

ZASTOSOWANIE METOD SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W PLANOWANIU PRAC PRZYGOTOWANIA PRODUKCJI ELEMENTÓW MASZYN

Izabela KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ

Streszczenie: Analiza zadań przygotowania produkcji pozwala na ich racjonalne planowanie. Podjęcie decyzji dotyczących rozwoju produktu – dostosowania go do wymagań klienta musi być poprzedzone analizą, która wymaga wiedzy dotyczącej np. pracochłonności zadań niezbędnych do realizacji projektu rozwojowego. Określanie danych dotyczących modernizowanego wyrobu może być realizowane z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji.

Słowa kluczowe: przygotowanie produkcji, sztuczna inteligencja, planowanie.

1. Rozwój produktu w ujęciu procesowym

Produkt powstaje w wyniku realizacji określonych zadań powiązanych ze sobą, czyli w wyniku procesu tworzącego wartość dla klienta [6].

Wartość produktu dla klienta tworzona jest w procesach produkcyjnych, w których kolejne podprocesy powodują wzrost wartości produktu w łańcuchu wartości, co łączy się z tworzeniem łańcucha kosztów [23]. Redukcja kosztów jest możliwa przede wszystkim w obszarze przygotowania produkcji w skutek zmiany konstrukcji wyrobu, technologii, organizacji procesu. Przedsiębiorstwa coraz większą część swojej działalności realizują poprzez projekty.

Projekty, których celem jest rozwój produktu oferują klientowi cechy funkcjonalne samego produktu jak i elementy niematerialne związane z zaufaniem klienta. Wartość produktu dla klienta jest oceniana dopiero w trakcie jego użytkowania. Często występują luki w identyfikacji rzeczywistych wymagań klienta stąd konieczność konfrontacji oczekiwań klienta z jego rzeczywistymi cechami w trakcie trwania projektu. Kształtowanie produktu w oparciu o realizowane funkcje i koszty związane z ich realizacją jest rozwijane od lat 40-tych XX w. Metoda analizy wartości opracowana przez Milesa zakładała maksymalizację wartości przez minimalizację kosztów. Nowatorstwo metody polegało na wprowadzeniu oceny funkcjonalności produktu prowadzonej z punktu widzenia klienta.

Decyzja dotycząca rozwoju produktu powinna uwzględniać wartość produktu dla klienta. Spośród metod oceny wartości produktu dla klienta na szczególną uwagę zasługuje model atrybutowy, w którym miarą atrakcyjności oferty dla klienta jest oferowana suma korzyści związana z atrybutami (cechami) produktu. Rozwój produktu najczęściej jest realizowany poprzez projekty. Wg [20] atrybuty projektu mogą być podzielone na kategorie:

- atrybuty uzyskane w wyniku realizacji projektu,
- atrybuty uzyskane w wyniku realizacji innych powiązanych projektów,
- atrybuty tworzone w toku systematycznej działalności,
- atrybuty uzyskane przez działania przeszłe.

Podejście atrybutowe koncentruje się na poszczególnych cechach oferty.

Ocena wartości produktu dla klienta może następować na podstawie doświadczeń zdobytych w kontaktach pracowników przedsiębiorstwa z klientami.

W procesie tworzenia wartości produktu na szczególną uwagę zasługują te zadania, których realizacja kształtuje atrybuty produktu, czyli zadania przygotowania produkcji.

2. Charakterystyka zadań przygotowania produkcji

Spośród wielu rodzajów badań podejmowanych w celu rozwiązania określonych problemów decyzyjnych w przedsiębiorstwach na szczególną uwagę zasługują te, które wpływają na kształtowanie oferowanego produktu pod kątem wymagań klienta.

Przedsiębiorstwo, aby było konkurencyjne musi ciągle doskonalić produkty i procesy. Dostosowanie wyrobu do wymagań klienta jest jednym z najistotniejszych etapów rozwoju produktu. Rozwój produktu jest kosztowny, więc jest konieczne doskonalenie metod wspomagających prace poprzedzające uruchomienie produkcji.

Analiza prac przygotowana produkcji od lat jest przedmiotem zainteresowania wielu autorów [5,8,1,29].

W literaturze brak jednoznacznej definicji zadań przygotowania produkcji (technicznego przygotowania produkcji).

Zakres prac przygotowania produkcji wg [1] obejmuje m.in. opracowanie założeń techniczno-ekonomicznych uwzględniających cechy funkcjonalne, wytwórcze i rynkowe. Kształtowanie cech funkcjonalnych wyrobu jest powiązane z kształtowaniem cech konstrukcyjnych (geometryczno-materiałowych), wytwórczych (planowanie procesu) oraz rynkowych takich jak cena czy okres gwarancji.

W praktyce przemysłowej [31,1] mówi się o procesie przygotowania produkcji, którego częścią jest proces projektowania. Zakres prac przygotowania produkcji obejmuje:

- identyfikację potrzeb klienta,
- zadania projektowo – konstrukcyjne,
- projektowanie procesu wytwarzania.

Zadania projektowo – konstrukcyjne są określane w ramach tworzenia charakterystyki funkcji oraz cech produktu wymaganych przez klienta.

Celem niniejszej pracy jest prezentacja możliwości zastosowania wybranych metod sztucznej inteligencji w modelowaniu wybranych zadań przygotowania produkcji.

Przedsiębiorstwo z jednej strony dąży do ujednoczenia produktów, aby korzystać z zalet produkcji masowej, z drugiej strony natomiast zwiększa wariantowość produkcji, aby zapewnić zadowolenie klienta. Spośród wielu czynników wpływających na realizację procesu opracowania dokumentacji konstrukcyjnej i dokumentacji wytwarzania scharakteryzowanych przez [19,7] na szczególną uwagę zasługuje problem dostosowania produktu do potrzeb klienta.

Adaptacja wyrobów katalogowych do indywidualnych potrzeb klienta polega na projektowaniu wyrobu z zastosowaniem gotowych cząstkowych rozwiązań katalogowych oraz kształtowaniu geometryczno-materiałowym wybranych elementów zgodnie z zasadami projektowania. Adaptacja produktu uwzględniająca wszystkie aspekty wymagań klienta zarówno funkcjonalnych jak i innych, wymaga planowania zadań przygotowania produkcji, które obejmuje analizę prac zarówno w zakresie projektowania wyrobu jak i procesu produkcyjnego. Planowanie pozwala na odpowiedź na pytania: co? gdzie? kiedy? czym? jak? Odpowiedź na pytanie: „co należy zrobić” identyfikuje strukturę produktu, odpowiedź na pytanie „jak?” identyfikuje zadania procesu, odpowiedź na pytania

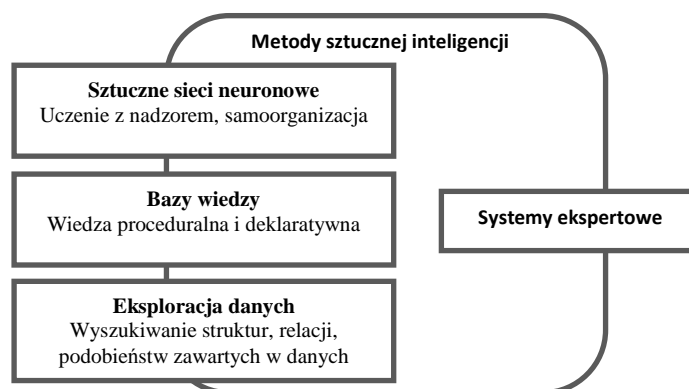
„gdzie? kiedy? czym?” pozwala na identyfikację zasobów. Przedmiotem rozważań jest aspekt planowania odnoszący się do identyfikacji struktury produktu oraz wynikających z niego zadań w procesie produkcyjnym oraz zasobów w postaci czasu i materiału, które determinują koszty.

Od przyjętych założeń (wymagań klienta) oraz ich umiejętnej implementacji zależy powodzenie przedsięwzięcia rozwojowego. Wysokie koszty wytwarzania, czasy przebrojeń, czasy jednostkowe, liczba defektów wykrywana w procesie wytwarzania oraz problemy niezawodnościowe w głównej mierze wynikają z przyjętych rozwiązań w procesie projektowania.

3. Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w przygotowaniu produkcji

Wzrost ilości informacji, jakie są gromadzone w przedsiębiorstwach wymaga doskonalenia metod ich analizy. Badania prowadzone w zakresie sztucznej inteligencji stworzyły możliwości stosowania technik obliczeniowych takich jak sieci neuronowe dostarczających rozwiązań z uwzględnieniem procesu uczenia się na podstawie dostępnych danych. Algorytmy uczenia sieci neuronowych poprzez uczenie z nadzorem lub w skutek samoorganizacji umożliwiają tworzenie modeli interesujących nas procesów. [27]

Tworzenie modeli jest możliwe dzięki pozyskanej wiedzy. Nastąpiła daleko idąca ewolucja metod pozyskiwania wiedzy, w ostatnim czasie rozwijają się metody odkrywania wiedzy z baz danych określane mianem eksploracji danych (ang. data mining). [11] Badania w zakresie sztucznej inteligencji stworzyły możliwość budowy systemów ekspertowych wykorzystujących różne źródła wiedzy (rys.1).



Rys. 1. Wybrane metody sztucznej inteligencji

Dotychczasowe prace nad zastosowaniem metod sztucznej inteligencji pozwalają na wspomaganie prac z zakresu [25,15,24] m.in.:

- oceny projektów rozwoju nowych produktów na każdym etapie rozwoju nowego produktu,
- wspomaganie decyzji związanych z wyborem optymalnych rozwiązań konstrukcyjnych zwłaszcza w aspekcie technologiczności konstrukcji oraz ekonomiczności,
- projektowania koncepcyjnego,

- podejmowania decyzji w projektowaniu współbieżnym,
- doboru materiału, rodzaju i kolejności operacji technologicznych,
- harmonogramowania produkcji,
- grupowania postaci konstrukcyjnych elementów maszyn,
- szacowania kosztów produkcji,
- wspomaganie projektowania produktu i procesu z wykorzystaniem baz wiedzy wspomagających metodę QFD,
- wspomaganie konfiguracji produktu.

Przykładowo system wspomagający konfigurację reduktora przedstawiony przez Pokojskiego [24] pozwala na dobór typu przekładni na podstawie takich danych jak: układ osi przekładni, zakres odległości osi przekładni, przełożenie, moc, prędkość obrotowa, trwałość łożysk. Systemy Knowledge Based Engineering KBE wiążąc wiedzę pozyskaną od projektantów z wiedzą CAD/CAE umożliwiają tworzenie komputerowych modeli procesu projektowego i produktu.

4. Modelowanie prac przygotowania produkcji

4.1. Identyfikacja potrzeb klienta

Identyfikacja potrzeb klienta jest jednym z najistotniejszych faz decydujących o wartości produktu dla klienta. W przypadku produktów przeznaczonych dla klienta instytucjonalnego szczególnie istotna jest funkcjonalność produktu, która decyduje o możliwości zastosowania.

Wartość produktu może być oceniana przez pryzmat korzyści, jakie przynosi użytkownikowi. Korzyści można podzielić na kluczowe, które zapewniają możliwość użycia produktu do danego zastosowania oraz dodatkowe związane z usługami towarzyszącymi produktowi np. montaż, gwarancja, usługi pogwarancyjne. O atrakcyjności produktu decyduje również jego niezawodność oraz cena. [20,32]

Sprzedaż maszyn i urządzeń na rynku dóbr przemysłowych charakteryzuje się koniecznością dostosowania ich do specyficznych wymagań klienta. Sprzedaż produktu zazwyczaj jest poprzedzona negocjacjami dotyczącymi zarówno cech funkcjonalnych oferowanego produktu jak i jego ceny. [32,21]

Zapewnienie satysfakcji klienta może być wspomagane przez zastosowanie programów komputerowych klasy CRM (Customer Relationship Management), których zadaniem jest między innymi kształtowanie oferty wg potrzeb klienta. CRM umożliwia indywidualne traktowanie każdego klienta, pozwala na udostępnianie informacji o produktach, samodzielną ich konfigurację oraz określenie ceny. [17]

Wobec tego rozwój metod wspomagających kształtowanie produktu wg indywidualnych potrzeb klienta jest istotnym obszarem badawczym.

Kształtując ofertę jest istotna m.in. identyfikacja kluczowych atrybutów wyrobu, którymi kierują się nabywcy podejmując decyzję zakupu. Najczęstszymi kryteriami oceny oferty są [32]: charakterystyka techniczna produktu (jakość, bezpieczeństwo, niezawodność, naprawialność, ekonomiczność stosowania), charakterystyka producenta (terminowość, dostępność, serwis), charakterystyka cenowa produktu.

4.2. Wybrane aspekty modelowania produktu i procesu

Kształtując charakterystykę produktu ważny jest taki dobór atrybutów produktu, aby przekształcenie charakterystyki funkcjonalnej w parametry projektu zapewniały maksymalizację wartości dla klienta.

Modele procesu projektowania można podzielić na [26]:

- modele preskryptywne – postulują działania procesu projektowania i ułatwiają ustalenie ich prawidłowej kolejności,
- modele deskryptywne – opisują rzeczywiste działania konstruktorów. W grupie tych metod można wyodrębnić badania wykorzystujące metody sztucznej inteligencji stosowane do analizy protokołów oraz badania polegające na modelowaniu procesu poznawczego umożliwiające wykonanie prac analogicznych do pracy projektanta.

Ocena możliwości dostosowania wyrobu do indywidualnych potrzeb klienta wymaga określenia zakresu prac projektowych i wytwórczych przedsiębiorstwa oraz uwzględnienia możliwości wykonania wybranych zadań w kooperacji.

Prace z zakresu przygotowania produkcji a w szczególności prace projektowe mogą być analizowane, jako sekwencja kolejnych procesów, w ramach których są realizowane zadania. Metoda Quality Function Deployment (QFD) pozwala na uwzględnienie wymagań klienta w procesie projektowania zarówno produktu jak i procesu, co prowadzi do wzrostu wartości produktu dla klienta.

Taguchi zaproponował minimalizację funkcji strat, jako podstawę oceny wariantów projektu. Funkcja strat jest sumą całkowitych kosztów produkcji i użytkowania. Minimalizacja funkcji strat jest możliwa dzięki zmniejszeniu rozrzutu charakterystyk produktu, co umożliwi określenie granic opłacalności zmniejszenia rozrzutu analizowanych charakterystyk.

Według Pająka [23] system produkcyjny może być modelowany, jako transformacja (T) wejść materiałowo-informacyjnych (X) na wyjścia (Y) a więc produkty, informacje, odpady.

$$Y=T(X) \quad (1)$$

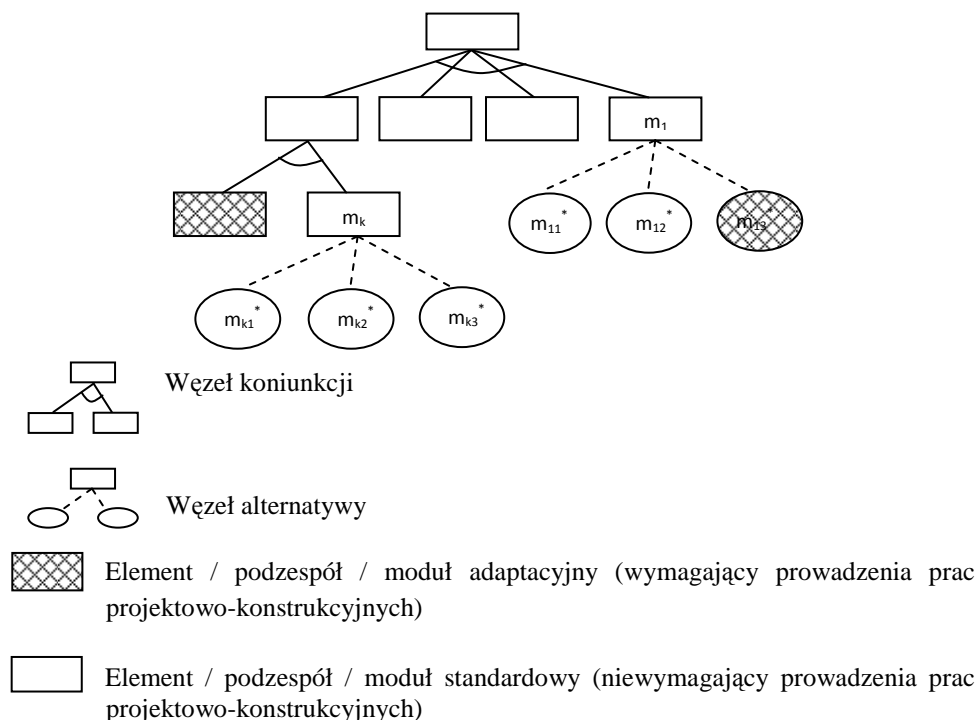
Dynamiczny charakter procesu produkcyjnego oraz charakter wejść powodują trudności w opracowaniu w pełni adekwatnego modelu opisującego proces produkcyjny. Z tego powodu są opracowywane modele cząstkowe dotyczące określonych zakresów zmienności czynników wejściowych [23].

Na charakter wejść w procesie produkcyjnym wpływa w zasadniczym stopniu struktura produktu. To struktura produktu decyduje o spełnieniu oczekiwań klienta zarówno w zakresie oczekiwań funkcjonalnych wyrobu, jak i jego niezawodności, terminu realizacji oraz ceny.

Huang, Kusiak [9,14] proponują modułową strukturę produktu wprowadzając różne rodzaje modułów: (1) moduły podstawowe, w których każdy moduł reprezentuje funkcję podstawowe, (2) pomocnicze, w którym moduły reprezentują funkcje pomocnicze tworząc warianty produktów, (3) moduły adaptacyjne, których funkcje umożliwiają wprowadzenie nowych rozwiązań do produktu (4) nie modułowe – zaprojektowane dla potrzeb spełnienia funkcji specyficznych danego produktu. Budowa modułowa pozwala zróżnicować atrybuty produktu oraz obniżyć koszty wariantów produktów.

W literaturze spośród szeregu metod stosowanych do modelowania struktury wyrobu, szczególne uznanie znalazły metody oparte o teorię grafów. Funkcjonalne podejście do dekompozycji z wykorzystaniem struktury grafu-drzewa z węzłami koniunkcji i alternatywy zostało przedstawione np. przez Jiao i innych [13].

Proponowana struktura produktu obejmuje zarówno węzły koniunkcji jak i alternatywy wraz z podziałem na podzespoły standardowe oraz adaptacyjne (rys.2).



Rys. 2. Funkcjonalna dekompozycja produktu

Podzespół standardowy jest wykonywany wg już istniejącej dokumentacji konstrukcyjnej, natomiast adaptacyjny wymaga opracowania dokumentacji projektowo – konstrukcyjnej.

Proponowany model dekompozycji produktu pozwala na uwzględnieniu alternatyw w strukturze produktu.

4.3. Atrybutowy model produktu

Analiza związków między potrzebami klienta, wymaganiami funkcjonalnymi, konstrukcją wyrobu oraz planowaniem procesu wytwarzania jest konieczne w celu zapewnienia satysfakcji klienta.

W procesie doboru wyrobu do indywidualnych potrzeb klienta może się zdarzyć, że produkt nie spełnia wymagań klienta lub ograniczeń projektowych. W takim przypadku występuje konieczność wprowadzenia zmian w wyrobie – projektowania w celu adaptacji wyrobu.

Stosowanie algorytmizacji w procesie projektowym wymaga uprzedniego opracowania modelu procesu projektowego.

W literaturze [30] można wyróżnić modele przyczynowe, które pozwalają na uwzględnienie czynników mających istotny wpływ na badane zjawiska i opisowe, który nie podaje przyczyn zjawiska, np. modele probabilistyczne.

Z punktu widzenia budowy modelu można wyróżnić: graficzne, fizyczne i matematyczne.

Dla potrzeb planowania wyrobu szczególnie przydatne są modele opisowe, które pozwalają na charakterystykę wyrobu pod względem funkcjonalności.

Proponowane podejście do wyboru postaci konstrukcyjnej wyrobu bazuje na idei „design for manufacturing”. Uwzględnienie w procesie konfiguracji wyrobu cech związanych z procesem wytwarzania takich jak koszty wytwarzania pozwala na spełnienie kryterium ekonomiczności.

Automatyzacja konfiguracji produktu może być wykorzystana, jako narzędzie do komunikacji z klientem, wspomagające pracę konstruktorów lub pracowników działu obsługi klienta, którzy dobierają produkt do danego zastosowania.

Identyfikacja źródeł wiedzy dla potrzeb konfiguracji produktu obejmuje:

1. identyfikację atrybutów postrzeganych przez klienta (analiza zapytań ofertowych),
2. identyfikację atrybutów funkcjonalnych produktu (atrybuty produktu będące podstawą do doboru konstrukcji) – analiza zasad doboru urządzenia,
3. identyfikację atrybutów decydujących o kosztach oraz czasie wytwarzania (analiza procesu wytwarzania).

Cechy funkcjonalne wyrobu mogą być scharakteryzowane przez zbiór atrybutów F .

$$F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\} \quad (2)$$

gdzie: $n \in \{1, \dots, N\}$

f_1, f_2, \dots, f_n atrybuty wymagań klienta.

Wartości przyjmowane przez poszczególne atrybuty zostały oznaczone F_n^w .

$$F_n^w = \{f_{n1}^w, f_{n2}^w, \dots, f_{nl}^w\} \quad (3)$$

gdzie: $\exists f_{nl}^w \in F_n^w, l \in \{1, \dots, L\}$

Dany jest zbiór typów (typoszeregów) produktów w bazie danych przedsiębiorstwa P .

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, gdzie każdy typoszereg p_m składa się z produktów $p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{mk}$ o określonej strukturze, każdy produkt jest opisany przez atrybuty P_{mk} .

$$P_{mk} = \{p_{mk1}, p_{mk2}, \dots, p_{mkz}\} \quad (4)$$

gdzie: $z \in \{1, \dots, Z\}$

Każdy atrybut p_{mkz} przyjmuje wartości ze zbioru P_{mkz}^w .

$$P_{mkz}^w = \{p_{mkz1}^w, p_{mkz2}^w, \dots, p_{mkzt}^w\} \quad (5)$$

gdzie: $\exists p_{mkzt}^w \in P_{mkz}^w, t \in \{1, \dots, T\}$

Produkt p_m składa się z modułów/zespołów/podzespołów/elementów ze zbioru M .

$$M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\} \quad (6)$$

gdzie: $k \in \{1, \dots, K\}$

Każdy element jest opisany za pomocą atrybutów ze zbioru M_k .

$$M_k = \{m_{k1}, m_{k2}, \dots, m_{kv}\} \quad (7)$$

gdzie: $v \in \{1, \dots, V\}$,

gdzie przykładowo: m_{k1} – prędkość wykonania
 m_{k2} – koszt wykonania

Wartości atrybutów należą do zbioru M_{kv}^w .

$$M_{kv}^w = \{m_{kv1}^w, m_{kv2}^w, \dots, m_{kvv}^w\} \quad (8)$$

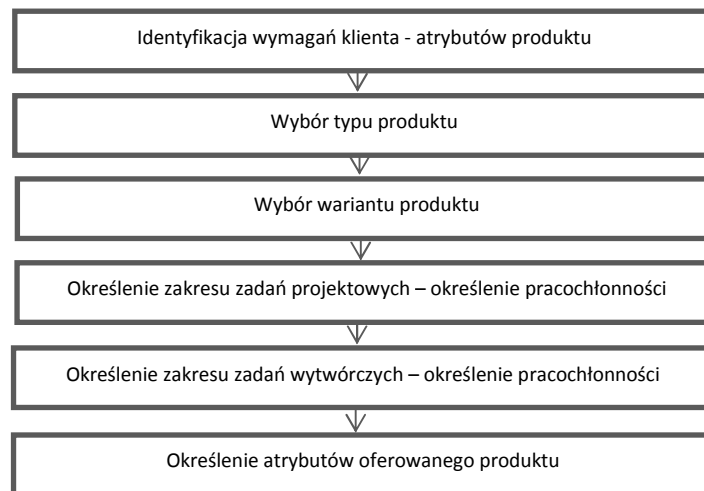
gdzie: $\exists m_{kvv}^w \in M_{kv}^w, v \in \{1, \dots, V\}$

Wybrane elementy m_k mogą występować w wariantach, gdzie zbiór wariantów jest oznaczony M_k^* .

$$M_k^* = \{m_{k1}^*, m_{k2}^*, \dots, m_{kl}^*\} \quad (9)$$

gdzie: $\exists m_{kl}^* \in M_k^*, l \in \{1, \dots, L\}$

Po wybraniu wyrobu bazowego następuje identyfikacja typu zmian konstrukcyjnych oraz oszacowanie ich prędkości z wykorzystaniem NN. Więcej informacji dotyczących zastosowania NN dla potrzeb szacowania prędkości można znaleźć w [18]. Algorytm postępowania dla określania atrybutów oferowanego produktu został przedstawiony na rys.3.



Rys. 3. Algorytm określania atrybutów oferowanego produktu

5. Wnioski

Budowa kompleksowego modelu procesu przygotowania produkcji jest trudna wobec tego powszechnie jest stosowane podejście polegające na opracowaniu cząstkowych modeli umożliwiając automatyzację procesu określania wybranych cech produktu [24].

Proponowane podejście do modelowania prac projektowych stosuje ideę modelowania deskryptywnego wykorzystującego metody sztucznej inteligencji do analizy protokołów, koncentrując się na efektach a nie przebiegu realizowanych zadań.

Adaptacja produktu ma na celu dobór charakterystyki technicznej wyrobu satysfakcjonującej klienta. W tym celu konieczna jest dekompozycja wyrobu, która pozwala na odpowiedź na pytanie, który z elementów produktu jest odpowiedzialny za spełnienie poszczególnych funkcji wyrobu. Problem dekompozycji jest przedmiotem analiz prowadzonych przez wielu autorów.

Podjęcie decyzji, co do oferowanej konfiguracji produktu wymaga przeprowadzenia analizy uwzględniającej m.in. dane dotyczące pracochłonności przygotowania dokumentacji oraz wytworzenia produktu.

Predykcja danych czasowych dotyczących adaptacji produktu do danych zastosowań jest możliwa z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych NN. Proponowany model konfiguracji zakłada opracowanie odrębnych modeli cząstkowych określania pracochłonności dla procesu projektowania i wytwarzania.

Literatura

1. Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji. WNT, Warszawa 2000
2. Culverhouse P. F. (1993) Four design routes in electronics engineering product development. *Int. J. Design & Manufacturing*, 3 (2), 147- - 158.
3. Dietrich J.: System i konstrukcja. WNT, Warszawa, 1985
4. Drewniak J.: Wspomagane komputerowo projektowanie typoszeregów przekładni zębatych. Wydawnictwo Politechnik Łódzkiej Filia w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała, 2000
5. Dworczyk M.: Organizacja technicznego przygotowania produkcji. PWE, Warszawa, 1973.
6. Grajewski P.: Organizacja procesowa. PWE Warszawa, 2007.
7. Gunia G.: Zintegrowane systemy informatyczne zarządzania w praktyce produkcyjnej. Seria Systemy informatyczne w przedsiębiorstwie pod redakcją J.Matuszka. Bielsko-Biała, 2010.
8. Haratym F.: System technicznego przygotowania produkcji. WNT, Warszawa, 1979.
9. Huang, C.-C. and Kusiak, A. (1998) Modularity in design of products and systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part-A: Systems and Humans*, 28(1), 66–77.
10. Hvam L., K. Ladeby: An approach for the development of visual configuration systems. *Computers & Industrial Engineering* 53 (2007) 401–419
11. Jagielski J.: Praktyczne aspekty eksploracyjnej analizy danych. Inżynieria Wiedzy i Systemy Ekspertowe. EXIT Warszawa, 2009.
12. Jakubowski J., Malinowski M., Nadolny T., Mądrygał M.: Zarządzanie rozwojem produktu przez model cyfrowy. *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie*. WNT, Warszawa, 2004.
13. Jiao J., Tseng M., Dufty V., Lin F.: Product Family Modeling For Mass Customization *Computers Ind. Engng Vol. 35, Nos 3-4, Pp. 495-498, 1998.*
14. Jose A., Tollenaere M. : Modular and platform methods for product family design: literature analysis. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 16, 371–390, 2005.
15. Knosala R.: Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji. WNT, Warszawa, 2002.

16. Kota S. (1994) Computational models for conceptual design. Intelligent Systems in design and manufacturing. Edited by C. Dagli and A. Kusiak. ASME PRESS New York.
17. Kurczab M.: Komputerowo zintegrowane zarządzanie relacjami z klientami współczesnych organizacji strategia CRM. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie pod redakcją R.Knosali. WNT, Warszawa, 2004.
18. Kutschenreiter-Praszkiewicz I.: Wykorzystanie sztucznych sieci neuronowych do prognozowania czasu projektowania przekładni zębatych w warunkach niepewności i ryzyka. Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji Vol. 27 nr 2 2007 ISSN 1233-9709 s. 113-120.
19. Matuszek J., Gregor M., Śladek A.: Tendencje rozwoju zastosowań współczesnego wzornictwa użytkowego w przemyśle samochodowym. Metody i techniki zarządzania w inżynierii produkcji. Wydawnictwo ATH, Bielsko-Biała 2009.
20. Łada M., Kozarkiewicz A.: Zarządzanie wartością projektów. Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa, 2010.
21. Michalski E.: Marketing. PWN, Warszawa, 2003.
22. Mishima M, Kikuchi M (2005) General Design Theory and Genetic Epistemology: Proceedings of 15th International Conference on Engineering Design.
23. Pająk E.: Przykłady zastosowania symulacji komputerowej w przygotowaniu produkcji. Komputerowo Zintegrowane Wytwarzanie. WNT, Warszawa, 2004.
24. Pokojński J.: Systemy doradcze w projektowaniu maszyn. WNT, Warszawa, 2005.
25. Rao S., Nahm A., Shi Z., Deng X, Syamil A. (1999) Artificial intelligence and expert systems applications in new product development - a survey. Journal of Intelligent Manufacturing 10, 231--244.
26. Rohatyński R.: Przegląd modeli procesu projektowania. XXI Sympozjon Podstaw Konstrukcji Maszyn. Ustroń 2003, WNT.
27. Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski: Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. PWN, Warszawa, 1997.
28. Susz S., Chlebus E.: Metodyka komputerowego wspomaganie symulacji zleceń produkcyjnych. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie. WNT, Warszawa, 2004.
29. Szatkowski K.: Przygotowanie produkcji, PWN, Warszawa, 2008.
30. Szymczak Cz.: Elementy teorii projektowania. PWN, Warszawa, 1998.
31. Tarnowski W.: Podstawy projektowania technicznego. Wspomaganie komputerowe CAD/CAM. WNT, Warszawa, 1997.
32. Urbaniak M.: Marketing przemysłowy. Wydawnictwo Infor, Warszawa, 1999.
33. Winkler T.: Komputerowy zapis konstrukcji. Wspomaganie komputerowe CAD/CAM. WNT, Warszawa, 1997.
34. Yoshikawa H (1981) General design theory and a CAD system: Man-machine communication in CAAD/CAM: North-Holland: Amsterdam: 35-58.

Dr inż. Izabela Kutschenreiter-Praszkiewicz
 Katedra Inżynierii Produkcji
 Akademia Techniczno-Humanistyczna
 43-309 Bielsko-Biała
 tel.: (0-33) 827 92 82
 e-mail: ipraszkiewicz@ath.bielsko.pl