

ONTOLOGIA AGENTÓW WSPOMAGAJĄCYCH PROEKOLOGICZNE PROJEKTOWANIE

Ewa DOSTATNI

Streszczenie: W referacie opisano przykładową ontologię utworzoną dla agentów wspomagających proekologiczne projektowanie wyrobów. Zdefiniowano pojęcie ekoprojektowania. Przedstawiono wiedzę ogólną niezbędną w projektowaniu wyrobów z uwzględnieniem wymagań definiowanych przez ekoprojektownie. Podjęto próbę konceptualizacji świata rzeczywistego czyli identyfikacji konceptów (klas/pojęć) reprezentujących wiedzę ontologiczną, dla agentów wspomagających proekologiczne projektowanie.

Słowa kluczowe: ekoprojektowanie, technologia agentowa, ontologia, baza wiedzy.

1. Wstęp

Aspekty środowiskowe mają znaczący wpływ na proces projektowania wyrobów, są to „*elementy działań organizacji, jej wyrobów lub usług, które mogą wzajemnie oddziaływać ze środowiskiem*” [1]. W procesie projektowania wyrobów należy zatem brać pod uwagę to, że produkty oddziałują w pewien sposób na środowisko naturalne. Poprzez uwzględnienie aspektów środowiskowych w całym cyklu życia wyrobu zmniejszamy ich negatywne oddziaływanie na środowisko. Co więcej, uwzględnienie ich już we wczesnych etapach projektowania w znaczący sposób wpływa na właściwości i funkcjonowanie wyrobu w całym cyklu jego życia oraz wywiera korzystny wpływ dla organizacji. Przyczynia się m.in. do zredukowania kosztów procesów produkcyjnych, poszerzenia wiedzy o wyrobie, niejednokrotnie do zwiększenia asortymentu, gdyż często przemyślenie koncepcji wyrobu od początku nasuwa na myśl nowe pomysły (innowacje). Ponadto wpływa na polepszenie jakości wyrobów oraz poprawę wizerunku organizacji. Należy zatem uwzględnić zagrożenia dla środowiska naturalnego już na etapie projektowania wyrobu. Projektowanie uwzględniające aspekty środowiskowe określane jest jako ekoprojektowanie lub projektowanie proekologiczne. [1, 2]

Podczas projektowania proekologicznego wyrobu podstawowe znaczenie dla podejmowanych decyzji ma „*myślenie ekologiczne*”, czyli takie myślenie techniczne, które uwzględnia skutki ekologiczne powstawania i funkcjonowania wyrobu. [3] Ekoprojektowanie jest działaniem kompleksowym stanowiącym kompromis pomiędzy wymaganiami użytkowymi i ekologicznymi, a technicznymi wyrobu. [4]

Obecnie coraz częściej wykorzystywane są systemy komputerowe wspomagające ocenę środowiskową projektowanych wyrobów. Są to najczęściej bazy danych zawierające niezbędne informacje do oceny środowiskowej wyrobu. Podejmowane są jednak także próby tworzenia systemów, które będą samodzielnie umiały odpowiedzieć projektantowi jaką decyzję należy podjąć, aby zaprojektowany wyrób miał jak najlepsze parametry środowiskowe. Systemy takie często bazują na nowoczesnych technologiach informatycznych opartych na sztucznej inteligencji. Przykładem może być system oparty na technologii agentowej (rozproszonej sztucznej inteligencji) wspomagający projektanta w

projektowaniu wyrobów ukierunkowanych na recykling. W przypadku takiego systemów niezbędne jest zdefiniowanie ontologii, która będzie stanowiła podstawę do podejmowania decyzji przez poszczególnych agentów.

2. Stosowanie ontologii w systemach agentowych

Zakres zastosowań ontologii w systemach agentowych jest stosunkowo szeroki. Pierwszym z możliwych zastosowań jest reprezentacja wiedzy ontologicznej na poziomie podstawowym, tzn. takim który dotyczy obiektów i ich atrybutów, klas oraz relacji łączących obiekty należące do klas. Korzystając z ontologii agent uzyskuje wiedzę na temat ogólnych „zawsze prawdziwych faktów związanych z daną dziedziną”. [5] Agent otrzymuje zatem podstawowy aparat pojęciowy obowiązujący w określonej dziedzinie wiedzy.

Oprócz wymienionej powyżej korzyści, inną, istotną formą zastosowania ontologii w systemach agentowych, jest tworzenie za jej pomocą bazy wiedzy, która zawiera w sobie opis zjawisk i konkretnych obiektów, z którymi agent współpracuje, operując w ustalonym środowisku zadaniowym. Na bazę tą składają się również opisy pojedynczych obiektów, które są znane agentowi. Opis obiektu obejmuje zwykle takie elementy jak: identyfikator obiektu, nazwę klasy do której obiekt należy oraz określenie wartości pojedynczych własności obiektu. Identyfikator służy do rozróżnienia obiektów i stwierdzania, do jakiej klasy należą. Odbywa się to za pomocą przyznania unikalnej wartości atrybutowi, należącego do zestawu własności obiektów, każdej z określonych klas. Ponadto opis obiektu jest uzupełniony o „określenia wartości znanych systemowi agentowemu”. [5] Dla atrybutów prostych takie wartości to: liczby, łańcuchy tekstowe bądź inne symbole. Z kolei dla atrybutów relacyjnych wartością jest identyfikator obiektu, „z którym opisywany obiekt pozostaje w relacji reprezentowanej przez dany atrybut” [5]. Opisy obiektów tworzone są w oparciu o szkielet definicji klas. Baza wiedzy nie zawiera, z reguły, opisów dla wszystkich egzemplarzy reprezentujących określone klasy. Egzemplarze „są tworzone wyłącznie dla klas najbardziej potomnych”. [5] Klasy dla których nie są określane obiekty i ich opisy w bazie wiedzy nazywane są abstrakcyjnymi, a odpowiednia adnotacja jest zawierana w ich definicji w ontologii.

Innym istotnym obszarem zastosowania ontologii jest wprowadzenie wnioskowania opartego na wiedzy zawartej w bazie, która jest tworzona na podstawie ontologii służącej do opisu określonej dziedziny. Dzięki wnioskowaniu, agent może weryfikować sądy dotyczące obiektów, które występują w jego środowisku zadaniowym oraz analizować znane fakty i, na podstawie tych analiz, odkrywać nowe.

W przypadku systemów wieloagentowych, najistotniejsze zastosowanie ontologii, odbywa się w komunikacji pomiędzy agentami. Współdzielona ontologia pozwala uzyskać wspólny słownik pojęć, z którego mogą korzystać agenci w celu wymiany informacji. [1,6]

3. Wymagania definiowane przez ekoprojektowanie

Czynnością poprzedzającą tworzenie ontologii systemu agentowego jest zdefiniowanie jego wymagań funkcjonalnych. W tym celu należy odpowiedzieć na pytanie w jakim zakresie system ma wspomagać projektanta w obszarze proekologicznego projektowania?

W projektowaniu wyrobów niezbędnym jest uzyskanie informacji na temat poszczególnych elementów wyrobu oraz sposobów łączenia danych elementów ze sobą. Punktem wyjścia jest zatem struktura wyrobu. Projektant posiadając dane dotyczące masy

poszczególnych elementów (podzespołów, zespołów, części), zastosowanych materiałów i połączeń może dokonać analizy opłacalności danych rozwiązań i wybrać rozwiązanie będące najlepszym wariantem wyrobu.

W projektowaniu projektant dodatkowo uwzględnia czynniki ściśle związane z ekoprojektowaniem wyrobów takie jak aspekty środowiskowe, pracochłonność demontażu, recykling. Pomocne są wówczas różnego rodzaju „listy pytań”. Udzielone odpowiedzi pozwolą określić czy dany wyrób spełnia wymagania proekologicznego projektowania wyrobu.

System agentowy wspomaga projektanta w podejmowaniu decyzji dotyczących ekoprojektowania. Analizując strukturę wyrobu i wykorzystując wiedzę zawartą w ontologii agenta jest on w stanie udzielić odpowiedzi na pytania wybrane z „listy pytań” [7] bądź naprowadzić na „ekologiczny” tok myślenia.

Poniżej przedstawiono zakres wiedzy niezbędnej do uzyskania odpowiedzi na przykładowe pytania:

- ***Czy zastosowane materiały niezbędne do użytkowania wyrobu są przyjazne dla środowiska?***

W celu uzyskania odpowiedzi na to pytanie niezbędnym jest by agent posiadał wiedzę dotyczącą materiałów przyjaznych dla środowiska. Wiedza ta powinna identyfikować materiały ekologiczne pożądane w proekologicznym projektowaniu wyrobów (materiały naturalne, materiały podatne na recykling, materiały nie zawierające szkodliwych substancji, materiały powstałe z surowców wtórnych itp.).

- ***Czy zastosowane materiały nie są materiałami niebezpiecznymi?***

Agentowi do prawidłowej identyfikacji materiałów niepożądanych w produkcji wyrobów niezbędna jest wiedza dotycząca jakie materiały są materiałami niebezpiecznymi (substancje niebezpieczne i toksyczne, materiały stwarzające szczególne zagrożenie dla środowiska).

- ***Czy wykorzystano surowce odnawialne?***

W celu uzyskania odpowiedzi na to pytanie niezbędnym jest by agent posiadał wiedzę z zakresu surowców stosowanych w produkcji wyrobów. By umożliwić identyfikację i klasyfikację surowców niezbędnym jest wyszczególnienie w ontologii agenta zarówno surowców odnawialnych jak i nieodnawialnych.

- ***Czy wykorzystano materiały podatne na recykling?***

Materiały podatne na recykling są materiałami pożądanymi w proekologicznym projektowaniu wyrobów ze względu na możliwość ich recyklingu, powtórnego wykorzystania. Zatem niezbędnym jest uwzględnienie takich materiałów w ontologii agenta by mógł je zidentyfikować.

- ***Czy zastosowano materiały niekorodujące?***

W ekoprojektowaniu istotne jest wydajne wykorzystywanie zasobów dlatego też ważnym jest by stosowane materiały były odporne na korozję. Wiedza identyfikująca materiały niekorodujące pozwoli na dobór materiałów, które umożliwią ponowne wykorzystanie wyrobu lub jego części.

- ***Czy zastosowane połączenia zapewniają bezproblemowe rozłączenie, również po zakończonej fazie użytkowania wyrobu?(połączenia rozłączne)***

Wiedza z zakresu stosowanych w produkcji wyrobów sposobów łączenia materiałów pozwoli na analizę zastosowanych w wyrobie połączeń. W celu dokonania analizy oraz wskazania połączeń „problematycznych” niezbędnym jest uwzględnienie w ontologii agenta zarówno połączeń rozłącznych jak i nierozłącznych.

- *Czy zapewniono oznakowanie wyrobu umożliwiające łatwą identyfikację niebezpiecznych materiałów?*

Prawidłowe oznakowanie wyrobu jest niezbędne w celu łatwej identyfikacji zastosowanych materiałów. Niezbędna jest zatem wiedza dotycząca sposobów znakowania wyrobów (ekoznakowanie) oraz znakowania materiałów zawierających substancje niebezpieczne.

- *Jakie są koszty recyklingu?*

Ontologia agenta powinna zawierać wiedzę z zakresu obliczania wskaźników oraz kosztów recyklingowych. Dodatkowo określenie czynników wpływających na koszty recyklingu pozwoli na ich minimalizację.

4. Wymagania funkcjonalne systemu agentowego

Po zestawieniu i analizie wiedzy niezbędnej agentom do udzielenia odpowiedzi na pytania, które należy zadać przy ekoprojektowaniu (powyżej przedstawiono tylko kilka przykładowych) zdefiniowano funkcjonalność systemu agentowego. Funkcjonalność systemu wspomagającego proekologiczne projektowanie wyrobów określono następująco:

- ewidencja bazy danych (np. materiałów, połączeń materiałów, narzędzi) – funkcja umożliwiająca wprowadzanie, edycję oraz usuwanie informacji tworzących bazę danych o materiałach (rodzaje, właściwości itd.), połączeniach materiałów (rodzaje, techniki itd.), narzędziach (np. do demontażu),
- ewidencja projektów – funkcja umożliwiająca archiwizację gotowych projektów wyrobów, które w przyszłości mogą być wykorzystane w tworzeniu nowych,
- analiza wyrobu uwzględniająca strukturę wyrobów, połączenia i zastosowane materiały – funkcja umożliwiająca sprawdzenie czy struktura wyrobu jest prawidłowa ze względu na występujące w strukturze połączenia, a także sprawdzenie jakie materiały uwzględniono w projekcie wyrobu,
- alert – funkcja ostrzegająca o pojawieniu się w wyrobie materiałów niebezpiecznych i niekompatybilnych połączeń (np. ze względu na rodzaj połączenia, łączonych materiałów itp.),
- dobór materiałów – funkcja umożliwiająca doboru materiałów kompatybilnych pod względem recyklingu oraz pozwalająca na wykrycie oraz wskazanie w strukturze wyrobu materiałów „niepożądanych” w proekologicznym projektowaniu wyrobu i zaoferowanie materiałów alternatywnych,
- dobór połączeń – funkcja doboru połączeń umożliwiająca wykrycie oraz wskazanie „problematycznych” połączeń w strukturze wyrobu, a także proponująca połączenia alternatywne uwzględniając przy tym cechy istotne dla demontażu wyrobu (np. prostota demontażu, niskie koszty demontażu) oraz kompatybilność łączonych materiałów,
- dobór narzędzi do demontażu – funkcja umożliwiająca analizę zastosowanych połączeń materiałów oraz dobranie odpowiedniego narzędzia stosowanego w procesie demontażu,
- obliczanie mas elementów – funkcja umożliwiająca automatyczne obliczenie mas elementów wyrobu oraz średniego udziału poszczególnych materiałów w masie wyrobu,
- obliczanie wskaźników i poziomu recyklingu – funkcja umożliwiająca automatyczne obliczanie wskaźników recyklingowych oraz uaktualnianie informacji o wartościach tych wskaźników,

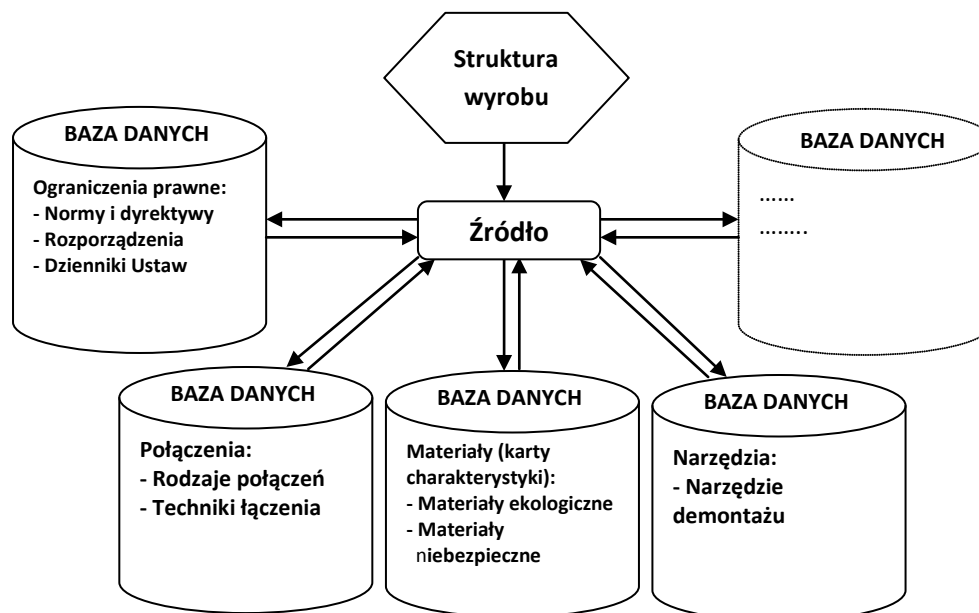
- ocena projektu – funkcja umożliwiająca ocenę projektu ze względu na wprowadzone modyfikacje. Sprawdzenie i analiza zmian,
- tworzenie zestawień – funkcja umożliwiająca tworzenie wybranych zestawień (np. zestawienie wykorzystanych materiałów, wylistowanie materiałów jakie agent „uznał” za „niepożądane”, zestawienie połączeń itd.),
- ewidencja sprawozdań i raportów – funkcja umożliwiająca dodawanie/ edycję/ usuwanie szablonów sprawozdań „środowiskowych”, oraz utworzenie/ zapisanie/ wydrukowanie raportu zawierającego dane na temat wyrobu, wprowadzonych zmian, korzyści z nich wynikających itd.. [1, 8, 9]

5. Ontologia agentów wspomagających proekologiczne projektowanie

Głównym celem ontologii jest dostarczenie każdemu z agentów wiedzy niezbędnej do wspomagania proekologicznego projektowania wyrobu. Wiedza ta jest istotna dla współdzielenia informacji oraz komunikacji i koordynacji agentów. W systemie agentowym ontologia:

- definiuje obiekty ściśle związane z ekoprojektowaniem,
- definiuje obiekty pozwalając na wyszukanie i dostarczenie informacji użytkownikom systemu (projektantom),
- klasyfikuje obiekty umożliwiając przy tym weryfikację danych,
- definiując i klasyfikując obiekty uwypukla założenia istotne dla proekologicznego projektowania wyrobów.

Oprócz struktury wyrobu będącej źródłem danych wejściowych ontologia zakłada dodatkowe źródła danych jakimi są różne bazy danych (rys. 1).



Rys. 1. Źródła danych ontologii [1]

W celu zwrócenia odpowiedzi na zapytania użytkownika, agent poszukuje informacji analizując zdefiniowaną w ontologii wiedzę oraz w przypadku gdy jest to niezbędne komunikuje się z zewnętrznymi źródłami danych jakimi są bazy danych lub innymi agentami.

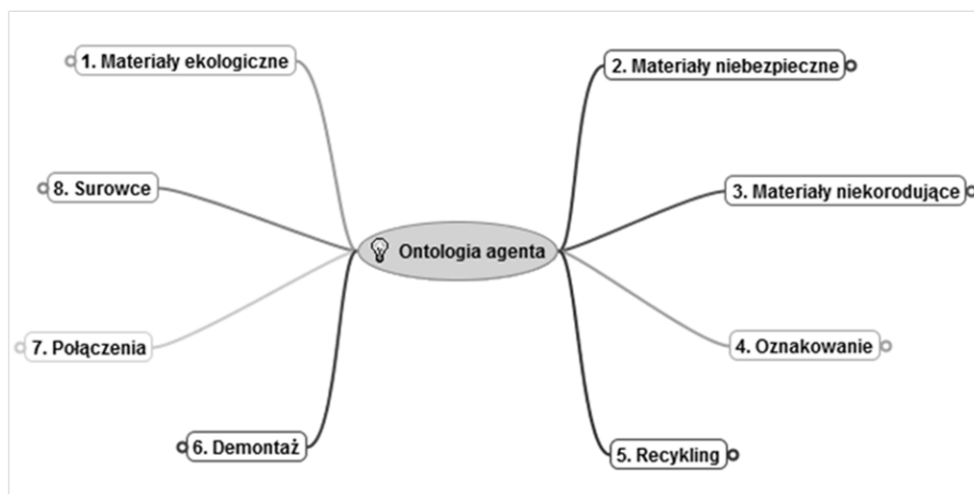
6. Ontologia – identyfikacja oraz opis klas

Poniżej zaprezentowano pojęcia (klasy) wchodzące w skład ontologii agentów, będące reprezentacją wiedzy niezbędnej do tego by agent mógł wspomagać projektanta w proekologicznym projektowaniu wyrobów.

W identyfikowaniu klas i podklas ontologii posłużono się strategią mieszaną (ang. *middle-out*). Na wstępie zidentyfikowano pojęcia (klasy) najbardziej istotne, które w dalszych krokach, w zależności od potrzeb uogólniono lub uszczegółowiono. Klasy przedstawiono w formie graficznych drzew.

Ontologia definiuje osiem głównych pojęć (klas) przedstawionych w formie graficznego drzewa (rys. 2).

Każda klasa ontologii zakłada podział na podklasy. Ze względu na obszerność zdecydowano każdą „gałąź” ontologii agenta przedstawić w osobnym drzewie graficznym ukazując w ten sposób czytelniej występujące w ontologii podklasy wraz z ich dalszym podziałem oraz opisem. Poniżej przedstawiono tylko przykładowe rozwinięcia klas ontologii.



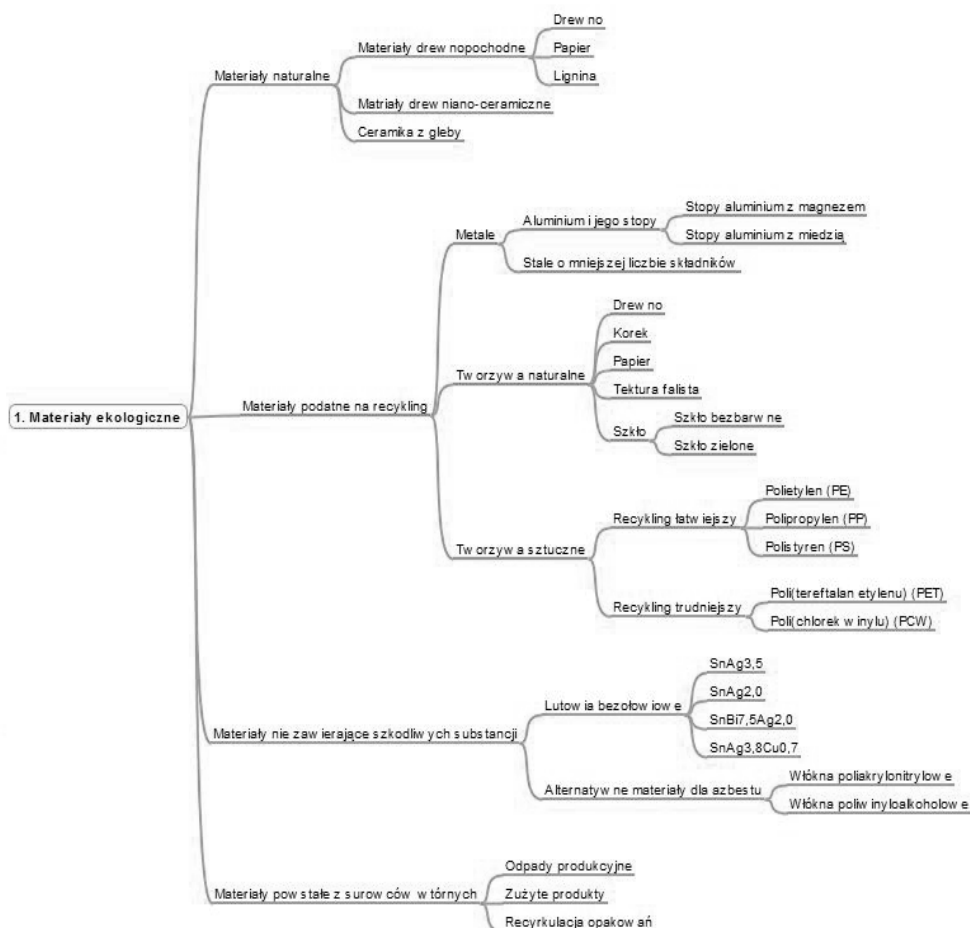
Rys. 2. Podstawowe klasy ontologii agentów wspomagających proekologiczne projektowanie wyrobów

6.1. Klasa Materiały ekologiczne

Klasa **Materiały ekologiczne** (rys.3) jest źródłem wiedzy na temat materiałów ekologicznych pożądanym w proekologicznym projektowaniu wyrobów. Klasa definiuje obiekty klasyfikując je w czterech podklasach:

- *Materiały naturalne,*
- *Materiały podatne na recykling,*

- *Materiały nie zawierające szkodliwych substancji,*
- *Materiały powstałe z surowców wtórnych.*



Rys. 3. Klasa Materiały ekologiczne – podklasy i ich podział (oprac. na podst. [10])

Na rysunku 3 przedstawiono klasę **Materiały ekologiczne** oraz podklasy wraz z ich dalszym podziałem. Podklasa *Materiały naturalne* jest reprezentacją wiedzy o materiałach naturalnych pozyskiwanych ze źródeł naturalnych i wykorzystywanych w produkcji wyrobów. Podklasa *Materiały podatne na recykling* reprezentuje obiekty klasyfikowane jako materiały, których wykorzystanie w produkcji wyrobów jest korzystne ze względu na późniejszą możliwość ich recyklingu co jest istotne w ekologicznym projektowaniu. I tak kolejno podklasa, *Materiały niezawierające szkodliwych substancji* wskazuje na materiały bezpieczne dla środowiska ze względu na ich skład chemiczny, a podklasa *Materiały powstałe z surowców wtórnych* reprezentuje obiekty – materiały wykorzystywane w produkcji wyrobów, powstałe z odzyskanych surowców wtórnych.

Klasy posiadają określone atrybuty będące zakresem informacji opisujących obiekt. Określenie atrybutów ułatwia wyszukiwanie przez użytkownika bądź agenta konkretnych informacji oraz pozwala na ich uszczegóławianie. Przykładowe atrybuty dla klasy

Materiały ekologiczne to: ME_NazwaMateriału, ME_SkrótMateriału, ME_CechyCharakterystyczneMateriału, ME_WłaściwościMateriału itp.

Wiedza (informacje) ujęta w klasie **Materiały ekologiczne** może pochodzić z różnych źródeł. Ontologia może być uzupełniania ręcznie przez użytkownika bądź automatycznie poprzez komunikację agenta z zewnętrznym źródłem danych (np. Baza danych Materiały).

6.2. Klasa Materiały niebezpieczne

Klasa **Materiały niebezpieczne** jest reprezentacją wiedzy o materiałach niepożądanych w proekologicznym projektowaniu wyrobów. Dzięki wiedzy zawartej w tej klasie agent analizując strukturę wyrobu może zidentyfikować materiały (co pozwoli na ich eliminację), których zastosowanie w produkcji wyrobu może zagrażać bezpieczeństwu człowieka jak i otoczenia.

Wiedza zawarta w tej klasie może pochodzić z różnych źródeł. Ontologia może być uzupełniania ręcznie przez użytkownika bądź automatycznie poprzez komunikację agenta z zewnętrznym źródłem danych (Baza danych Materiały). Ponadto agent umożliwia dostarczenie użytkownikowi informacji na temat wymagań i reguł stawianym poszczególnym materiałom sklasyfikowanym jako **Materiały niebezpieczne**. W tym celu korzysta z zewnętrznego źródła danych jakim jest Baza danych ograniczeń prawnych.

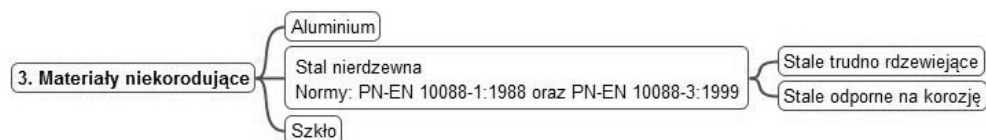
Przykładowe atrybuty: MN_NazwaMateriału, MN_SkrótMateriału, MN_NumerCAS, MN_Właściwości, MN_Niebezpieczeństwa, MN_Oznakowanie.

Klasa **Materiały niebezpieczne** wyszczególnia następujące podklasy:

- *Substancje niebezpieczne,*
- *Substancje niebezpieczne stwarzające szczególne zagrożenie dla środowiska,*
- *Materiały niebezpieczne wg ADR (zrestrukturyzowana Umowa europejska dotycząca przewozu drogowego towarów niebezpiecznych, obowiązująca od dn. 1 lipca 2001, Organizacja Narodów Zjednoczonych, Nowy Jork i Genewa, rok 2001),*
- *Substancje niebezpieczne według Rozporządzenia (WE) nr 1907/2006 (REACH),*
- *Substancje toksyczne.*

6.3. Klasa Materiały niekorodujące

Klasa **Materiały niekorodujące** (rys. 4) jest źródłem wiedzy o obiektach - materiałach, których stosowanie w produkcji wyrobów jest korzystne ze względu na ich odporność na korozję. W proekologicznym projektowaniu istotne jest wydajne wykorzystywanie zasobów. Z tego względu ważnym jest stosowanie w produkcji wyrobów takich materiałów, które umożliwią ponowne wykorzystanie wyrobu bądź jego części. Klasa **Materiały niekorodujące** dostarcza wymaganej wiedzy.



Rys. 4. Klasa Materiały niekorodujące – podklasy i dalszy podział

Drzewo graficzne ukazuje tylko przykłady materiałów niekorodujących. Ze względu na ich liczebność, całościowy wykaz materiałów dostępny jest w odpowiedniej bazie danych (Baza danych Materiały, Baza danych Ograniczenia prawne). Agent umożliwia komunikację z bazą danych oraz jej ewidencję.

6.4. Klasa Oznakowanie

Klasa **Oznakowanie** reprezentuje wiedzę z zakresu sposobu znakowania materiałów i wyrobów. Prawidłowe oznakowanie wyrobu pozwala na jednoznaczny identyfikację materiałów z jakich został on wyprodukowany. Jest to istotne biorąc pod uwagę recykling. Nieoznakowanie bądź złe oznakowanie wyrobów lub materiałów uniemożliwia prawidłową identyfikację materiałów nadających się do recyklingu.

Przykładowymi atrybutami tej klasy są: O_NazwaMateriału, O_SkrótMateriału, O_SymbolMateriału, O_ZnaczenieSymbolu.

Podklasy:

- *Ekoznakowanie – graficzne,*
- *Oznakowanie substancji niebezpiecznych (Zestawienie oznakowania ryzyka R1-68 dostępne w Dyrektywie Komisji 2001/59/WE dotyczącej klasyfikacji i oznakowania niebezpiecznych substancji – BAZA DANYCH).*

6.5. Klasa Recykling

Klasa **Recykling** definiuje obiekty istotne dla recyklingu z punktu widzenia ekoprojektowania. Reprezentuje wiedzę niezbędną dla określenia wskaźników recyklingowych takich jak poziom recyklingu, poziom odzysku. Definiuje również czynniki wpływające na koszty recyklingu oraz reprezentuje wiedzę niezbędną do ich obliczenia.

Podklasy należące do tej klasy przedstawiają się następująco:

- *Poziom odzysku i recyklingu,*
- *Koszty recyklingu.*

6.6. Klasa Demontaż

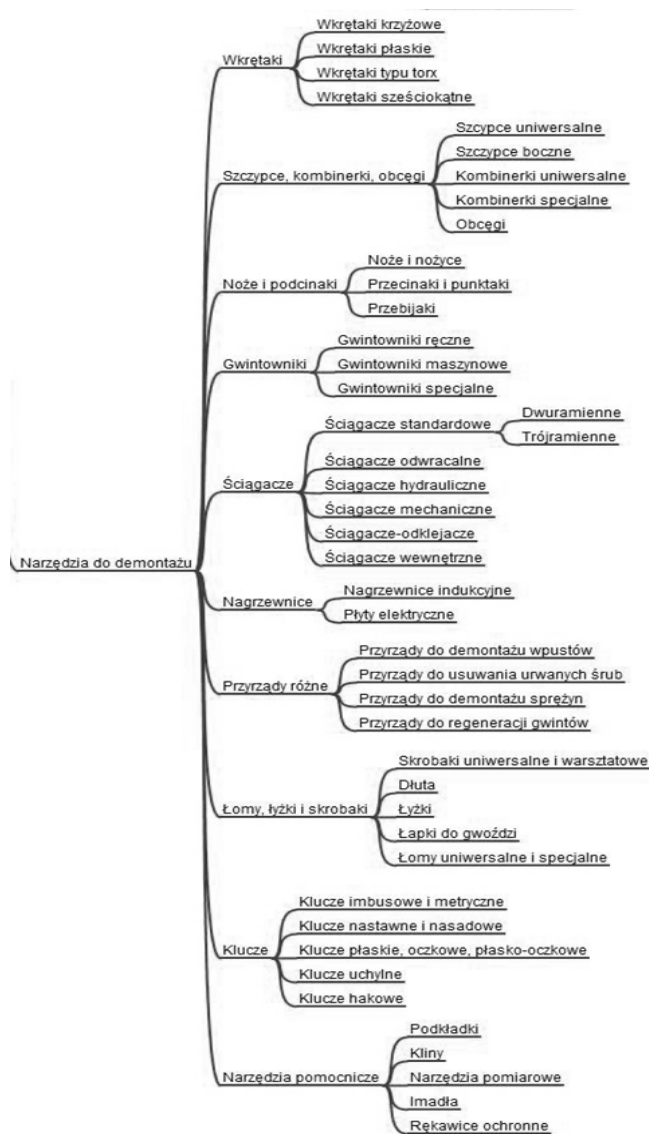
Klasa **Demontaż** reprezentuje wiedzę z zakresu demontażu wyrobu. Definiując obiekty ukazuje jaka wiedza jest niezbędna dla określenia kolejności demontażu oraz jakie narzędzia są niezbędne w celu wykonania demontażu wyrobów .

Przykładowe atrybuty dla tej klasy: D_GrupaNarzędzi, D_NazwaNarzędzia, D_WymiarNarzędzia, D_MateriałNarzędzia, D_OznaczenieNarz.

Dodatkowe źródła danych: Baza danych Narzędzia.

Podklasy:

- *Czynniki determinujące kolejność demontażu wyrobu,*
- *Narzędzia do demontażu (rys. 5).*

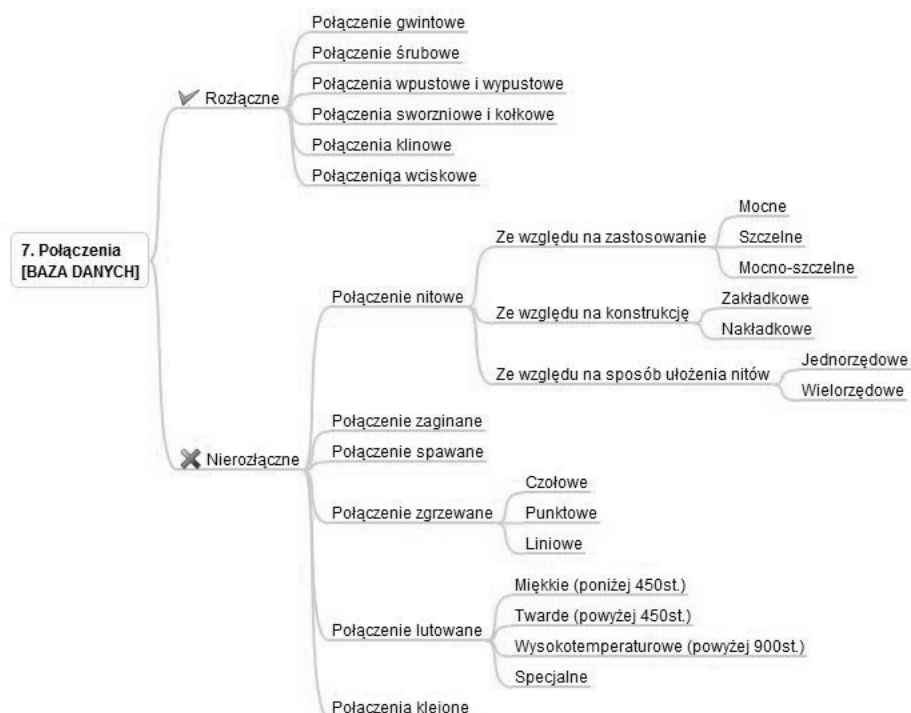


Rys. 5. Klasa Demontaż, podklasa Narzędzia do demontażu (oprac. na podst. [11])

6.7. Klasa Połączenia

Klasa **Połączenia** (rys. 6) reprezentuje wiedzę z zakresu stosowanych połączeń. Definiuje obiekty – sposoby połączenia poszczególnych materiałów, klasyfikując je na dwie podklasy:

- *Połączenia rozłączne,*
- *Połączenia nierozłączne.*



Rys. 6. Klasa Połączenia – podklasy wraz z dalszym podziałem (oprac. na podst. [12])

Wiedza ta jest niezbędna w proekologicznym projektowaniu wyrobów, gdyż zastosowanie odpowiedniego połączenia ma zasadniczy wpływ na m.in. możliwość recyklingu materiału, czasochłonność demontażu, a co za tym idzie koszty recyklingu.

6.8. Klasa Surowce

Klasa ta jest reprezentacją wiedzy z zakresu surowców wykorzystywanych w procesie wytwarzania wyrobów. Podział wyróżnia dwie podklasy:

- *Surowce odnawialne,*
- *Surowce nieodnawialne.*

7. Podsumowanie

Głównym celem niniejszego opracowania jest opisanie tylko niektórych wybranych aspektów związanych z tworzeniem ontologii dla agentów tworzących system wspomagający proekologiczne projektowanie wyrobów. W ramach prowadzonych badań zidentyfikowano wiedzę niezbędną projektantowi w proekologicznym projektowaniu wyrobów. Ponadto wiedzę usystematyzowano, opisano i przedstawiono w formie graficznej. Podjęto próbę konceptualizacji świata rzeczywistego czyli identyfikacji konceptów (klas/pojęć) reprezentujących wiedzę ontologiczną, dla agentów wspomagających proekologiczne projektowanie.

Praktyczność ontologii zapewni jedynie implementacja w systemie agentowym. Umożliwi to sprawdzenie czy projekt ontologii spełnia wymagania stawiane przez

funkcjonalność systemu oraz użytkowników, a także czy zwraca prawidłowe odpowiedzi na wysunięte przez użytkownika pytania. Wówczas możliwe jest poddanie analizie także możliwości technicznych oraz środowiska programowo-sprzętowego. Implementacja ontologii jest konieczna dla sprawowania kontroli pierwszej wersji ontologii, a w przyszłości utworzenia wersji kolejnych (rozbudowa: dodawanie, usuwanie danych zawartych w ontologii). Niezbędna jest dla działań związanych z dalszym utrzymaniem i rozwojem ontologii.

W celu zaimplementowania ontologii w systemie należy sformalizować koncepty (klasy) na wybrany język ontologii (zależny od aplikacji docelowej ontologii) dzięki czemu utworzona ontologia będzie „zrozumiała” dla agentów.

Poprawność analizy oraz skuteczność wprowadzanych zmian może być zapewnione jedynie wtedy, gdy analizę ontologii przeprowadzają eksperci związani z daną dziedziną.

Literatura

1. ISO/TR 14062: Zarządzanie środowiskowe. Włączanie aspektów środowiskowych do projektowania i rozwoju wyrobu. PKN, Warszawa, 2004.
2. Folaron P.: Opracowanie ontologii agenta wspomagającego proekologiczne projektowanie wyrobów. Praca dyplomowa, promotor Ewa Dostatni, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska, 2010.
3. Karwasz A., Stachura M.: Ekoprojektowanie w praktyce. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, Poznań, 2007.
4. Adamczyk W.: Ekologia wyrobów. PWE, Warszawa, 2004.
5. Pechmann P.: Systemy agentowe – istota i zasada działania. Raport Katedry Systemów Multimedialnych nr RKSM/1/2008, Wydział Informatyki, Politechnika Szczecińska, Szczecin, 2008.
6. Pechmann P.: Wprowadzenie do systemów agentowych. Wydział Informatyki Politechnika Szczecińska, Szczecin, 2008.
7. Narzędzie ECODESIGN PILOT. Dostępne w Internecie: <http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE/>
8. Dostatni E., Diakun J.: Computer-Aided Pro-Ecological Product Assessment during Design Phase Using Agent System. 10th Workshop on Intelligent Manufacturing Systems IMS'10, Lizbona, Portugalia.
9. Weiss Z., Dostatni E., Diakun J.: Sprawozdanie z projektu badawczego: 4 T07C 025 30. Metoda komputerowego wspomaganie proekologicznego projektowania wyrobów ukierunkowana na recykling. Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Instytut Technologii Mechanicznej, Poznań, 2009.
10. Dobrzański L.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo: materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, ISBN 83-204-2793-2.
11. Narzędzie BAHCO. Dostępne w Internecie: <http://www.bahco-narzedzia.info/>
12. Magnucki K.: Podstawy konstrukcji maszyn. Wydanie 1, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2006.

Dr inż. Ewa DOSTATNI
Zakład Zarządzania Produkcją
Instytut Technologii Mechanicznej
Politechnika Poznańska
60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3
tel.: (61) 665 27 31, fax: (61) 665 27 74
e-mail: ewa.dostatni@put.poznan.pl