedzy. Bardzo popularnym rozwiązaniem stało się zawężanie obszarów wiedzy, które swoim zasięgiem obejmują określone repozytoria wiedzy. Pozwoliło to znacznie udoskonalić wszystkie procesy związane z cyklem życia tej klasy aplikacji. Innym rozwiązaniem jest bieżące utrwalanie, za pomocą narzędzi komputerowych, wiedzy, która jest artykułowana w trakcie realizowanych działań inżynierskich. Można w tym zakresie spotkać różne narzędzia, które pozwalają dodawać notatki pisemne, graficzne, dźwiękowe do powstającej dokumentacji projektowej tworzonej za pomocą narzędzi CAD/CAE. Jeszcze innym kierunkiem jest budowa narzędzi pozwalających na skuteczną penetrację już istniejących zasobów dokumentacji projektowej składowanej w formie zasobów komputerowych.

Do systemów składowania i zarządzania wiedzą przeniknęły także niektóre inne, poza systemami doradczymi, metody sztucznej inteligencji. Popularnym narzędziem stała się metoda Case Based

Reasoning, (CBR) zakładająca, że podobne problemy są rozwiązywane w podobny sposób [31]. Składując sposoby rozwiązania problemów z przeszłości można je wykorzystać rozwiązując problemy aktualne. Metoda CBR może być oprogramowana na różnych poziomach komplikacji. Na ogół zależy to od rozmiarów problemów i ilości składowanych rozwiązań.

Ważnym zagadnieniem w firmowych systemach składowania wiedzy jest dobre dopasowanie reprezentacji stosowanych w systemie oraz dostępnych funkcjonalności do potrzeb właściwej grupy użytkowników.

W systemach składających wiedzę występują dostawcy wiedzy i jej odbiorcy. W przypadku niewielkich systemów, przeznaczonych dla niewielkiego zespołu osób w zasadzie obie grupy się przenikają i cały system traktowany jest jako jedno wspólne repozytorium. Dostawcy poszczególnych elementów wiedzy składowanych w systemie są najczęściej rozpoznawalni przez odbiorców. Zagadnienia wiarygodności i ewaluacji wiedzy funkcjonują w sposób naturalny. W tym przypadku ważne jest to aby repozytorium obejmowało swym zakresem wszystkie zagadnienia będące w kręgu zainteresowań odbiorców i nie wymagało stosowania w pewnych obszarach innych narzędzi.

Budując tej klasy aplikację należy pamiętać, że istotne jest także wstępne wprowadzenie do systemu oczekiwanych, początkowych zasobów wiedzy. Jest to bardzo ważny element rozwoju całości, najczęściej związany ze znacznym nakładem pracy i to zarówno ze strony dostawcy jak i odbiorcy wiedzy. Przeważnie w trakcie realizacji tego etapu okazuje się, że wiele zagadnień przy próbie ich artykulacji wymaga dopracowania i uściślenia.

Sytuacja wygląda diametralnie inaczej w przypadku aplikacji używanych przez wielu użytkowników np. przez całą firmę, kilka firm itp. W tej sytuacji poza właściwymi reprezentacjami i funkcjonalnościami konieczne jest stworzenie systemu zatwierdzania wprowadzanych elementów wiedzy. Oczywiście wprowadzana wiedza musi być poddana uprzedniej weryfikacji i walidacji.

Wiedza wprowadzana do systemu (składowania wiedzy) przeznaczonego dla inżyniera może dotyczyć bardzo wielu różnych zagadnień związanych z praktyczną stroną wykonywania tego zawodu. Mogą to być zagadnienia typowo ogólne związane z różnymi dyscyplinami. (System może być powiązany z ogólno- dostępnymi repozytoriami wiedzy zawodowej.) Mogą również wiązać się z realizacją określonych klas projektów, czy też wręcz poszczególnymi projektami.

Optyka wprowadzanej wiedzy może koncentrować się na wyjaśnianiu funkcjonowania produktu (podejście produkto -centryczne), może również odnosić się do poszczególnych kroków projektowych składających się na proces projektowy (podejście proceso -centryczne).

Bardzo często dodawanymi strukturami są słowa kluczowe, skojarzenia (powiązania pomiędzy różnymi elementami składowanej wiedzy). Jednym z ulubionych sposobów strukturalizacji wiedzy jest jej zapis chronologiczny. Pozwala to dostrzec ewolucję poszczególnych elementów wiedzy w kontekście realizowanych zadań projektowych.

Niezmiernie ważnym zagadnieniem jest posługiwanie się określonymi, zrozumiałymi pojęciami w procesie artykulacji wiedzy. Rozwiązaniami powszechnie, obecnie stosowanymi są ontologie – zestawy pojęć standardowych dla danego obszaru wiedzy. Ułatwia to proces integrowania ze sobą różnych zasobów wiedzy. Ontologie nie muszą mieć charakteru uniwersalnego, ważne aby były jednoznacznie zdefiniowane i zrozumiałe. W zasadzie dąży się do tego aby w jakimś stopniu oddawały bogactwo pojęć używanych przez ludzi.

10

Metody Knowledge Based Engineering

W tym rozdziale:

- Podstawy

Knowledge Based Engineering (KBE) [1, 2, 4, 15, 24, 32, 33, 36, 38, 42, 43, 45] jest podejściem, które oparte jest na komputerowym modelowaniu wiedzy inżynierskiej, w postaci reguł, formuł, itp. Moduły KBE są zintegrowane z systemami CAD/CAE. Wiedza zamodelowana w modułach KBE może bezpośrednio, sterować pracą systemu CAD/CAE.

W dostępnych obecnie systemach CAD/CAE mogą to być następujące procesy:

1. proces generowania modelu geometrycznego w systemie CAD/CAE; system otrzymuje podstawowe dane dla danego modelu; następnie w oparciu o zamodelowaną wiedzę generowane są pozostałe, brakujące parametry; dalej odbywa się proces tworzenia sparametryzowanego modelu geometrycznego,
2. proces badania poprawności modelu geometrycznego zbudowanego w systemie CAD/CAE; system w oparciu o zamodelowaną wiedzę bada czy spełnione są relacje pomiędzy różnymi parametrami modelu geometrycznego; w przypadku niespełnienia określonych relacji system sygnalizuje użytkownikowi ten fakt,
3. proces generowania nowego modelu na podstawie zbudowanego wcześniej modelu geometrycznego; może to być np. model symulacyjny czy też przeznaczony do obliczeń wytrzymałościowych.

Moduły KBE mają za zadanie zapewnić automatyzację pewnych etapów procesów projektowych. Dostyc dobrze nadają się do automatyzacji prac o dużym stopniu rutynowości.

Stosując metody KBE można bardzo szybko stworzyć wiele wariantów projektowanej konstrukcji. Często używa się tych narzędzi do modelowania zarówno typoszeregów elementów jak też całych układów.

Budowa aplikacji KBE wiąże się ze znacznym nakładem czasu i kosztów. Stosowanie aplikacji KBE może jednak poważnie skrócić czas realizacji wybranych etapów procesów projektowych.

Przeważnie aplikacje KBE muszą być permanentnie modyfikowane tak aby nadążały za zmieniającą się rzeczywistością. Dla twórców aplikacji i ich użytkowników oznacza to konieczność wprowadzania specjalnych rozwiązań i narzędzi pozwalających na zarządzanie wersyjnością aplikacji KBE.

Podjmując decyzję o budowie aplikacji KBE należy na wstępie rozważyć zasadność jej budowy. Przede wszystkim należy sprawdzić czy jest dostępna niezbędna wiedza. Jeżeli występują problemy z formalnym wyartykułowaniem wiedzy, która ma być zaimplementowana w aplikacji KBE to oznacza, że budowa aplikacji nie ograniczy się do procesu jej tworzenia ale będzie wymagała pełnej ekspozycji wiedzy przez jej dostawców (zakładamy, że mamy zapewniony udział kompetentnych ekspertów). Zwykle osoby będące dostawcami wiedzy muszą w tym przypadku wiele spraw przemyśleć i uporządkować tak aby możliwa była budowa komputerowej reprezentacji wiedzy. Jest to dosyć pracochłonny proces.

Następnie, trzeba ocenić czy aplikacja będzie użytkowana w okresie czasu uzasadniającym ekonomiczny sens jej budowy. Proces tworzenia aplikacji KBE to oczywiście pozyskanie wiedzy i stopniowe, etapowe tworzenie aplikacji cząstkowych powiązane z intensywnym ich testowaniem. Cząstkowe dokonania aplikacyjne są praktycznie cały czas weryfikowane i oceniane. Także proces tworzenia aplikacji skupia się na zagadnieniach istotnych, ważnych dla całego zadania projektowego.

Kolejnym, bardzo istotnym zagadnieniem jest przyjęcie określonej strategii przyszłego rozwoju aplikacji KBE. Wiedza modelowana w aplikacjach KBE pochodzi z realnych procesów inżynierskich odbywających się w przemyśle. Te procesy ulegają permanentnej ewolucji. Aplikacje KBE muszą w jakimś stopniu podążać za ich rozwojem. Oczywiście trudno zapewnić wielokierunkowość tego rozwoju. Należy jednak przynajmniej, budując aktualną wersję aplikacji, próbować określać kolejne kroki w jej rozwoju przygotowując odpowiednie struktury software'owe ułatwiające działania w przyszłości.

Zwykle aplikacje KBE, po kilku latach ich rozwoju, osiągają znaczny poziom komplikacji, stają się narzędziami o dużej złożoności, często są traktowane przez użytkowników jako środki wspomagające o dużym stopniu doskonałości. Zdarza się, że trudne staje się ocenienie jakości

ROZDZIAŁ 10

przetwarzania takich systemów. Przeważnie tworzona na bieżąco dokumentacja skupia się na wątkach programistycznych „niskiego poziomu”: np. znaczeniu zmiennych, opisach zawartości baz, itp. Bardzo rzadko w tej dokumentacji można znaleźć informacje na temat stosowanych teorii, ich założeń, przyjętych uproszczeń. W rzeczywistości są to kluczowe informacje decydujące o tym czy konkretna aplikacja może być stosowana w danym przypadku.



Literatura

W tym rozdziale:

- Spis literatury

1. Almfelt, L., et al., Requirements management in practice: findings from empirical study in the automotive industry. *Research in Engineering Design*, 17, 113-134, 2006
2. Aoyama K., Koga, T., Supporting System for Design and Production with Sharing and Access of Product Failure. In: *Leading the Web in Concurrent Engineering*, IOS Press, 25-31, 2006
3. Badke-Schaub P., Frankeberger E., Analysys of design projects. *Design Studies* 20:465-480, 1999
4. Cichocki P., Pokojski J., "Intelligent personal assistant concept in context of fault analysis", *Computer Assisted Mechanics and Engineering Science*, vol.14, 4, 591-600, 2007
5. Clarkson, J., An Optimal Design Process for an Adequate Product ? *Design Methods for Practice*, ed. R. Rohatyński, Zielona Góra, 21-26, 2006
6. Clarkson, J., Eckert, C. (ed.), *Design Process Improvement. A review of current practice*. Springer – Verlag, London, 2005
7. Cross N., Cross A. C., Wining by design: the methods of Gordon Murray, racing car designer. *Design Studies* 17, 91-107, 1996
8. Davies, J., et al., Next generation knowledge management. *BT Technology Journal*, Vol. 23, No 3, 2005
9. Dorner D., Approaching design thinking research. *Design Studies* 20:, 1999
10. Ford D.N., Sobek D.K., Adapting Real Options to New Product Development by Modeling the Second Toyota Paradox. Manuscript submitted to *IEEE Transactions on Engineering Management*, October 21, 2004

11. Gallagher S., Smith H., The Ultimate History of Porsche, Parragon Publishing, Bath, UK, 2002
12. Gunther J., Ehrenspiel K., Comparing designers from practice and designers with systematic design education. Design Studies 20:439-451, 1999
13. Hatamura, Y. (edit.), Decision – Making in Engineering Design. Springer-Verlag, 2006
14. Kok Sim S., Duffy A.H.B., Towards an ontology of generic engineering design activities, Res. Eng. Design, 14, 200-223, 2003
15. Kim, S., Ahmed , S., Wallace, K., Improving Document Accessibility Through Ontology-based Information Sharing, Proceedings of TMCE 2006, 923-933, 2006
16. Kim, T., Cera, C.D., Regli, W.C., Choo, H., Han, J., Multi-level modelling and access control for data sharing in collaborative design. Advanced Engineering Informatics 20, 47-57 , 2006
17. Kitamura, Y., Kashiwase, M., Fuse, M., Mizoguchi, R., Deployment of on ontological framework of functional design knowledge. Advanced Engineering Informatics 18, 115-127, 2004
18. Koh, H., et al., A method of accumulation and adaptation of design knowledge. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 31, 421-433, 2006
19. Lingner, H., Trieb-Wagen, Motor Klassik, 4,, 12-24, 2003
20. Linkiewicz G., Marowski W., Pokojski J (eds.), Komputerowe wspomaganie projektowania w środowisku rozproszonym, WNT, 2007
21. Liu, S. et al., A computational framework for retrieval of document fragments based on decomposition schemes in engineering information management. Advanced Engineering Informatics, 20, 401-13, 2006
22. Ludcke R., Birkhofer H., The influences of organization on leadership in the design process: results of an investigation in five industrial companies. In: Proceedings of International Design Conference – Design 2002, Dubrovnik, CD, 2002

23. Maher M.L., Simoff S.J., Cicognani A., Understanding Virtual Design Studio, Springer-Verlag, 2000
24. Managing Engineering Knowledge, MOKA - project. Professional Engineering Publishing Limited, London, 2001
25. McMahon C., Hicks B.J., Computer Support for Engineering Design Tools of Today and Challenges for Tomorrow, Design Methods for Industrial Practice, Ed. R. Rohatyński, P. Poślednik, University of Zielona Góra, Gdynia Maritime University, 101-100, 2008
26. McMahon, C.A., Liu, Y., Crossland, R., Brown, D., Leal, D., Devlukia, J., A best practice advice system to support automotive engineering analysis processes. Engineering with Computers, 19, 4, 271-283, 2004
27. Nahm, Y., Ischikawa, H., Integrated Product and Process Modeling for Collaborative Design Environment. Concurrent Engineering: Research and Applications, 12, 1, 5- 23, 2004
28. Osiński Z., Wróbel J., Teoria konstrukcji maszyn. PWN, 1982
29. Pahl G., Beitz W., Nauka konstruowania, WNT, Warszawa, 1984
30. Pahl G., Badke-Schaub P., Frankeberger E., Resume of 12 years interdisciplinary empirical studies of engineering design in Germany. Design Studies 20: 481-494, 1999
31. Pokojski, J., (red.), Zastosowanie metody Case Based Reasoning w projektowaniu maszyn. WNT, Warszawa, 2003
32. Pokojski, J., IPA (Intelligent Personal Assistant) – Concepts and Applications in Engineering. Springer-Verlag, London, 2004
33. Pokojski J., Systemy doradcze w projektowaniu maszyn. WNT, 2005
34. Pokojski, J., Knowledge Based Engineering and Intelligent Personal Assistant Context in Distributed Design. In: Intelligent Computing in Engineering and Architecture, LNAI 4200, Springer-Verlag, 519-528, 2006
35. Pokojski J., Niemczewski T., Matysiak P., Study of Design Knowledge Development of Two Students' Projects. W "Design

- Methods for Industrial Practice”, edited by R. Rohatyński, P. Poślednik, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 325-332, 2008
36. Regli, W.C., Hu, X., Atwood, M., Sun, W., A Survey of Design Rationale Systems: Approaches, Representation, Capture and Retrieval. *Engineering with Computers*, 16, 209-235, 2001
 37. Ries H., Drei Maenner und ein Baby, *Motor Klassik*, 4, 32-37, 2003
 38. Sevilmis N., Stork A., A Semantic –based Approach for Concurrent Engineering, *ProSTEP iViP Science Days 2007, Proceedings, Bremen*, 136-145, 2007
 39. Schulz G., *Fluegel- Stuermer, Oldtimer Markt*, 11, 10-18, 2003
 40. Stark J., *Product Lifecycle Management*, Springer-Verlag, 2005
 41. Stark J., *Global Product*, Springer-Verlag, 2007
 42. Yang, M.C., et al., Design information retrieval: a thesauri-based approach for reuse of informal design information. *Engineering with Computers*, 21, 177-192, 2005
 43. Yang, Q.Z., Zhu, C.F., Ming, X.G., Lu, W.F., *Configurable Product Design Processes with Integrated Knowledge Maps. Next Generation Concurrent Engineering*, International Society for Productivity Enhancement, Inc., NY, 161-166, 2005
 44. Ullman, D.G., *The Mechanical Design Process*, McGraw-Hill (Third Edition), 2002
 45. Wallace, K., How engineering designers retrieve information. *Design Methods for Practice*, ed. R. Rohatyński, Zielona Góra, 171-180, 2006
 46. Ward A., Liker J.K., Cristiano J.J., Sobek D.K., The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Cars Faster. *Sloan Management Review* (Spring 1995), 43-61, 1995
 47. Woytal B., Ein Typ mit Klasse, *Motor Klassik*, 4, 26-31, 2003

