

ZASTOSOWANIE JĘZYKA UML DO KONSTRUOWANIA WIELOASPEKTOWYCH MODELI DIAGNOSTYCZNYCH

Damian Skupnik

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, e-mail: Damian.Skupnik@polsl.pl

Streszczenie. Referat przedstawia przykład zastosowania w diagnostyce technicznej języka UML. Przykład dotyczy obiektu, który umożliwia diagnostykę procesów ciągłych i stanowi fizyczną miniaturyzację instalacji przemysłowej, stosowanej np. w przemyśle chemicznym. Przedstawiono wieloaspektowy opis działania rozpatrywanego obiektu reprezentowany za pomocą wybranych diagramów UML. Pokazano wyniki diagnozowania uzyskane z modelu diagnostycznego skonstruowanego w oparciu o zbiór opracowanych diagramów UML.

Słowa kluczowe: diagnostyka techniczna, model diagnostyczny, UML.

WSTĘP

Chcąc utrzymać dany obiekt możliwie długo w wymaganym stanie technicznym nie należy stosować wyłącznie podejścia obsługowo-naprawczego. Konieczne jest prowadzenie odpowiednich działań profilaktycznych (np. regulacja, wymiana zużytych elementów obiektu itp.). Dzięki temu można zapobiec wystąpieniu niebezpiecznych i kosztownych awarii.

W związku z powyższym istnieje potrzeba *diagnozowania*, tzn. określania stanu technicznego obiektów bez ich zatrzymywania lub demontażu. Zaspokajaniem tej potrzeby zajmuje się dziedzina wiedzy zwana *diagnostyką techniczną*.

Początkowo wnioskowanie o stanie technicznym obiektu realizowane było przez człowieka na podstawie zaobserwowanych symptomów. Rozwój przemysłu informatycznego oraz metod i technik sztucznej inteligencji umożliwił zastosowanie w procesie diagnozowania tzw. *modeli diagnostycznych*.

W wielu nowoczesnych obiektach technicznych można wyodrębnić kilka układów, z których każdy ma inną naturę fizyczną (np. układ mechaniczny, elektryczny, hydrauliczny, pneumatyczny itp.). Zazwyczaj jeden z nich pełni rolę dominującą, co wynika z istoty działania obiektu. Opracowywanie pojedynczego (globalnego) modelu diagnostycznego w odniesieniu do tego typu obiektów technicznych jest zazwyczaj zadaniem trudnym. Z opublikowanych rezultatów wielu badań (np. [2]) wynika, że w takim wypadku skuteczniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie zbioru powiązanych ze sobą modeli składowych (lokalnych). Wówczas, w celu rozpoznania stanu technicznego danego obiektu, należy wziąć pod uwagę informacje pochodzące ze wszystkich

aktywnych modeli lokalnych. Jest to więc realizacja idei tzw. *wielomodelu*, którego efektywność działania w dziedzinie diagnostyki technicznej została pokazana w [8].

Szczególną postacią wielomodelu jest *model wieloaspektowy*, w którym poszczególne modele składowe identyfikowane są na podstawie wiedzy pozyskanej po przyjęciu różnych punktów widzenia. Problem identyfikacji aspektów (punktów widzenia) odpowiednich do zastosowań diagnostycznych oraz kwestię ich reprezentacji można rozwiązać za pomocą języka UML (ang. *Unified Modelling Language*).

JĘZYK UML JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE BUDOWĘ MODELU DIAGNOSTYCZNEGO

UML to język formalny z dziedziny informatycznej umożliwiający określenie z różnych punktów widzenia struktury i dynamiki działania modeli obiektowych, które w sensie programowania zorientowanego obiektowo reprezentują realne obiekty z wybranego fragmentu otoczenia (np. osoby, przedmioty, jednostki organizacyjne, zdarzenia itp.). Oznacza to, że w szczególnym wypadku rozpatrywany może być obiekt techniczny.

W języku UML aspekty reprezentowane są w postaci diagramów, przy czym liczba uwzględnianych punktów widzenia nie równa się liczbie dostępnych diagramów, ponieważ niektóre diagramy są semantycznie równoważne. Diagramy UML determinują możliwe do rozpatrzenia aspekty, a więc rozpatrywanie danego obiektu technicznego z różnych punktów widzenia jest w pewnym stopniu ograniczone. W razie potrzeby dopuszczalne jest wprowadzanie nowych symboli, a przez to tworzenie nowych diagramów, uwzględniających specyficzne własności rozpatrywanego problemu (np. w modelowaniu biznesowym, analitycznym czy baz wiedzy systemu doradczego [9]).

W wersji 2.0 języka UML wyróżniono trzynaście diagramów. Sześć z nich przeznaczonych jest do opisu struktury, natomiast pozostałe pozwalają opisać dynamikę (działanie) systemu. Jak pokazuje praktyka tworzenia modeli oprogramowania, w wielu wypadkach stosowanie wszystkich diagramów nie jest konieczne. Również nadmierna dokładność modelowania może prowadzić do „przeciążenia” diagramów i zatracenia głównego celu w wyniku tak zwanej „gorączki” modelowania [1]. Poniżej wymieniono wszystkie diagramy UML [9]:

- **diagramy opisujące strukturę systemu** - diagram klas, diagram obiektów, diagram pakietów, diagram komponentów, diagram rozlokowania, diagram struktur połączonych,
- **diagramy opisujące dynamikę systemu** - diagram przypadków użycia, diagram maszyny stanowej, diagram czynności, diagram sekwencji, diagram komunikacji, diagram harmonogramu, diagram sterowania interakcją.

Identyfikacja aspektów istotnych dla potrzeb diagnostyki technicznej

Uwzględniane w języku UML aspekty, reprezentowane w postaci odpowiednich diagramów, stanowią podstawę do identyfikacji aspektów istotnych z punktu widzenia diagnostyki technicznej. Analizując rozpatrywane w języku UML aspekty, wyodrębniono te punkty widzenia, które powinny umożliwiać dokładne, jednoznaczne i wyczerpujące opisanie działania dowolnego obiektu technicznego. Są to:

- aspekt struktury obiektu (AS),
- aspekt stanów funkcjonalnych obiektu (ASF),
- aspekt działania elementów obiektu (AD),

- aspekt ograniczeń działania elementów obiektu (AOD),
- aspekt harmonogramu działania elementów obiektu (AHD),
- aspekt historii elementów obiektu (AH).

Reprezentacja zidentyfikowanych aspektów

Zidentyfikowane aspekty umożliwiają pozyskanie wiedzy o rozpatrywanym obiekcie technicznym, która wymagana jest do opracowania wieloaspektowego modelu diagnostycznego. Niewątpliwie jakość tego modelu będzie zależeć od przyjętego sposobu reprezentacji wiedzy. O ile w badaniach dotyczących metod pozyskiwania wiedzy odnotowano znaczące sukcesy, np. [6], to jak do tej pory, nie znaleziono dostatecznie ogólnego rozwiązania problemu formalizacji sposobów zapisu wiedzy. Znane są natomiast kryteria, które taki zapis powinien spełniać. Są to: prostota, kompletność, zwiężłość, zrozumiałość i wyrażność [3].

Powyższe kryteria spełnia język UML, zatem jest to odpowiednie narzędzie do reprezentacji wyodrębnionych punktów widzenia (aspektów).

Oceniając możliwości zastosowania diagramów UML w opisywaniu obiektów technicznych dla potrzeb diagnostycznych, można stwierdzić, że stosowanie diagramów komponentów i rozlokowania jest niecelowe, ponieważ diagramy te dotyczą konkretnych bytów związanych z oprogramowaniem lub sprzętem komputerowym [9]. Wydaje się, że można także zrezygnować ze stosowania diagramu struktur połączonych. Zadaniem tego typu diagramu jest przedstawienie współdziałających ze sobą elementów dla pewnego wycinka modelowanego systemu [9].

Z całą pewnością należy stwierdzić, że podczas tworzenia modelu diagnostycznego, rozpatrzone powinny zostać wszystkie diagramy, należące do kategorii opisującej dynamikę systemu. Dopuszczalne jest jednak podjęcie decyzji o niekorzystaniu z diagramu sterowania interakcją, ponieważ przedstawia on w zbiorczy sposób informacje zawarte na innych diagramach (to znaczy diagramach czynności, sekwencji, komunikacji i harmonogramu) [9]. Można również zrezygnować z diagramu komunikacji, którego uzyskanie jest możliwe poprzez przekształcenie diagramu sekwencji (odwrotne działanie jest również możliwe). Tabela 1 przedstawia diagramy UML umożliwiające reprezentację zidentyfikowanych punktów widzenia.

Tab. 1. Diagramy UML umożliwiające reprezentację zidentyfikowanych aspektów (AS - aspekt struktury obiektu; ASF - aspekt stanów funkcjonalnych obiektu; AD - aspekt działania elementów obiektu; AOD - aspekt ograniczeń działania elementów obiektu; AHD - aspekt harmonogramu działania elementów obiektu; AH - aspekt historii elementów obiektu)

Tab. 1. UML diagrams making possible the representation of the identified aspects (AS - the structure aspect; ASF - the functional state aspect; AD - the elements activity aspect; AOD - the elements activity limitations aspect; AHD - the elements timing aspect; AH - the elements history aspect)

	Diagram klas, obiektów, pakietów	Diagram maszyny stanowej	Diagram czynności	Diagram komunikacji, sekwencji	Diagram harmonogramu
AS	X				
ASF		X			
AD			X	X	
AOD	X			X	
AHD					X
AH				X	X

Ograniczenie zastosowania języka UML

Język UML przeznaczony jest przede wszystkim do tworzenia modeli systemów informatycznych, których działanie ma charakter dyskretny. W związku z tym zastosowanie tego języka w odniesieniu do obiektów działających wg ustalonych procedur w zmiennych warunkach (np. obrabiarka CNC, robot przemysłowy, pralka automatyczna itp.) nie powinno stwarzać większych trudności. Dla tego typu obiektów możliwe jest naturalne rozgraniczenie stanów funkcjonalnych oraz jednoznaczne zidentyfikowanie elementów (zespołów) odpowiedzialnych za przejście pomiędzy tymi stanami (np. zbiornik pusty i zbiornik napełniony - odpowiedzialny zawór i/lub pompa).

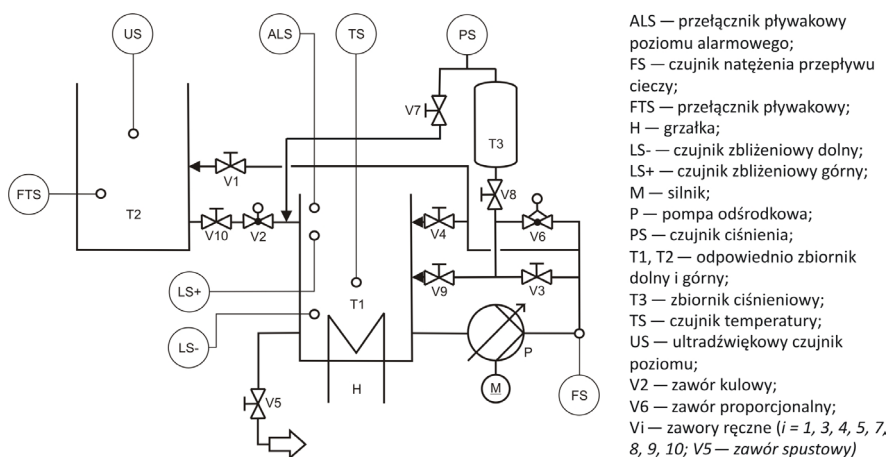
Opracowanie diagramu maszyny stanowej dla obiektów technicznych, które nie działają w sposób dyskretny, stwarza poważne trudności związane przede wszystkim z koniecznością rozgraniczania stanów funkcjonalnych obiektu. W takim wypadku wyodrębnienie stanów funkcjonalnych może zostać dokonane dzięki dyskretyzacji warunków działania obiektu.

PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA JĘZYKA UML DO KONSTRUOWANIA MODELU DIAGNOSTYCZNEGO

Prezentowany przykład zastosowania języka UML w procesie konstruowania wieloaspektowego modelu diagnostycznego dotyczy obiektu, dla którego naturalne rozgraniczenie stanów funkcjonalnych nie jest trudne.

Wybrany obiekt badań

Jako obiekt badań wybrano stanowisko *FESTO S7 EduTrainer Compact Siemens S7-300 CPU313C* (rys. 1). Rozpatrywany obiekt umożliwia diagnostykę procesów ciągłych i stanowi fizyczną miniaturyzację instalacji przemysłowej, stosowanej np. w przemyśle chemicznym, spożywczym itp.



Rys. 1. Schemat rozpatrywanego obiektu technicznego

Fig. 1. Structure chart of the considered technical object

Działanie wybranego obiekt badań

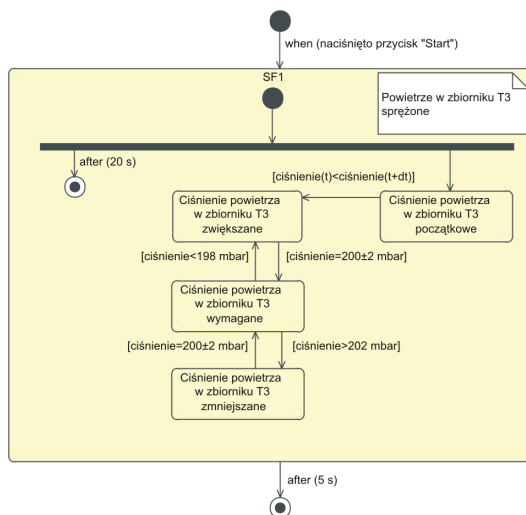
Działanie obiektu sterowane jest opracowanym przez autora programem, który wykonywany jest przez sterownik PLC. W działaniu obiektu wyodrębniono 8 stanów funkcjonalnych. Ze względu na fakt, iż konstruowanie grupy modeli diagnostycznych dla kolejnych stanów funkcjonalnych realizowane jest w ten sam sposób, w dalszej części przedstawiono opis dotyczący tylko pierwszego stanu funkcjonalnego.

Działanie obiektu w odniesieniu do pierwszego stanu funkcjonalnego polega na sprężeniu powietrza znajdującego się w zbiorniku ciśnieniowym T3 w celu uzyskania zadanej wartości ciśnienia. Po sprawdzeniu, że obiekt znajduje się w stanie początkowym, następuje uruchomienie, na czas 20-tu sekund, pompy P (sterowanej w trybie analogowym) i zwiększanie względnego ciśnienia powietrza w zbiorniku T3 do wartości 200 mbar (poziomem odniesienia jest ciśnienie powietrza w otoczeniu obiektu). W celu osiągnięcia i ustabilizowania wymaganej wartości ciśnienia, zastosowano regulator proporcjonalno-całkująco-różniczkujący (ang. *Proportional-Integral-Derivative controller*, PID), o współczynniku wzmocnienia (proporcjonalności) $k_p=1$, czasie zdwojenia (całkowania) $t_i=1$ s i czasie wyprzedzenia (różniczkowania) $t_d=1$ s.

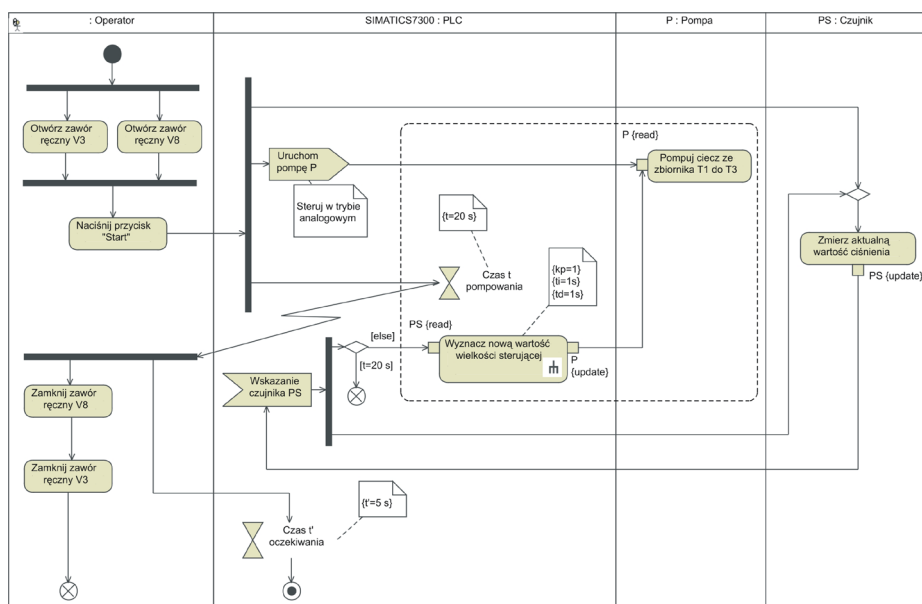
W wyniku powyższej operacji do zbiornika T3 zostaje wtłoczona ze zbiornika T1 ściśle określona ilość cieczy. Tuż przed upływem 20-tej sekundy działania obiektu operator zamyka zawór ręczny V8. Po 20-tej sekundzie następuje wyłączenie pompy P i wstrzymanie działania obiektu na czas 5 sekund. W trakcie przerwy operator obiektu powinien zamknąć zawór ręczny V3.

Opis działania obiektu w języku UML

Wieloaspektowy opis działania obiektu reprezentują diagramy UML przedstawione na rys. 2 do 5. Przyjęto założenie, że nie jest znana historia elementów obiektu działających w pierwszym stanie funkcjonalnym (stąd brak diagramu opisującego działanie obiektu w aspekcie historii elementów obiektu).

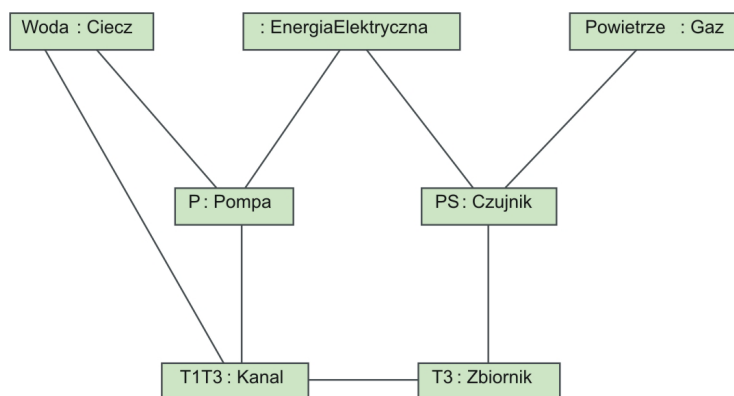


Rys. 2. Diagram maszyny stanowej opisujący działanie obiektu w aspekcie stanów funkcjonalnych
Fig. 2. State machine diagram describing the operation of the object for the sake of the functional state aspect



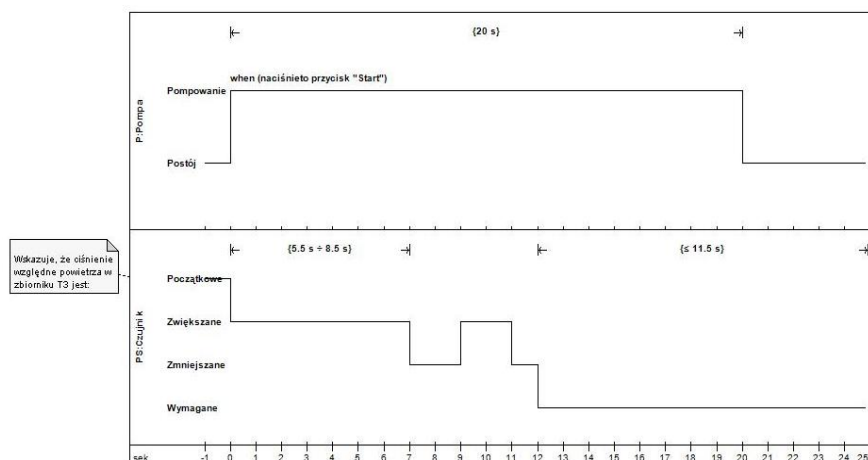
Rys. 3. Diagram czynności opisujący działanie obiektu w aspekcie działania elementów obiektu

Fig. 3. Activity diagram describing the operation of the object for the sake of the elements activity aspect



Rys. 4. Diagram obiektów opisujący działanie obiektu w aspekcie ograniczeń działania elementów obiektu

Fig. 4. Object diagram describing the operation of the object for the sake of the elements activity limitations aspect



Rys. 5. Diagram harmonogramu opisujący działanie obiektu w aspekcie harmonogramu działania elementów obiektu

Fig. 5. Timing diagram describing the operation of the object for the sake of the elements timing aspect

Konstruowanie wieloaspektowego modelu diagnostycznego

Otrzymany zbiór diagramów stanowi podstawę do konstruowania modelu diagnostycznego. Szczegóły metody opracowywania wieloaspektowego modelu diagnostycznego w oparciu o diagramy UML przedstawiono w [7]. W opisywanym przykładzie modele składowe reprezentowano w postaci sieci przekonań (sieci bayesowskich).

Sieć przekonań jest to nie zawierający cykli graf skierowany, którego węzły reprezentują zmienne, a skierowane gałęzie relacje pomiędzy tymi zmiennymi. Utworzone diagramy UML umożliwiły identyfikację większości zmiennych opracowywanych sieci przekonań.

Wnioskowanie w sieci przekonań polega na wyznaczeniu nieznanych wartości zmiennych na podstawie znanych wartości innych zmiennych. Określenie relacji pomiędzy zmiennymi realizowane jest poprzez przypisanie węzłom sieci, tablic prawdopodobieństw warunkowych. Zbiór tablic prawdopodobieństw warunkowych umożliwia wyznaczenie wartości prawdopodobieństwa łącznego, a więc cała sieć reprezentuje w oszczędny sposób łączny rozkład prawdopodobieństwa dla wszystkich zmiennych [5].

Wybrane wyniki działania modelu

W tab. 2 do 4 przedstawiono wybrane wyniki uzyskane z opracowanego wieloaspektowego modelu diagnostycznego (kolumna zatytułowana „WMD”). Pierwsza kolumna każdej tabeli dotyczy wzorcowych wartości stopni przekonań. Kolumny 2 do 6 przedstawiają wartości stopni przekonań o stanie technicznym obiektu uzyskane z poszczególnych modeli składowych, przy czym: model ASF dotyczy aspektu stanów funkcjonalnych obiektu, model AD dotyczy aspektu działania elementów obiektu, model AOD dotyczy aspektu ograniczeń działania elementów obiektu, model AHD dotyczy aspektu harmonogramu działania elementów obiektu, model AH dotyczy aspektu historii elementów obiektu.

Wartości stopni przekonań przedstawione w kolumnie „WMD” otrzymano w wyniku agregacji, za pomocą reguły kombinacji Dempstera [4], stopni przekonań otrzymanych z wyżej wymienionych modeli składowych.

Tab. 2. Stopnie przekonania o stanie technicznym obiektu uzyskane wtedy, gdy zbiornik T3 był nieszczelny

Tab. 2. Degrees of belief about the technical state obtained when the tank T3 was leaky

Odpowiedź wzorcowa	Model ASF	Model AD	Model AHD	Model AOD	Model AH	WMD
0	0	0.4933	0.5156	0.5	0.5	0
1	1	0.5067	0.4844	0.5	0.5	1

Tab. 3. Stopnie przekonania o stanie technicznym obiektu uzyskane wtedy, gdy pompa P nie pompowała

Tab. 3. Degrees of belief about the technical state obtained when the pump P was faulty

Odpowiedź wzorcowa	Model ASF	Model AD	Model AHD	Model AOD	Model AH	WMD
0	0.5451	0.1837	0.6770	0.5	0.5	0.3610
1	0.4549	0.8163	0.3230	0.5	0.5	0.6390

Tab. 4. Stopnie przekonania o stanie technicznym obiektu uzyskane wtedy, gdy kanał pomiędzy zbiornikami T1 i T3 był częściowo przytkany

Tab. 4. Degrees of belief about the technical state obtained when the canal between the tank T1 and T3 was partly blocked

Odpowiedź wzorcowa	Model ASF	Model AD	Model AHD	Model AOD	Model AH	WMD
0	0	0.8235	0	0.2	0.2	0
1	1	0.1765	1	0.2	0.2	1
0	0	0	0	0.2	0.2	0
0	0	0	0	0.2	0.2	0
0	0	0	0	0.2	0.2	0

PODSUMOWANIE

W odniesieniu do obiektów technicznych działających wg ustalonych procedur w zmieniających warunkach możliwe jest dokładnie i jednoznacznie opisanie ich działania za pomocą języka UML. Język UML pozwala zmodyfikować dotychczasowy proces pozyskiwania wiedzy o działaniu obiektu poprzez wydzielenie zagadnień, które mogą być rozpatrywane niezależnie od pozostałych, przy czym zapewniona jest spójność tak pozyskanej wiedzy.

Ponadto wydaje się, że język UML umożliwia określenie nowych procedur związanych z projektowaniem systemów nadzoru maszyn lub poprawę (uproszczenie) procedur już istnieją-

cych, zwłaszcza w odniesieniu do złożonych obiektów technicznych. Innymi słowy język UML może stanowić podstawę do sformułowania nowych metod tworzenia modeli diagnostycznych lub uzupełnienie dla metod odnoszących się do analizy procesów resztkowych.

LITERATURA

1. Bell A.E.: Death by UML fever. *Queue* 2004, 2(1), 72-80.
2. Cholewa W., Kiciński J. (red.): Technical diagnostics. Inverse diagnostic models (Diagnostyka techniczna. Odwrotne modele diagnostyczne). Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997.
3. Cholewa W.: Expert systems in technical diagnostic. In: Korbicz J., Kościelny J. M., Kowalczyk Z., Cholewa W. (Eds.): Fault Diagnosis. Models. Artificial Intelligence. Applications. Springer, Berlin 2004, pp. 591-631.
4. Dempster A.P.: Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. *The Annals of Statistics* 1967, 28, 325-339.
5. Jensen F.V.: Bayesian Networks and Decisions Graphs. Springer, New York 2001.
6. Moczułski W.: Methods of acquisition of diagnostic knowledge. In: Korbicz J., Kościelny J. M., Kowalczyk Z., Cholewa W. (Eds.): Fault Diagnosis. Models. Artificial Intelligence. Applications. Springer, Berlin 2001, 675-718.
7. Skupnik D.: The method of constructing a multiaspect diagnostic model (Metoda konstruowania wieloaspektowego modelu diagnostycznego). W: Gardulski J. (red.): XXXVI Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Wisła, 2-7 marca 2009.
8. Wojtusik J.: Diagnostic multimodels for rotating machinery (Wielomodele diagnostyczne maszyn wirnikowych). Zeszyt Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn nr 128, Gliwice 2006.
9. Wrycza S., Marcinkowski B., Wyrzykowski K.: UML 2.0 in modelling software systems (Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych). HELION, Gliwice 2005.

APPLICATION OF UML IN CONSTRUCTING THE MULTI ASPECT DIAGNOSTIC MODELS

Abstract. The paper shows application example of UML in technical diagnostics. The example concerns a technical object which makes possible diagnostics of the continuous processes and exemplifies a physical miniaturization of an industrial installation used e.g. in chemical industry. A multi-aspect description of the operation of the object has been presented by means of UML diagrams. The results of diagnosis have been obtained from the diagnostic model which was built on the basis of the worked out UML diagrams.

Key words: technical diagnostics, diagnostic model, UML.

Praca naukowa finansowana częściowo ze środków na naukę w latach 2006 – 2009 jako projekt badawczy.

Research work partly financed from resources earmarked to study in years 2006 – 2009 as a research project.