

ZARZĄDZANIE WIEDZĄ KONSTRUKCYJNO -TECHNOLOGICZNĄ I JEJ TRANSFORMACJA W CYKLU ŻYCIA PRODUKTU

Mariusz CHOLEWA, Jacek CZAJKA

Streszczenie: W opracowaniu zaprezentowano koncepcję zarządzania wiedzą w cyklu życia produktu. Wskazano na istotne źródła wiedzy i danych oraz podkreślono ich domenowy charakter. Zaproponowana została funkcja przejścia (translacja) umożliwiająca konwersję danych i wiedzy pomiędzy poszczególnymi obszarami przedsiębiorstwa. Weryfikację opisanych założeń dokonano na danych opisujących strukturę produktu na różnych etapach jego życia.

Słowa kluczowe: PDM, Knowledge Management, struktura produktu, BOM

1. Wprowadzenie

Product Lifecycle Management (PLM) koncentruje się na zarządzaniu danymi produktów i procesów w całym cyklu ich życia. System PLM swoją funkcjonalnością obejmuje działy związane z rozwojem nowego produktu, planowaniem, produkcją i wsparciem wyrobu podczas jego użytkowania przez klienta [1].

Główne cele PLM to:

- Skrócenie czasu wprowadzenia produktu na rynek.
- Zmniejszenie kosztów.
- Poprawa jakości produktu.
- Konkurencyjność.

Należy pamiętać, że wdrożenie systemu PLM w przedsiębiorstwie może wiązać się z licznymi utrudnieniami. Firma musi zadawać sobie sprawę, że taki proces niesie za sobą zazwyczaj dużą liczbę zmian w procesach i standardach biznesowych.

Jedną z głównych cech PLM jest zarządzanie wiedzą zebraną podczas procesu rozwoju nowego produktu. PLM koncentruje się na problemach dotyczącym kompletności i integralności danych. Porusza on również kwestie interoperacyjności oraz współpracy ekspertów w różnych dziedzinach wiedzy. Product Lifecycle Management można rozumieć jako spójną i pełną metodę zarządzania informacjami dotyczącymi całego cyklu życia produktu oraz procesów z nim związanych. Głównymi użytkownikami systemów PLM są firmy zarządzające produktami o złożonej strukturze, które oferowane są w wielu opcjach i wariantach.

Złożoność jest przeciwieństwem prostoty i charakteryzuje się liczbą części, liczbą rodzajów części, liczbą połączeń i interfejsów oraz liczbą funkcji. Główną cechą złożoności jest jej strukturalna niepewność, widziana jako jej zróżnicowanie i zachodzące w niej zależności [2]. Złożoność jest określona przez liczbę części i wariantów w modułach, typu interakcji między elementami, interakcji między podsystemami zintegrowanej konstrukcji, zaawansowanych połączeń między wieloma różnymi technologiami oraz zintegrowanej architektury [3].

Kolejnym źródłem danych i wiedzy jest proces rozwoju i realizacji nowego produktu. Dobrym przykładem jest tutaj proces projektowania współbieżnego. Termin „współbieżne” po raz pierwszy zastosowano w Stanach Zjednoczonych w 1989 roku, aby opisać sposób zmniejszenia czasu realizacji, a tym samym zwiększenia konkurencyjności bez szkodliwego wpływu na jakość i koszt produktu. Można to osiągnąć dzięki ulepszeniu rozwiązań projektowych i procesów produkcyjnych. Możliwe jest także rozdzielenie procesów na kilka jednoczesnych podprocesów. Dzisiaj projektowanie współbieżne, jest obserwowalne w rozwoju niemal wszystkich produktów. Z tego powodu istnieje potrzeba i wymóg wymiany pomysłów, informacji o szczegółach konkretnych rozwiązań oraz codziennego raportowania w ramach rozproszonych grup projektowych. Wymiana informacji jest niezbędna zarówno w ramach danego zespołu jak i pomiędzy zespołami projektowymi. Zespoły pracujące nad danym produktem mogą być interdyscyplinarne, a co za tym idzie umieszczone w różnych domenach danych i wiedzy. Wymóg wymiany informacji i wiedzy nie może być skutecznie realizowane bez wsparcia odpowiednich rozwiązań systemowych, które mogłyby umożliwić bezproblemową komunikację między różnymi zespołami, obszarami oraz systemami.

W tak zintegrowanych systemach zarządzania wiedzą można wyróżnić nowy rodzaj wiedzy, która jest generowana podczas współbieżnego projektowania produktów w trakcie interakcji pomiędzy zespołami projektantów i organizacjami biznesowymi.

Ogólnie rzecz ujmując, proces rozwoju złożonego produktu w istocie nie tylko koncentruje się na zarządzaniu i dostępie do rozproszonych źródeł wiedzy oraz na procesie współbieżnego projektowania na każdym etapie cyklu wytwarzania i montażu, ale również na integracji i współpracy podczas projektowania w takich obszarach jak: mechanika, sterowanie i zarządzanie, dynamika, itp. Zazwyczaj w procesie rozwoju nowych, złożonych produktów biorą udział zespoły specjalistów, dla których sprawna komunikacja i współpraca między poszczególnymi ekspertami ma znaczenie strategiczne i znacząco wpływa na proces projektowania i jego efektywność [4].

Wiele rozwiązań PLM opartych jest na jednym, zintegrowanym modelu produktu. Taki model przechowuje dane o produktach i umożliwia do nich dostęp wszystkim aktorom zaangażowanym w proces ich rozwoju. Pomimo tego zdarzają się przypadki że, współtwórcy z różnych dziedzin i obszarów firmy posiadają ograniczony dostęp do niektórych informacji związanych z produktem. Prowadzi to do wydłużenia czasu rozwoju produktu, zwiększenia kosztów oraz opóźnia wejście produktu na rynek, ze względu na brak dostępu do informacji lub kontaktu z ekspertami [5].

Jednym z wielu wyzwań jest umożliwienie współpracownikom z różnych obszarów procesu rozwoju i wytwarzania produktów używania własnych strategii, mechanizmów oraz narzędzi pracy. Projektanci, inżynierowie, brygadziści oraz handlowcy zazwyczaj używają własnych, często dedykowanych, narzędzi informatycznych - mechanizmów do reprezentacji ich wiedzy. Wprowadzanie nowych, wspólnych dla wszystkich obszarów firmy narzędzi i oprogramowania jest trudne i uciążliwe, a często wręcz niemożliwe - dodatkowo może powodować obniżenie korzyści z użytkowania systemu PLM. W celu rozwiązania takich problemów konieczne jest odpowiednie zarządzanie wiedzą o produkcie, jego wytwarzaniu oraz zmianach podczas całego cyklu jego życia.

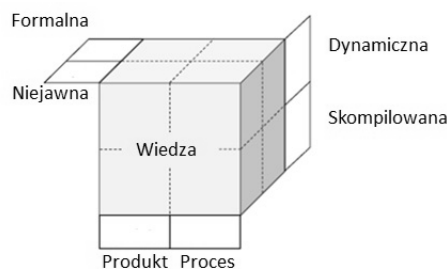
Wiedza dostarczana z różnych dziedzin, narzędzi i od różnych ekspertów nie jest zrozumiała dla wszystkich na każdym etapie życia produktu. Zarządzanie wiedzą (KM) proponuje rozwiązanie systematycznego tworzenia wiedzy, wymiany informacji i ich ponownego wykorzystania.

2. Wiedza w cyklu życia produktu

Pytanie „czym jest wiedza” może mieć wiele odpowiedzi ponieważ istnieją różne znaczenia tego terminu. Wiedza nie jest bezpośrednio dostępna, ale uzyskuje się ją poprzez interpretację informacji uzyskanych z analizy danych. Dane są dostępne w formie obserwacji, wyników obliczeń oraz zmierzonych ilości. Ich interpretacja prowadzi do generowania informacji. Ostatecznie wiedzę uzyskuje się poprzez doświadczanie i uczenie się na podstawie otrzymanych informacji oraz wprowadzanie ich w życie [6].

Analizując przedsięwzięcia techniczne, można powiedzieć, że podstawowym celem prac projektowych i rozwojowych powinno być przekształcenie wiedzy empirycznej i racjonalnej w formę, która może być wykorzystywana do praktycznego wdrożenia [7].

Klasyfikowanie wiedzy, ma zasadnicze znaczenie w celu określenia sposobów jej reprezentacji. W dziedzinie projektowania i inżynierii, wiedza może być klasyfikowana w kilku wymiarach. Każda klasyfikacja oparta jest na własnych podstawach, które zostały przedstawione na rysunku 1.



Rys. 1. Klasyfikacja wiedzy - różne wymiary [6]

Formal vs. Tacit - wiedza formalna (ang. Formal knowledge) jest osadzona w dokumentach dotyczących danego produktu: jego funkcji, opisu struktury, procedur rozwiązywania problemów, systemów technicznych i zarządzania oraz algorytmów komputerowych. Jest niezbędna do budowy i wytwarzania produktu [7]. Wiedza niejawna (ang. Tacit knowledge) jest niezbędna do wygenerowania nowej wartości w produkcie. Istnieje ona jako własność intelektualna, ekspercka twórców lub danego zespołu projektowego bezpośrednio zaangażowanego w rozwoju produktu. Wiedza ta jest trudna do gromadzenia i propagacji gdyż zawarta jest w doświadczeniu pracowników oraz przekazywana jedynie w formie ustnej. Zazwyczaj jest tracona wraz z odejściem członka zespołu projektowego [6].

Product vs. Process - wiedza związana ze znajomością produktów (ang. Product Knowledge) obejmuje różne zestawy informacji i wiedzy związane z rozwojem produktu w całym cyklu jego życia. Wiedzę procesową (ang. Process Knowledge) można podzielić na: wiedzę z zakresu znajomości projektowania procesu, wiedzę obejmującą zagadnienia związane z procesem produkcyjnym oraz wiedzę z zakresu procesów biznesowych. Wiedza z zakresu projektowania procesów może być zakodowana jako metoda reprezentacji produktu. Zapewnia możliwość realizacji szczegółów przedsięwzięcia na różnych etapach cyklu życia produktu. Znajomość procesu produkcyjnego dotyczy głównie działań związanych z produkcją [8]. Wiedza ze znajomości procesów biznesowych obejmuje wszystkie procesy związane z marketingiem, planowaniem strategicznym, zarządzaniem łańcuchem dostaw oraz innymi funkcjami przedsiębiorstwa.

Compiled vs. Dynamic- wiedza kompilowana (ang. Compiled Knowledge) to przede wszystkim wiedza uzyskana na bazie doświadczeń, które mogą być kompilowane do zasad, planów, scenariuszy lub studium przypadków w oparciu o poprzednio rozwiązane problemy. Wiedza dynamiczna (ang. Dynamic Knowledge) koduje informacje, które mogą być wykorzystane do tworzenia dodatkowych struktur wiedzy. Wiedza dynamiczna może być dzielona na wiedzę jakościową i ilościową. Wiedza jakościowa może być reprezentowana podczas rozmowy potocznej przybliżającej np. działanie modelu procesowego. W jej skład zazwyczaj wchodzi ogólna wiedza oraz umiejętność rozwiązywania problemów. Wiedza ilościowa jest reprezentowana poprzez wykorzystywanie praw fizyki (równania równowagi), technik numerycznych, konstytutywnych elementów oraz równań zamkniętych [9].

Ontologia jest przydatna do formalnej reprezentacji pewnej dziedziny wiedzy, na którą składa się zapis zbiorów, pojęć i relacji między nimi. Taki zapis tworzy schemat pojęciowy, który może służyć jako opis danej dziedziny wiedzy.

Mimo, iż wspólna baza wiedzy jest pożądana jej tworzenie napotyka na wiele przeszkód wewnętrznych i zewnętrznych zazwyczaj związanych ze strukturą przedsiębiorstwa.

Jedną ze zidentyfikowanych przeszkód w rozwoju kompleksowych baz wiedzy np. o produkcie jest fakt, że większość systemów zarządzania wiedzą jest rozwijana w celu zapewnienia specyficznych, niezbędnych w danej domenie funkcji i zazwyczaj nie korzystają z wiedzy gromadzonej w zintegrowanych systemach zarządzania przedsiębiorstwem. Stąd zagadnienie transformacji wiedzy pomiędzy poszczególnymi domenami przedsiębiorstwa wydaje się kluczowe dla osiągnięcia ujednoczonego i pełnego zapisu wiedzy, co jest niezbędnym elementem efektywnego systemu zarządzania wiedzą na każdym etapie życia produktu [10].

Przeszkodą innego typu w osiągnięciu powyższego celu jest bezpieczeństwo i zaufanie. W obszarach łańcucha dostaw lub sieciach kooperujących przedsiębiorstw wiedza jest niechętnie ujawniana ze względu na konkurentów biznesowych. Jedną z metod pokonania tych przeszkód jest publikacja tylko wybranych i niezbędnych informacji w bazie wiedzy. Stąd informacje mogą być definiowane jako publiczne lub prywatne.

3. Domeny wiedzy i danych w cyklu życia produktu

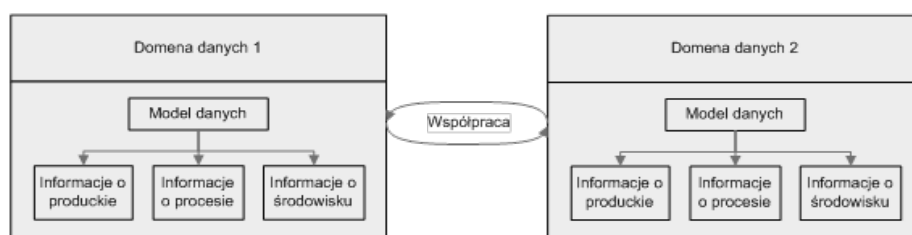
Powszechnie obserwowanym trendem jest korzystanie procesów outsourcingowych lub łączenie się przedsiębiorstw w grupy w celu generowania nowych wartości biznesowych. W tak złożonym środowisku biznesowym zarządzanie zmianami, a więc też wiedzą z nimi związaną staje się zadaniem nietrywialnym, np. modyfikacja jakościowa procesu technologicznego w trakcie życia produktu mogą pociągnąć za sobą konieczność wprowadzania zmian modelu wiedzy w wielu systemach heterogenicznych. Należy pamiętać, że zmiana bazy wiedzy i jej modelu może być skomplikowana i może pociągnąć za sobą konieczność dostosowania wielu parametrów.

Jednym z rozwiązań tego problemu są łańcuchy procesowe (ang. process chains) funkcjonujące w procesie generowania danych w trakcie życia produktu. Wytworzone dane i wiedza np. z procesu wytwarzania przechowywana jest wewnątrz danego łańcucha procesowego. Tak zgromadzone i sklasyfikowane dane posiadają zdefiniowane interfejsy, które udostępniają dane dla innych łańcuchów procesowych. Zastosowanie ontologii pozwala na dostęp i interpretację informacji pochodzących z wnętrza łańcucha procesowego. Takie zdefiniowane informacje mogą być wykorzystywane do transformacji i translacji wiedzy eksperckiej między dwoma domenami [5].

Domena to zamknięta jednostka zawierająca wiedzę i dane np. o produkcie w obrębie jednego działu lub fazy życia produktu [11]. Jednostka ta ma za zadanie przechowywanie, systematyzowanie i zarządzanie wszelkimi danymi niezbędnymi na danym etapie rozwoju produktu.

Model każdej domeny zawiera trzy rodzaje informacji:

1. Informacje o produkcie - wszystkie informacje o produkcie łącznie z informacją na jakim etapie cyklu swojego życia aktualnie się znajdują.
2. Informacje o procesie - informacje o samym procesie, łącznie ze zmianami jakie pojawiały się w trakcie ewolucji produktu.
3. Informacje o środowisku w jakim znajduje się domena – specyfikacja domeny oraz powiązania ze źródłami danych.



Rys. 2. Model domeny i jej powiązania z inną domeną

Domeny reprezentują poszczególne etapy życia produktu, a powiązania pomiędzy nimi są ustalane poprzez inteligentne interfejsy.

Przykładowe domeny obserwowane w przedsiębiorstwach produkcyjnych:

- Domeny w procesie projektowania koncepcyjnego zawierają funkcjonalną strukturę produktu. Struktura ta przede wszystkim zawiera dane, dzięki którym możliwe jest spełnienie wymaganych fizycznych i chemicznych właściwości produktu oraz możliwości funkcjonalnych.
- Po ustaleniu koncepcji projektu kolejnym krokiem jest etap projektowania strukturalnego i szczegółowego. Model danych na tym etapie obejmuje strukturę konkretnych funkcji, warstwę informacyjną, strukturę części składowych oraz inne ogólne informacje włącznie z ograniczeniami montażowymi.
- Domeny używane w procesie projektowania procesu i wytwarzania, zawierają model danych zbudowany pod kątem wytwarzania. Tutaj model opisuje sekwencję montażową, z podziałem na prace manualne i automatyczne, oraz informacje o sposobach wytwarzania. Model danych w domenie produkcji opisuje głównie proces wytwarzania, informacje o użytych materiałach, charakterystykach geometrycznych, wyposażeniu produkcyjnym oraz o liczności partii.
- Model sprzedaży i serwisu jest produktem usługowym, który jest zbudowany na potrzeby planu sprzedaży i wymagań klienta. Model rejestruje końcową sprzedaż produktu, sprzedaż części, jak również informacje serwisowe.

W celu zapewnienia komunikacji pomiędzy różnymi dziedzinami wiedzy wprowadzane są inteligentne interfejsy (ang. Knowledge Links). Interfejs to połączenie między modelami danych z różnych dziedzin wiedzy. Aby wszyscy zainteresowani aktorzy mogli korzystać z danych muszą być one zdefiniowane jako elementy publiczne. Elementy zdefiniowane jako prywatne mogą być używane tylko w obrębie danego łańcucha procesowego. Na przykład, kooperanci danego przedsiębiorstwa mogą wykorzystywać zbiory danych publicznych z różnych, obcych łańcuchów procesowych oraz prywatne i publiczne zbiory danych z

własnych łańcuchów procesowych. Dzięki temu mogą przekształcać dane od różnych operatorów w nowe struktury danych we własnych łańcuchach procesowych, które są następnie gromadzone i udostępniane.

4. Transformacja wiedzy i danych w domenie konstrukcyjnej i technologicznej

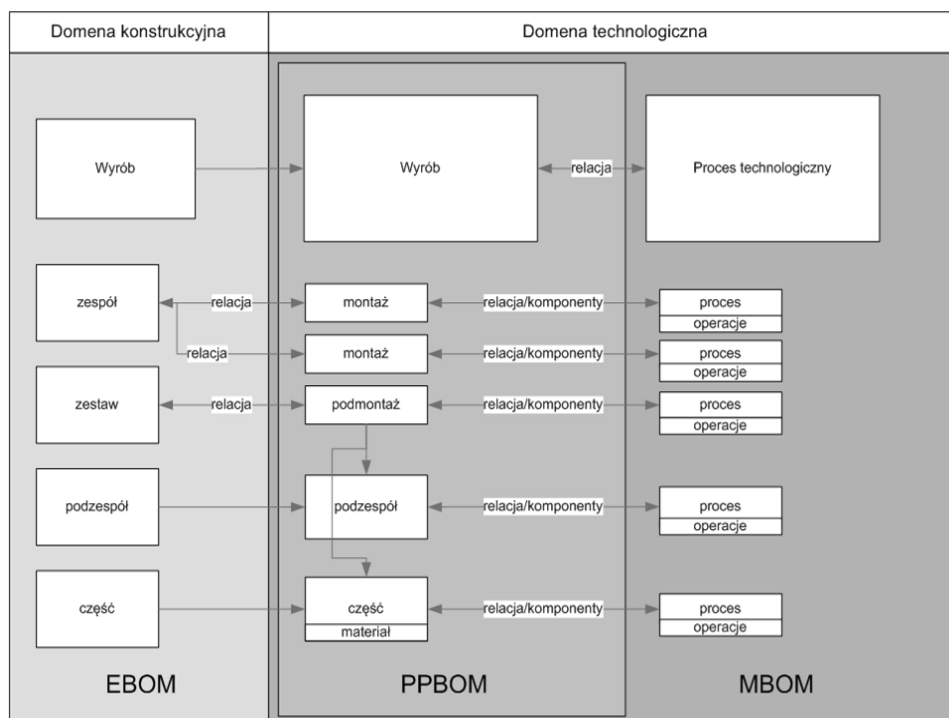
Modele danych w wybranych domenach zawierają m.in. strukturę produktu z wykazem części i materiałów – BOM (ang. Bill Of Material). BOM jest to wykaz elementów zorganizowany dla konkretnego obiektu (półfabrykatów lub gotowych produktów), który posiada wszystkie części składowe obiektu z nazwą, numerem referencyjnym, ilością i jednostką miary każdego komponentu. Kompletna struktura produktu zawierająca wszystkie zespoły, podzespoły oraz pojedyncze elementy wraz z ich specjalizacją jest podstawą do sprawnego zarządzania finalnym wyrobem – pozwala na planowanie i organizację produkcji, zarządzanie logistyczne oraz ekonomiczne.

Każdy dział przedsiębiorstwa zarówno bezpośrednio jaki pośrednio zaangażowany w proces produkcyjny, będzie wymagał jasno określonej struktury produktu, zawierającej wszystkie elementy potrzebne na danym etapie. BOM zawsze jest tworzony w celu przedstawienia wszystkich elementów, jakie są istotne z danej perspektywy – w danej domenie.

Sprawne zarządzanie BOM ma kluczowe znaczenie w firmach produkujących wyroby o dużym stopniu skomplikowania, składających się z wielu części i zespołów, które same również mają skomplikowaną budowę. BOM może być tworzony w ramach pojedynczego zakładu, jak również grupy przedsiębiorstw. Dodatkowo struktura produktu może być wymieniana pomiędzy kooperującymi firmami. Stąd jest ona dobrym przykładem odwzorowującym procesu zarządzania wiedzą w cyklu życia produktu.

BOM'y zwykle są hierarchiczne, układane stopniowo od wyrobu gotowego, poprzez zespoły, podzespoły, aż do części które są niepodzielne. Poniżej przedstawione są trzy podstawowe typy struktur produktów występujące w przemyśle wytwórczym:

- EBOM (ang. Engineering Bill of Material) jest tworzony w trakcie projektowania konstrukcyjnego - określa główną strukturę produktu, mechanizmy i urządzenia elektryczne. EBOM to hierarchiczny model z wyrobem gotowym przedstawionym na samej górze, tworzony na ogół z modelu mechanicznego CAD. Najczęściej jest to lista części składowych gotowego wyrobu zebranych razem dla wygody pracy z modelem.
- PPBOM (ang. Process Planning Bill of Material) to informacje używane do projektowania i zarządzania produktem oraz elementami pośrednimi. Podobnie jak EBOM zawierają informację o częściach produktu, ich relacjach montażowych i informacjach dodatkowych, jednakże PPBOM definiuje składniki według technologii wytwarzania. Ukazany jest w formie informacji technicznej – wykresów, rysunków. Zawiera bardziej szczegółowe niż w EBOM informacje o sposobie montażu – może zmieniać powiązania pomiędzy poszczególnymi elementami w strukturze, łącząc je w zespoły montażowe.
- MBOM (ang. Manufacturing Bill of Material) zawiera wszystkie materiały biorące udział w rzeczywistym procesie wytwarzania. MBOM przygotowywany jest dla potrzeb produkcji, dlatego znajdują się tu wszystkie elementy potrzebne na etapie produkcyjnym. W MBOM usuwane są podzespoły, które nie występują w świecie fizycznym - mogą być to grupy elementów logicznie pogrupowanych przez projektanta, które nie miały sensu z punktu widzenia produkcji.



Rys. 3. Powiązania struktur produktu pomiędzy domena konstrukcyjną i technologiczną

W celu zapewnienia efektywnego środowiska współpracy pomiędzy konstruktorem i technologiem niezbędne jest opracowanie mechanizmów umożliwiających transformację struktur danych i wiedzy pomiędzy poszczególnymi domenami.

Transformacja i translacja struktur danych pomiędzy domeną konstrukcyjną i technologiczną polega na dostosowaniu i uzupełnieniu informacji zawartych w EBOM o informacje niezbędne dla potrzeb produkcji i projektowania procesów technologicznych. PPBOM został tu wyodrębniony dla potrzeb rozbudowanego procesu montażu. PPBOM bazując na EBOM zawiera wszystkie elementy konstrukcyjne pogrupowane w zespoły montażowe. Konwersja struktur umożliwia wygenerowanie widoku struktury produktu z uwzględnieniem elementów istotnych w procesie wytwarzania. Translację jednej struktury w drugą można przedstawić za pomocą funkcji:

$$PPBOM = f_{AM} (f_{GM} (f_{CM} (EBOM)))$$

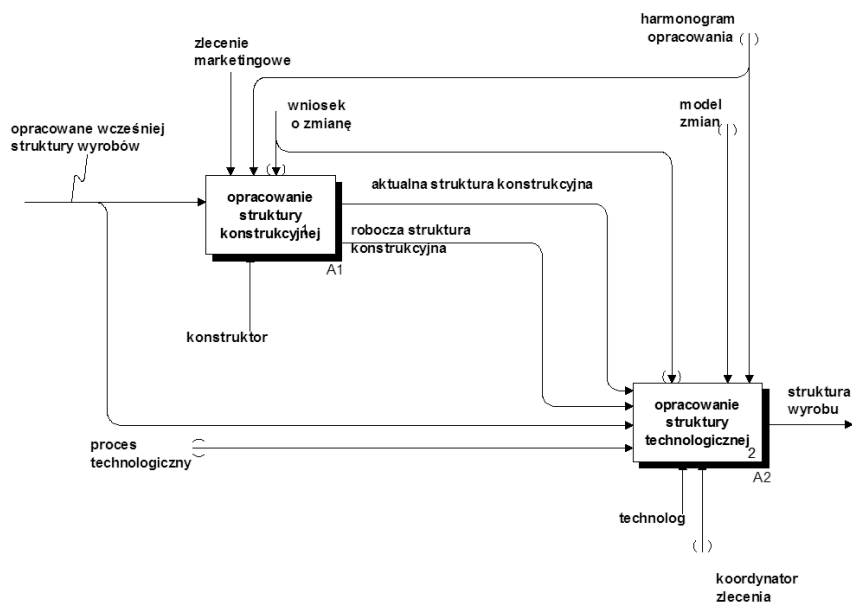
Translacja jest trzystopniowa:

f_{CM} – funkcja kopiuje dane EBOM, które są podstawowym zbiorem danych niezbędnym do budowania struktury, a następnie zmienia relacje między poszczególnymi elementami.

f_{GM} – następuje unieruchomienie węzłów, tzn. przydzielenie im konkretnego miejsca w strukturze. Jeżeli węzły stanowią pojedynczą część lub zespół, należy uwzględnić ich lokalizację w trakcie procesu montażu.

f_{AM} – w tej fazie utworzone wcześniej węzły stają się elementami procesu. Elementy są dokładnie określone, a zespoły rozłożone na podzespoły.

Analizując i implementując opisaną powyżej funkcję przejścia (translację) istnieje możliwość formalnego opisu oraz opracowania modelu zintegrowanego rozwoju konstrukcyjnej i technologicznej struktury wyrobu, który może zapewnić wysoki stopień integracji prac podczas rozwoju struktur wyrobu w dziale konstrukcyjnym i w dziale technologicznego przygotowania produkcji zgodnie z prezentowanym poniżej modelem.



Rys. 4. Ogólny model faz rozwoju struktury wyrobu

Opisaną powyżej funkcję przejścia oraz model rozwoju produktu praktycznie zweryfikowano opracowując model danych i wiedzy w procesie współpracy pomiędzy dwoma domenami: konstrukcyjną i technologiczną. Model przedstawiony został na trzech warstwach, na które składały się [12]:

- model funkcji systemu, który pozwala na integrację pracy w dziale konstrukcyjnym i technologicznym przedsiębiorstwa produkcyjnego,
- algorytm opracowania zintegrowanej konstrukcyjnej i technologicznej struktury wyrobu,
- model fizyczny systemu opisujący sposób przechowywania dokumentów, danych, modeli oraz metadanych w relacyjnej bazie danych.

5. Podsumowanie

W niniejszym opracowaniu poruszono zagadnienie zarządzania wiedzą i danymi w cyklu życia produktu. Szczególną uwagę zwrócono na domenowy charakter wiedzy i danych. Zauważono, że o efektywności procesu rozwoju nowych produktów decydują nie tylko dostęp do aktualnych danych i informacji, ale również środowisko pracy pracowników, stosowane lokalnie strategie oraz narzędzia, które pozwalają formalnie reprezentować ich wiedzę oraz doświadczenie. Stąd wynika konieczność lokalnego gromadzenia i opisywania danych i wiedzy w ramach łańcuchów procesowych, które następnie poprzez stosowanie odpowiednich interfejsów oraz funkcji przejścia mogą być propagowane oraz transformowane do innych domen przedsiębiorstwa. Opisane podejście

może doskonale sprawdzać się w przedsiębiorstwach wytwarzających złożone strukturalnie produkty, które rozwijane są w rozproszonym środowisku biznesowym integrującym pracę dostawców, kooperantów, odległych lokalizacji firmy oraz jej klientów. Opisana wyżej koncepcja została wstępnie zweryfikowana na reprezentatywnej strukturze danych – strukturze wyrobu (BOM) na etapie projektowania i wytwarzania wyrobów. Proponowane metody są do zastosowania również na pozostałych etapach cyklu życia produktu. Zorganizowane w ten sposób zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie może sprawić, że będzie ono zorientowane na działanie procesowe oraz będzie bardziej elastyczne i otwarte na prowadzeni prac w środowisku multidyscyplinarnym i rozproszonym.

Literatura

1. H. Gmelin , S. Seuring S., Achieving sustainable new product development by integrating product life-cycle management capabilities, 2014
2. Feng Guoqi, Cui Dongliang, Wang Chengen, Yu Jiapeng. Integrated data management in complex product collaborative design. *Computers in Industry* 2009;1(1):48–63.
3. Ulrich KT, Eppinger SD. *Product design and development*. 4th ed. New York: Irwin McGraw-Hill; 2008
4. Jiaqing Yu a,b,*, Jianzhong Cha a, Yiping Lu a, Wensheng Xu a, M. Sobolewski; A CAE-integrated distributed collaborative design system for finite element analysis of complex product based on SOOA; *Advances in Engineering Software* 41 (2010) 590–603
5. Artur Felic, Birgitta König-Ries, Michael Klein, Process-Oriented Semantic Knowledge Management in Product Lifecycle Management, in: 8th International Conference on Digital Enterprise Technology, 2014
6. Senthil K. Chandrasegaran , Karthik Ramania, Ram D. Sriram, Imré Horváth, Alain Bernard, Ramy F, Harik, The evolution, challenges, and future of knowledge representation in product design systems, 2013.
7. Owen R, Horváth I., Towards product-related knowledge asset warehousing in enterprises, in: *Proceedings of the 4th international symposium on tools and methods of competitive engineering*, 2010.
8. Candlot A, Perry N, Bernard A, Ammar-Khodja , Methods to capitalise and reuse knowledge in process planning, 2010.
9. Sriram R., *Intelligent systems for engineering: a knowledge-based approach*, 2008
10. Irma Becerra-Fernandez and Rajiv Sabherwal, *Knowledge Management Systems and Processes – second edition*, 2015.
11. Yumei L., Li W., Tifan X., Product data model for PLM system, <http://www.ijcc.org/ojs/index.php/ijcc/article/viewFile/163/124>
12. Cholewa M., Koncepcja zarządzania konstrukcyjną i technologiczną strukturą produktu w rozwoju złożonych produktów, *Mechanik*. 2014, R. 87, nr 2, s. 1-10.

Dr inż. Jacek CZAJKA

Dr inż. Mariusz CHOLEWA

Wydział Mechaniczny

Katedra Technologii Laserowych, Automatykacji i Organizacji Produkcji

Politechnika Wrocławska

50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5

tel./fax: (71-3203137 / 71-3280670

e-mail: jacek.czajka@pwr.edu.pl

mariusz.cholewa@pwr.edu.pl