

ZASTOSOWANIE KODÓW ŁAŃCUCHOWYCH DO OPISU KONSTRUKCJI ORAZ IDENTYFIKACJI KONSTRUKCYJNYCH OBIEKTÓW ELEMENTARNYCH

Cezary GRABOWIK, Krzysztof KALINOWSKI,
Grzegorz ĆWIKŁA, Aleksander GWIAZDA, Zbigniew MONICA

Streszczenie: Pomimo dynamicznego rozwoju metod identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych w dalszym ciągu konieczne jest prowadzenie badań nad nowymi metodami ich identyfikacji. Wynika to głównie z faktu, że stosowane obecnie metody cechują się bardzo ograniczonym obszarem zastosowania, dużą czasochłonnością oraz kosztochłonnością implementacji komputerowej oraz niewielką przydatnością praktyczną. Jako rozwiązanie tego problemu zaproponowano zastosowanie zmodyfikowanej idei kodów łańcuchowych oraz Freemana, stosowanych powszechnie do opis konturów elementów, w celu opisu konstrukcji elementów obrotowo-symetrycznych oraz w procesie identyfikacji struktur konstrukcyjnych obiektów elementarnych. Przedstawiono również proponowane kierunki rozwoju prezentowanej metodyki.

Słowa kluczowe: konstrukcyjne obiekty elementarne, CAPP, kody łańcuchowe

1. Wstęp

W ostatnich latach dokonał się znaczący postęp w przemyśle wytwórczym, przy czym rozwój ten można mierzyć stale zwiększającą się liczbą użytkowanych zautomatyzowanych systemów wytwarzania oraz zwiększonym udziałem komputerowych systemów wspomagania projektowania procesów technologicznych, budowanych z zastosowaniem baz danych technologicznych oraz baz wiedzy technologicznej.

Kluczem do osiągnięcia sukcesu rynkowego jest odpowiednia selekcja oraz efektywne wykorzystanie wszystkich dostępnych zasobów produkcyjnych, takich jak: stanowiska technologiczne, narzędzia, oprzyrządowanie technologiczne etc. Tym samym pojawiające się w systemach wytwarzania problemy projektowe są coraz bardziej skomplikowane.

W związku z tym konieczne jest tworzenie nowych narzędzi, w tym narzędzi programowych, pozwalających na ich efektywne rozwiązywanie. Pomimo że metody optymalizacyjne pozwalają na skuteczne rozwiązanie problemów z dziedziny projektowania procesów technologicznych, ich zastosowanie jest często utrudnione ze względu na:

- utrudniony dostęp do danych niezbędnych do przeprowadzenia procesu optymalizacji,
- ograniczony zakres praktycznych zastosowań,
- konieczność zapewnienia udziału ekspertów podczas rozwiązywania problemów projektowych,
- fakt, że techniki algorytmiczne nie zawsze dostarczają optymalnych rozwiązań dla skomplikowanych problemów z dziedziny projektowania procesów technologicznych.

Z kolei systemy bazujące na wiedzy stosowane są zwykle do rozwiązywania problemów trudnych do matematycznego sformułowania oraz zbyt trudnych do rozwiązywania technikami optymalizacyjnymi.

Projektowanie technologii obróbki elementu jest złożonym procesem hierarchicznym, w którym problemy projektowe mogą być rozważane więcej niż jeden raz.

W procesie tym rozwiązywane są problemy związane z doбором materiału wejściowego, zabiegów, operacji technologicznych oraz stanowisk technologicznych. Ze względu na ilość przetwarzanych informacji projektowych oraz czasochłonność tego procesu odpowiednim narzędziem służącym do realizacji tego typu zadań wydają się być systemy zbudowane z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji [1, 2, 3].

Reasumując, wnioskować można, że w przypadku gdy inżynierowi dane będzie stosować odpowiednie narzędzia programowego wspomagania funkcji technicznego oraz organizacyjnego przygotowania produkcji, możliwe stanie się wówczas szybsze i łatwiejsze przeszukiwanie czy też kreowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych, a działania te będą silniej skorelowane z działaniami realizowanymi przez pozostałych specjalistów z zakresu projektowania procesów technologicznych, planowania oraz harmonogramowania produkcji, przy jednoczesnym zachowaniu możliwie najniższych kosztów wytwarzania.

2. Metody identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych

Metoda obiektów elementarnych uważana jest powszechnie za jedną z najbardziej atrakcyjnych metod budowy zintegrowanego środowiska pozwalającego na integrację większości obszarów działalności inżynierskiej m.in. projektowania, konstruowania, projektowania procesów technologicznych, planowania produkcji itd. Do najważniejszych zadań realizowanych w procesie integracji funkcji konstrukcyjnego oraz technologicznego przygotowania produkcji należy zadanie mapowania danych o konstrukcji elementu do danych technologicznych, istotnych z punktu widzenia potrzeb procesu planowania procesów technologicznych obróbki elementów maszyn [4,5].

Zadanie mapowania konstrukcji elementu do danych technologicznych może być realizowane poprzez zastosowanie następujących strategii działania:

- w pełni automatyczne rozpoznawanie konstrukcyjnych obiektów elementarnych, z angielskiego AFR – automated feature recognition,
- modelowanie konstrukcji elementu z zastosowaniem odpowiednio przygotowanego zbioru konstrukcyjnych obiektów elementarnych, zorientowanego na wybraną klasę elementów maszyn, z angielskiego DBF – design by feature,
- interaktywne, nadzorowane rozpoznawanie konstrukcyjnych obiektów elementarnych, z angielskiego IFR – interactive feature recognition.

Należy zwrócić uwagę, że w przypadku metod automatycznego oraz interaktywnego rozpoznawania obiektów elementarnych pojęcie obiektu elementarnego może być rozumiane szerzej, obejmując zarówno pojęcia konstrukcyjnych, technologicznych oraz funkcyjnych obiektów elementarnych zależnie od konkretnej implementacji metody.

W metodach automatycznego rozpoznawania/identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych, części elementu poddawanego procesowi mapowania, mogące potencjalnie stanowić nową klasę obiektów bądź być przypisane do istniejącej klasy, wyszukiwane są w modelu elementu zapisanym z zastosowaniem wybranej metody reprezentacji konstrukcji. Aktualnie stosowanych jest wiele metod automatycznej identyfikacji obiektów elementarnych przy czym metody te wymagają zastosowania, w celu reprezentacji

konstrukcji elementu, jednej z trzech form reprezentacji tj.: reprezentacji brzegowej B-rep (ang. boundary representation), reprezentacji CSG (ang. constructive solid geometry) lub tzw. reprezentacji prętowo-drutowej (ang. wireframe).

W systemach AFR bazujących na reprezentacji brzegowej bądź reprezentacji prętowo-drutowej obiekty elementarne identyfikowane są w oparciu o informację topologiczną, połączeniami topologicznymi pomiędzy poszczególnymi cechami geometrycznymi modelu. I tak w poszczególnych metodach pod pojęciem cech geometrycznych modelu rozumiane są odpowiednio: w reprezentacji brzegowej wierzchołki, krawędzie oraz powierzchnie zewnętrzne modelu, w reprezentacji prętowo-drutowej wierzchołki oraz krawędzie modelu.

Natomiast w systemach automatycznej identyfikacji obiektów elementarnych, w których model elementu reprezentowany jest z zastosowaniem reprezentacji typu CSG, połączenia topologiczne pomiędzy cechami geometrycznymi modelu; cechy geometryczne typu prostopadłościan, walec, kula itd.; tworzone są z zastosowaniem algebry Boole'a.

W wybranych systemach AFR stosowana jest strategia bezpośredniego przeszukiwania modelu CAD celem wyodrębnienia struktur obiektów elementarnych. W strategii tej wyodrębnione w procesie identyfikacji struktury konstrukcyjnych obiektów elementarnych porównywane są ze strukturami wzorców obiektów elementarnych zapisanymi w bibliotece wzorców. W przypadku brak możliwości automatycznego sklasyfikowania danej, wyekstrahowanej struktury obiektu elementarnego do jednej z istniejących klas obiektów konieczne jest rozważenie wprowadzenia do biblioteki wzorców nowego wzorca klasy, bądź rozszerzenie – uogólnienie wzorca już istniejącej klasy obiektów. Własność automatycznej modyfikacji biblioteki wzorców mogą wykazywać systemy AFR skonstruowane z zastosowaniem metod sztucznej inteligencji, najczęściej sieci neuronowych.

W grupie metod automatycznej oraz interaktywnej identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych, w których obiekty elementarne identyfikowane są bezpośrednio w modelu CAD elementu, wyróżnić można dwie grupy metod tj.: grupę metod wewnętrznych oraz grupę metod zewnętrznych. Grupa metod wewnętrznych charakteryzuje się zastosowaniem interfejsu programistycznego API (ang. application programming interface), udostępnionego przez producenta systemu CAD, w procesie tworzenia systemu identyfikacji obiektów elementarnych. Inną cechą tych systemów jest ich działanie w środowisku systemu CAD, w którym dany element był modelowany. W przeciwieństwie do grupy metod wewnętrznych, w przypadku metod zewnętrznych konieczny jest import modelu CAD elementu do systemu rozpoznawania działającego niezależnie od danego systemu modelowania geometrycznego. I tak w procesie importu modelu geometrycznego najczęściej stosowanymi są uniwersalne formaty wymiany danych tak jak m.in. STEP oraz IGES. Następnie, zaimportowana do zewnętrznej aplikacji informacja o konstrukcji elementu przekształcana jest do formatu właściwego ze względu na stosowaną metodę identyfikacji obiektów elementarnych. Obecnie znanych jest wiele rozwiązań programowych, w których zastosowano prezentowane powyżej rozwiązanie nie mniej jednak najlepsze rezultaty uzyskiwane są w przypadku oprogramowania korzystającego z plików zapisanych w formacie STEP.

Analizując problem zastosowania konstrukcyjnych obiektów elementarnych w procesie modelowania konstrukcji z punktu widzenia ich przydatności praktycznej metoda DBF, znana również jako FBM (ang. feature based method) wykazuje znaczącą przewagę w porównaniu do wcześniej scharakteryzowanych metod. Większa przydatność praktyczna metody DBF wynika z jej bardzo dobrego dopasowania do potrzeb użytkownika, co wynika z bardzo dobrego dopasowania do dziedziny problemu oraz wyeliminowania

problemu redundancji bazy wzorców konstrukcyjnych obiektów elementarnych. W metodzie DBF konstrukcja elementu w systemie CAD tworzona jest z zastosowaniem instancji klas obiektów elementarnych, których wzorce zapisano w bibliotece wzorców systemu. Biblioteka ta implementowana jest w systemie CAD z zastosowaniem odpowiedniego języka programowania (API systemu CAD). W przypadku systemów DBF możliwe są dwa scenariusze modelowania konstrukcji elementu w systemie CAD tj.: modelowanie konstrukcji elementu wyłącznie z zastosowaniem biblioteki konstrukcyjnych obiektów elementarnych tzw. podejście klasyczne oraz hybrydowe, w którym fragment modelu tworzy się z zastosowaniem standardowych narzędzi systemu CAD, a pozostały fragment z zastosowaniem odpowiednich konstrukcyjnych obiektów elementarnych. Biorąc pod uwagę sposób modelowania konstrukcji elementu możliwe jest dokonanie następującego podziału metod DBF:

- modelowanie destruktywne (MD), w którym model elementu tworzony jest poprzez wykonywanie operacji boolowskich odejmowania obiektów elementarnych od modelu wejściowego,
- modelowanie poprzez syntezę obiektów elementarnych (MS), w którym model elementu powstaje na skutek dodawania do siebie poszczególnych obiektów elementarnych. Biblioteka obiektów elementarnych w przypadku tej metody jest zazwyczaj zorientowana na ściśle określoną dziedzinę zastosowania systemu,
- modelowanie addytywno-destruktywne (MAD), w którym model elementu tworzony jest w wyniku wzajemnego dodawania oraz odejmowania poszczególnych obiektów elementarnych.

Biorąc pod uwagę powyższe metodą o największym potencjale w kontekście zaspokojenia potrzeb modelowania konstrukcji jest metoda modelowania addytywno-destruktywnego.

Największą zaletą wynikającą z zastosowania strategii postępowania opartej na jednej z metod DBF jest to, że proces mapowania konstrukcji elementu do danych technologicznych w tym przypadku jest sensu stricto zredukowany do minimum, a w szczególnych przypadkach do zera, a informacja o strukturze topologicznej modelowanego elementu może być bezpośrednio wykorzystana w systemie CAPP.

3. Motywacja podjęcia badań

Główną przesłanką podjęcia badań nad rozwojem systemów automatycznej identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych była potrzeba w pełni automatycznego mapowania konstrukcji elementu w zbiór informacji niezbędnych z punktu widzenia potrzeb stawianych przez systemy komputerowego wspomaganie projektowania procesów technologicznych w zakresie reprezentacji informacji wejściowej do procesu projektowania struktury procesu technologicznego. Dodatkowo rozwojowi systemów tej klasy systemów przyświecała idea całkowitego wyeliminowania udziału eksperta w procesie identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych.

Jakkolwiek, pomimo nieustannego rozwoju systemy te w dalszym ciągu posiadają liczne wady oraz ograniczenia takie jak m.in.:

- bardzo duża złożoność algorytmów rozpoznawania w szczególności w przypadku konieczności rozpoznawania obiektów elementarnych znajdujących się we wzajemnej interakcji. Występujące duże problemy podczas identyfikacji obiektów, które w procesie obróbki „wykonywane” są bezpośrednio oraz tych, które „wykonane” są równolegle przy „obróbce” innych obiektów;

- duża czasochłonność oraz kosztochłonność implementacji;
- ograniczony obszar zastosowania wynikający z ograniczonego zbioru klas elementów, w których możliwe jest wyszukiwanie obiektów elementarnych. Zdecydowana większość systemów pozwala identyfikować ściśle określone klasy obiektów w elementach cechujących się znikomym znaczeniem funkcjonalnym oraz praktycznym;
- przypisana, na etapie identyfikacji do obiektu elementarnego informacja technologiczna ma niewielką przydatność z punktu widzenia potrzeb systemów komputerowego wspomaganie projektowania procesów technologicznych;
- brak możliwości pozyskania informacji o wymiarach oraz tolerancjach geometrycznych elementu, mającej istotne znaczenie z punktu widzenia automatycznego projektowania procesów technologicznych,
- brak możliwości całkowitego wyeliminowania eksperta w procesie identyfikacji obiektów elementarnych niezależnie od rodzaju zastosowanej metody;
- niemal całkowity brak przykładów aplikacji przemysłowych systemów identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych.

Biorąc pod uwagę powyższe ciągle aktualnym pozostaje problem opracowania skutecznej metody identyfikacji obiektów elementarnych cechującej się: prostotą działania oraz łatwością implementacji.

4. Zastosowanie kodów łańcuchowych do opisu postaci konstrukcyjnej elementów obrotowo-symetrycznych

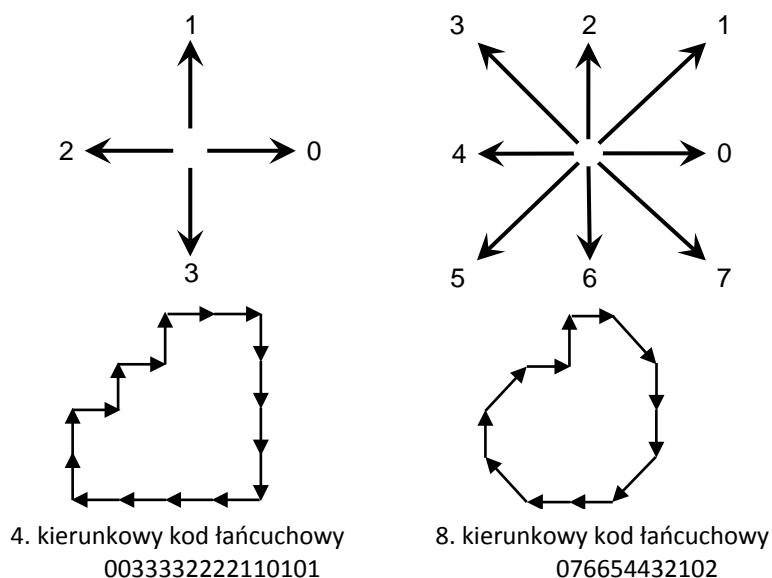
Na obecnym etapie prac uwaga zespołu skupiła się na próbie zastosowania kodów łańcuchowych do opisu postaci konstrukcyjnej oraz automatycznej identyfikacji struktur konstrukcyjnych obiektów elementarnych w elementach obrotowo-symetrycznych obejmującą grupę elementów typu wał, tuleja oraz tarcza.

Przedstawiona metoda pozwala także reprezentować informację o postaci konstrukcyjnej elementów typu koło zębate, przy czym w tym przypadku informacja zawarta w kodzie łańcuchowym jest informacją niepełną wymagającą dodatkowego uzupełnienia – opisu. Prezentowana w artykule idea opisu postaci konstrukcyjnej bazuje na wykorzystaniu rozszerzonej koncepcji opisu brzegu elementu z zastosowaniem kodów łańcuchowych oraz kodów Freemana.

Do głównych zalet kodów łańcuchowych należy zaliczyć przede wszystkim: zadowalającą dokładność reprezentacji brzegu obiektu przy jednocześnie niewielkim zapotrzebowaniu na moc obliczeniową oraz niewielką zajętość pamięci, łatwość przyswojenia idei ich stosowania w połączeniu z dużą łatwością implementacji komputerowej. Natomiast do ich najpoważniejszych wad należą: zmienność struktury kodu łańcuchowego zależnie od wybranego punktu początkowego opisu brzegu, zależność struktury kodu od orientacji brzegu elementu, ich znaczna długość ograniczająca możliwości ich praktycznego wykorzystania. W celu wyeliminowania tych wad tj. zapewniania inwariancji kodu łańcuchowego niezależnie od wybranego punktu początkowego opisywanego brzegu oraz jego orientacji stosowane są kody znormalizowane oraz kody różnicowe.

Kody łańcuchowe budowane są jednostkowych odcinków linii prostych odpowiednio zorientowanych względem przyjętego układu współrzędnych (kierunków). Tradycyjnie stosowane są dwa podstawowe systemy kodowania podczas tworzenia opisu brzegu danego

zarysu, a mianowicie kody 4. oraz 8. kierunkowe (Freemana). Przykłady zastosowania kodów 4. oraz 8. kierunkowych do opisu brzegu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Podstawowe systemy kodowania stosowane przy tworzeniu kodów łańcuchowych

Z własności kodów łańcuchowych (porów.: rys. 1) wynika, że podczas kodowania brzegu profilu pojawia się powszechnie sytuacja, w której dla profilu elementu charakteryzującego się brakiem zmian orientacji na długości większej od długości odcinka elementarnego, fragment ten kodowany jest za pomocą sekwencji tych samych elementów kodu (np.: sekwencja ...3333..., bądź ...2222...). Własność ta powoduje, że kod łańcuchowy charakteryzuje się znaczną długością. Ponadto ogranicza to znakomicie możliwość zastosowania koncepcji kodów łańcuchowych do opisu postaci konstrukcyjnej elementów maszyn, analizy podobieństwa konstrukcyjnego, oraz identyfikacji struktur konstrukcyjnych obiektów elementarnych. Ponadto oryginalna koncepcja kodów łańcuchowych oraz kodów Freemana nie przewiduje możliwości reprezentowania za pomocą poszczególnych elementów tych kodów cech profilu zbudowanych z elementów typu łuk, krzywa itd. Cechy te, w zależności od ich położenia w siatce kwantyfikującej, przybliżane są za pomocą odcinków prostych. Wydaje się to być jedną z najpoważniejszych wad zastosowania koncepcji kodów łańcuchowych w analizie podobieństwa konstrukcyjnego oraz identyfikacji struktury konstrukcyjnych obiektów elementarnych. Dodatkowo, należy zauważyć, że w zależności od wybranego schematu kodowania elementów kodu, w jego strukturze możliwe jest reprezentowanie jedynie maksymalnie 8 kierunków kardynalnych, co wynika, z faktu wykorzystania cyfr do opisu poszczególnych elementów kodu. Ze względu na to w jednoznaczny sposób odzwierciedlane są jedynie te elementy, których położenie jest zgodne z położeniem jednego z kierunków kardynalnych. W innym przypadku informacja to może być tracona bądź niepewna.

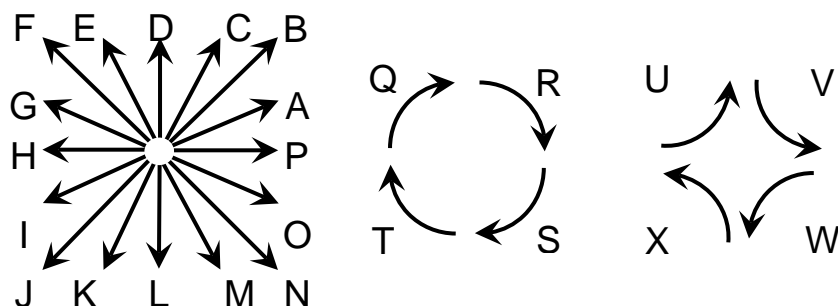
Biorąc pod uwagę uprzednio zaprezentowane własności kodów łańcuchowych oraz Freemana, mając na uwadze sformułowany cel badawczy, zaproponowano następujące rozwinięcie koncepcji kodów łańcuchowych:

- powtarzająca się sekwencja tych samych elementów kodu łańcuchowego zredukowana jest do pojedynczego symbolu kodu;
- do opisu poszczególnych elementów kodu stosowane są litery alfabetu łacińskiego w miejsce cyfr arabskich (patrz: rys. 2).

Zaproponowane przez autorów rozwiązanie pozwala na:

- po pierwsze, zredukowanie długości kodu łańcuchowego, co ułatwia w znacznym stopniu ich zastosowanie w procesie opisu postaci konstrukcyjnej oraz analizie wzajemnego podobieństwa konstrukcyjnego elementów maszyn,
- po drugie, zastosowanie prezentowanej metodyki do budowy modułu klasyfikacji wariantowego systemu CAPP,
- po trzecie, zwiększa elastyczność metody kodów łańcuchowych poprzez rozszerzenie zbioru cech geometrycznych reprezentowanych przez poszczególne elementy składowe kodu,
- po czwarte, umożliwia zastosowanie tak sporządzonego opisu postaci konstrukcyjnej elementu w procesie identyfikacji konstrukcyjnych obiektów elementarnych.

Na rysunku 2 przedstawiono proponowane rozwinięcie metody kodów łańcuchowych oraz Freemana.



Rys. 2. Proponowany systemy kodowania stosowane przy tworzeniu kodów łańcuchowych

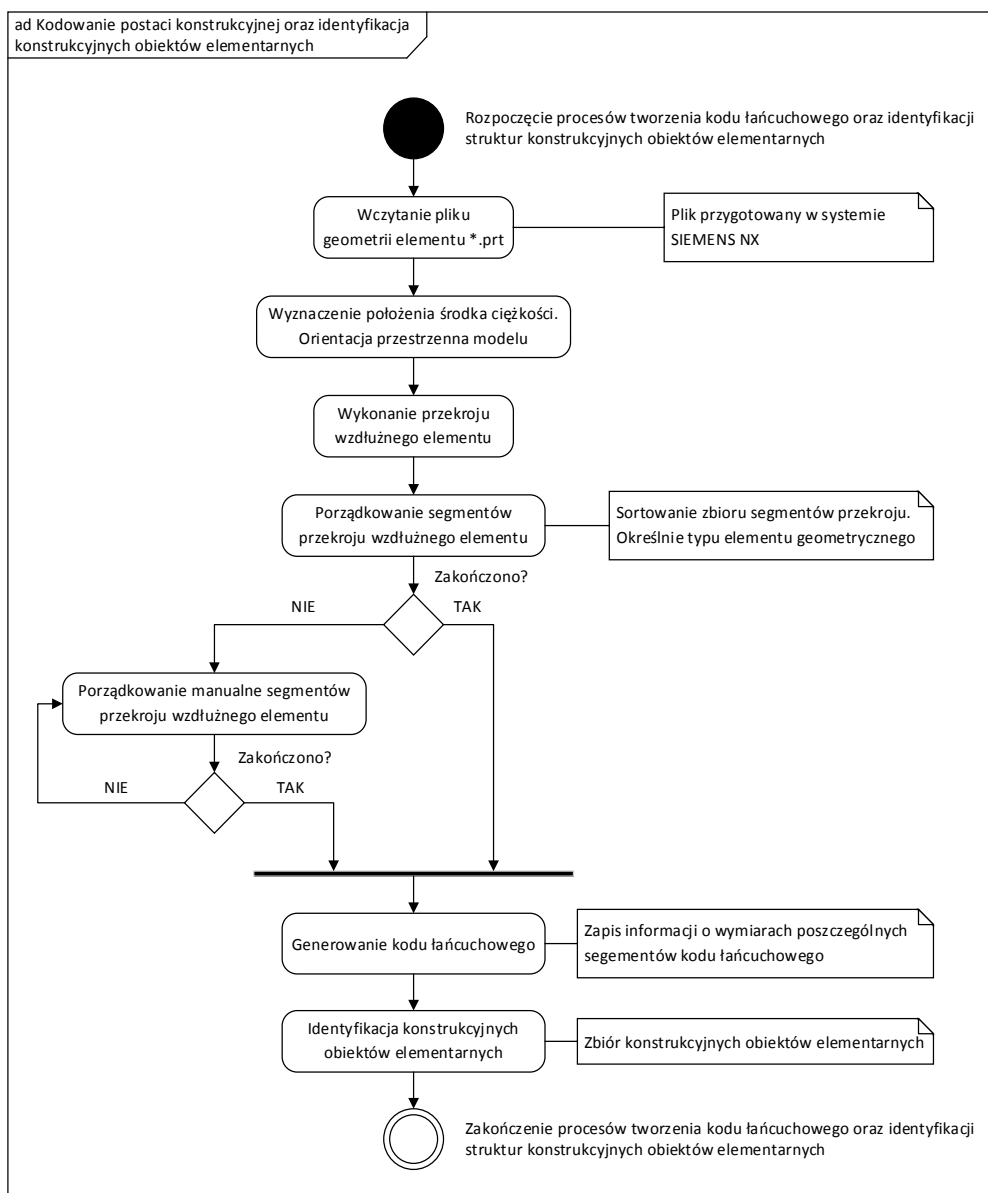
Ze względu na fakt wrażliwości tworzonego kodu łańcuchowego ze względu na wybrany punktu początku opisu profilu oraz jego orientację względem osi układu współrzędnych proponowane jest przyjęcie następujących założeń co do procesu kodowania postaci konstrukcyjnej elementu – w rozważnym przypadku elementów obrotowo symetrycznych:

- zorientuj oś obrotu profilu elementu równoległe do osi X układu współrzędnych,
- oblicz położenie środka ciężkości kodowanego profilu oraz zorientuj kodowany profil w taki sposób aby współrzędna x środka ciężkości znalazła się w położeniu bliższym początkowi układu współrzędnych, co zabezpiecza użytkownika przed ryzykiem niejednoznacznego opisu profilu elementu,
- wybierz jako punkt początkowy opisywanego profilu górny skrajny lewy wierzchołek/punktu kodowanego profilu,

- przeprowadź proces kodowania profilu w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu wskazówek zegara.

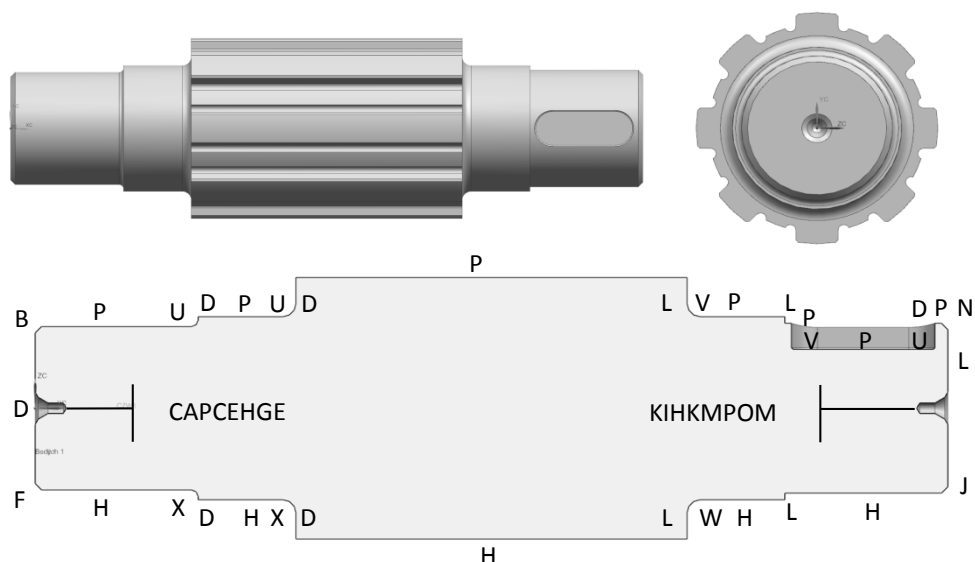
Przedstawiono powyżej procedura zaimplementowana została w systemie SIEMENS NX z zastosowaniem języka programowania C#.

Na rysunku 3 zaprezentowano diagram czynności wykonywanych podczas procedury kodowania postaci konstrukcyjnej elementu z zastosowaniem rozszerzonej koncepcji kodów łańcuchowych.



Rys. 3. Diagram czynności podczas kodowania postaci konstrukcyjnej w systemie NX

Na rysunku 4 przedstawiono model geometryczny elementu typu wał przygotowany w systemie Siemens NX oraz odpowiadający mu kod łańcuchowy.



Rys. 4. Model geometryczny wału wraz z odpowiadającym mu kodem łańcuchowym

Z analizy rysunku 4 wynika, że postać kodu łańcuchowego utworzonego dla profilu – przekroju elementu typu wał przyjmie następującą postać:

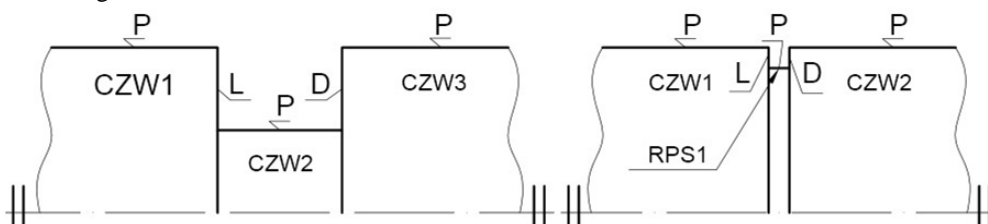
$$K\mathcal{L} = \{BPUDPUDPLVPLPVPUDPNL\mathbf{KIHKMPOM}JHLHLWLDXDXHDFDCAPCEHGED\}$$

Zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami na etapie kodowania postaci konstrukcyjnej pominięta została informacja odnośnie do wymiarów poszczególnych elementów geometrycznych tworzących zarys przekroju wzdłużnego wału. Pozwoliło to na uzyskanie możliwie kompaktowego kodu łańcuchowego. Ponadto taka struktura kodu umożliwia jego bezpośrednie zastosowanie do analizy podobieństwa konstrukcyjnego oraz identyfikacji struktur konstrukcyjnych obiektów elementarnych.

Analizując strukturę kodu łańcuchowego $K\mathcal{L}$ wyróżnić w nim można dwa charakterystyczne subkody łańcuchowe a mianowicie subkod tj.: $K\mathcal{L}_{SK1}=\{KIHKMPOM\}$ oraz $K\mathcal{L}_{SK2}=\{CAPCEHGE\}$. Subkody te posiadają na tyle unikalną strukturę, że na podstawie ich obecności w kodzie łańcuchowym opisującym przekrój wzdłużny wału można bezpośrednio wnioskować o występowaniu w konstrukcji elementu konstrukcyjnych obiektów elementarnych typu nakiełek, a w rozważanym przypadku nakiełek chroniony typu B.

W przypadku pozostałych klas konstrukcyjnych obiektów elementarnych możliwych do zdefiniowania dla elementów obrotowo symetrycznych takich jak na przykład czopy walcowe, stożkowe, podcięcia technologiczne, rowki pod pierścienie osadcze, sfazowania krawędzi itd. celem jednoznacznej identyfikacji klasy obiektu wymagana jest dodatkowa informacja.

Problem ten zilustrowano na rysunku 5. I tak sekwencja znaków w subkodzie typu $KL_{SK}=\{PLPDP\}$ może reprezentować zarówno konstrukcyjny obiekt elementarny typu czop walcowy (powierzchnia walcowa) o średnicy mniejszej od średnic obiektów sąsiadujących jak również obiekt konstrukcyjny typu rowek pod pierścień osadczy lub podcięcie technologiczne.



Rys. 5. Ilustracja problemu niejednoznaczności opisu

Celem jednoznacznego rozstrzygnięcia z jakiej klasy obiektem mamy do czynienia konieczne jest przeprowadzenie dodatkowej analizy, analizy „wymiarów” danego elementu kodu w kontekście wymiarów gabarytowych całego elementu oraz sąsiadujących elementów kodu. Jak łatwo zauważyć proponowane podejście uniemożliwia przeprowadzenie tego typu analizy bezpośrednio ponieważ informacja wymiarowa tracona jest na etapie kodowania. Problem ten rozwiązano poprzez zapis za pomocą trójki, na etapie kodowania postaci konstrukcyjnej, następującej informacji:

$$W = \{P, T, G\} \quad (1)$$

gdzie:

P – macierz parametrów elementu – segmentów kodu łańcuchowego,

T – typ elementu segmentu kodu, 1 – odcinek prostej, 5 – łuk.

G – macierz wymiarów gabarytowych kodowanego elementu.

Natomiast macierz P przyjmuje postać:

$$P = \begin{bmatrix} P_{P_1} & P_{K_1} & P_{S_1} & K_1 & L_1 \\ P_{P_2} & P_{K_2} & P_{S_2} & K_2 & L_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{P_n} & P_{K_n} & P_{S_n} & K_n & L_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

gdzie:

P_{P_i} – punkt początkowy elementu odpowiadającego i - temu segmentowi kodu,

P_{K_i} – punkt końcowy elementu odpowiadającego i - temu segmentowi kodu,

P_{S_i} – punkt środka okręgu elementu odpowiadającego i - temu segmentowi kodu,

K_i – kąt (orientacja) i -tego elementu segmentu kodu łańcuchowego,

L_i – długość i -tego elementu segmentu kodu łańcuchowego.

Macierz G przyjmuje postać:

$$G = [D_{max} \quad L_{max}] \quad (3)$$

gdzie:

D_{max} – średnica maksymalna elementu,

L_{max} – długość maksymalna elementu.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono nowe podejście do problemu reprezentacji konstrukcji, a w rozpatrywanym przypadku reprezentacji konstrukcji elementów obrotowo symetrycznych. Zaproponowane podejście bazuje na rozszerzonej koncepcji kodów łańcuchowych oraz kodów Freeman'a. Największymi zaletami proponowanego rozwiązania są prostota koncepcji oraz łatwość implementacji. Natomiast do najpoważniejszych wad należy zaliczyć wrażliwość metody na orientację przestrzenną elementu, w skutek której utrudnione jest rozpoznawanie cech konstrukcyjnych – konstrukcyjnych obiektów elementarnych, które w trakcie procesu tworzenia przekroju wzdłużnego elementu nie zostały w nim ujęte. Problem ten pojawia się na przykład w przypadku występowania konstrukcyjnych obiektów elementarnych rozmieszczonych na obwodzie typu rowek wpustowy, otwór promieniowy, podcięcie itd. W celu wyeliminowania tej wady metody proponowane jest zastosowanie kombinowanego opisu postaci konstrukcyjnej, w którym oprócz opis przekroju wzdłużnego, wykonywane będą przekroje poprzeczne przez element. Ponadto taka modyfikacja powinna dać możliwość reprezentacji postaci konstrukcyjnych pozostałych klas elementów w tym w szczególności korpusów maszynowych.

Literatura

1. Gwiazda A., Sękała A., Monica Z., Banaś W.: Integrated approach to the designing process of complex technical systems Adv. Mat. Res. 1036, 2014, 1023-1027
2. Zheng Y., Taib J.M., Tap M.M.: Implementation of heuristic reasoning to recognize orthogonal and non-orthogonal inner loop features from boundary representation (B-rep) parts, Journal Mechanical, 33, 2011, 1-14.
3. Zhang S., Shi Y., Fan H., Huang R., Cao J.: Serial 3D model reconstruction for machining evolution of rotational parts by merging semantic and graphic process planning information. Computer-Aided Design, 42, 2010, 781-794.
4. Sunil V.B., Agarwal R., Pande S.S.: An approach to recognize interacting features from B-Rep CAD models of prismatic machined parts using a hybrid (graph and rule based) technique. Computers in Industry, 61, 2010, 686–701.

Dr hab. inż. Cezary GRABOWIK

Dr hab. inż. Krzysztof KALINOWSKI

Dr hab. inż. Aleksander GWIAZDA

Dr hab. inż. Grzegorz ĆWIKŁA

Dr inż. Zbigniew MONICA

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów

Wytwarzania

Politechnika Śląska

44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18a

tel./fax: (32) 237 24 59

e-mail: Cezary.Grabowik@polsl.pl

Krzysztof.Kalinowski@polsl.pl

Aleksander.Gwiazda@polsl.pl

Grzegorz.Ćwikła@polsl.pl

Zbigniew.Monica@polsl.pl