

OPRACOWANIE ETAPÓW POZYSKIWANIA WIEDZY PRODUKCYJNEJ DLA BUDOWY BAZY WIEDZY W SYSTEMACH ZARZĄDZANIA WIEDZĄ

Alfred PASZEK

Streszczenie: W artykule przedstawiono etapy pozyskiwania wiedzy produkcyjnej, które ukierunkowane są na metodę budowy bazy wiedzy systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Etapy te są związane z identyfikacją, konceptualizacją, formalizacją oraz implementacją wiedzy w systemie. Opracowanie metody rozpoczyna się od określenia podstawowych etapów i problemów decyzyjnych w obszarze technologicznego przygotowania produkcji, a kończy na budowie reguł projektowania. Artykuł zawiera przykłady zastosowania metody w projektowaniu procesów technologicznych wybranych elementów maszyn.

Słowa kluczowe: wiedza produkcyjna, pozyskiwanie wiedzy, projektowanie procesów technologicznych, drzewo decyzyjne, reguła projektowania.

1. Wprowadzenie

Pojęcie wiedzy produkcyjnej związane jest z technologicznym przygotowaniem produkcji. Podstawowym celem w tym zakresie jest wybór właściwego wariantu technologicznego ze względu na przyjęte kryteria decyzyjne. Typowym zadaniem jest analiza następującego problemu: jakie operacje, w jakiej kolejności i za pomocą jakich środków technologicznych należy wykonać, aby otrzymać gotowy wyrób przy spełnieniu warunków dotyczących dokładności wymiarowo-kształtowej, jakości powierzchni oraz minimalizacji kosztów produkcji. Etapy przygotowania produkcji wymagają odpowiedniej wiedzy, opisującej możliwe rozwiązania problemów decyzyjnych oraz opracowania takiej reprezentacji, aby możliwe stało się utworzenie komputerowej bazy wiedzy [1].

Wiedza produkcyjna stanowi specyficzny rodzaj zasobów przedsiębiorstwa. Dzięki wiedzy zgromadzonej w przedsiębiorstwie możliwe jest wprowadzanie zmian usprawniających procesy produkcji oraz dostosowanie produktu lub usługi do wymogów rynku. Wiedza obejmuje zarówno elementy teoretyczne, jak i praktyczne, a także ogólne i szczegółowe zasady postępowania. Jej bazą są informacje oraz dane o procesach produkcyjnych. Zarządzanie wiedzą można traktować jako zespół działań nadających odpowiednią formę i kierunek procesom zachodzącym w zasobach wiedzy przedsiębiorstwa produkcyjnego. W obszarze tego zarządzania wyodrębnia się kluczowe procesy takie jak: lokalizowanie, pozyskiwanie, rozwijanie, rozpowszechnianie, wykorzystanie i zachowywanie wiedzy [2, 3].

Prowadzone badania w zakresie przetwarzania wiedzy obejmują próby implementacji elementów sztucznej inteligencji w systemach zarządzania wiedzą. Badania te ukierunkowane są głównie na strategię kodyfikacji wiedzy [4, 5]. Jest to jednak podejście zbyt ogólne, aby praktycy zarządzania wiedzą mogli na tej podstawie przystąpić bezpośrednio do wdrożeń [6, 7]. W tym zakresie badań widoczny jest niedobór ścisłych

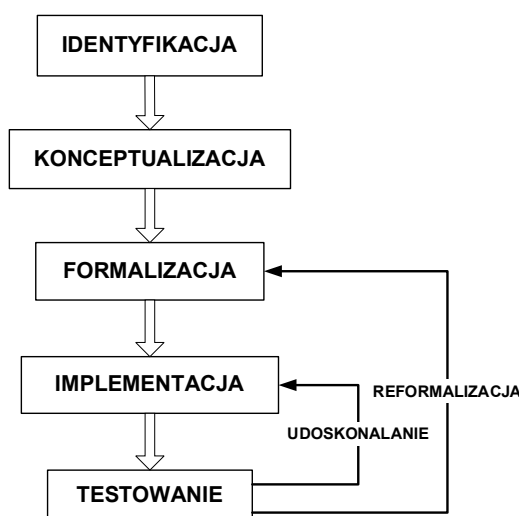
metod budowy systemów zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Konieczne staje się opracowanie takiej metody pozyskiwania wiedzy, która będzie bazowała na wiedzy ekspertów. Zastosowanie metody umożliwi odwzorowanie sposobu rozwiązywania problemów decyzyjnych przedsiębiorstw produkcyjnych.

2. Etapy procesu przetwarzania wiedzy produkcyjnej

Zgromadzone w przedsiębiorstwie zasoby wiedzy produkcyjnej podlegają procesowi przetwarzania. W procesie wyróżnia się formę wejściową wiedzy, którą stanowi wiedza ekspercka. Są to takie zasoby informacji, których źródłem są przede wszystkim eksperci, zajmujący się projektowaniem procesów produkcyjnych. Mogą to być również opracowane na tej podstawie zbiory: normatywów technologicznych, dokumentacji konstrukcyjnej, technologicznej itp. Formę wyjściową wiedzy stanowi wiedza systemowa, która jest zapisana w bazie wiedzy systemu z zastosowaniem wybranego narzędzia programowego. Wiedza ta zostaje przedstawiona według przyjętej reprezentacji wiedzy [8].

Procesy przetwarzania wiedzy są zgodne ze strategią kodyfikacji wiedzy, polegającą na identyfikacji zasobów, tworzeniu organizacyjnych baz wiedzy i wykorzystywaniu systemów informatycznych w zarządzaniu wiedzą. Opracowanie systemu zarządzania wiedzą wymaga przeprowadzenia etapów przetwarzania wiedzy produkcyjnej pokazanych na rysunku 1.

W ramach etapu identyfikacji wiedzy wybierane są problemy decyzyjne oraz ustalany jest zakres ich rozwiązań. Etap konceptualizacji polega na szczegółowej analizie wybranych problemów pod kątem określenia wymaganych zasobów wiedzy. Przedstawiane są przy tym kluczowe koncepcje związane z wiedzą, relacje pomiędzy elementami wiedzy oraz charakterystyki przepływu informacji. Opracowana wiedza przedstawia opis jakościowy oraz ilościowy, niezbędny do rozwiązania wybranych problemów. Formalizacja wiedzy polega na przełożeniu kluczowych koncepcji, reguł i relacji na język formalny. W ramach tego etapu należy opracować syntaktykę i semantykę tego języka, a następnie ustalić wymagane pojęcia oraz relacje. Jest to związane z utworzeniem właściwej reprezentacji wiedzy, która zostaje wykorzystana w zapisie bazy wiedzy systemu. W trakcie etapu implementacji tworzone są reguły projektowania, stanowiące połączenie elementów wiedzy. Reguły budowane są według zasady łączenia informacji wejściowych z informacjami wyjściowymi o rozwiązywanym problemie decyzyjnym. Końcowym etapem przetwarzania wiedzy jest testowanie. Opracowane reguły projektowania, zapisane w bazie wiedzy systemu, są badane pod kątem poprawności uzyskiwanych rozwiązań problemu decyzyjnego. Zależnie od otrzymanych wyników badań



Rys. 1. Etapy procesu przetwarzania wiedzy produkcyjnej

udoskonalany jest zapis reguł na etapie implementacji, bądź też tworzone są nowe elementy reprezentacji wiedzy na etapie formalizacji wiedzy.

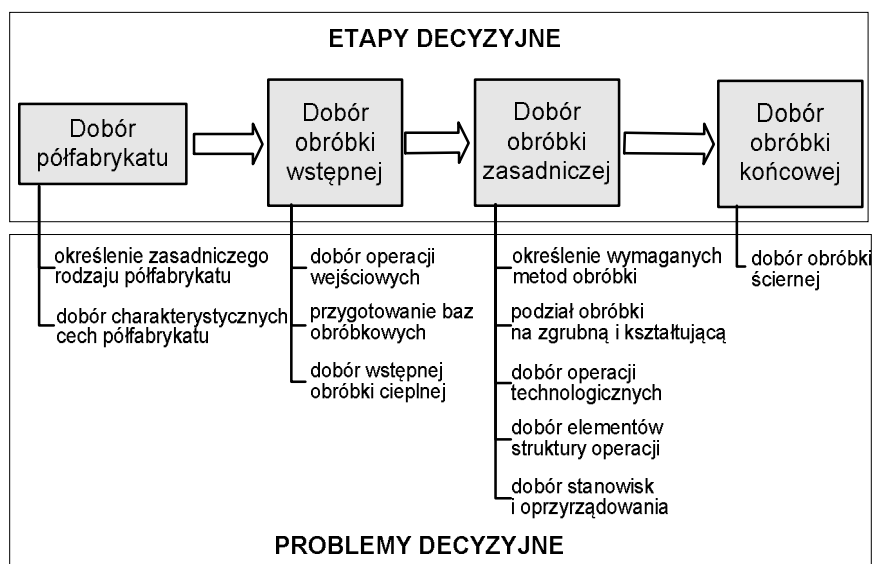
W kolejnych punktach artykułu zaprezentowano szczegółowy opis etapów oraz przykłady pozyskiwania wiedzy produkcyjnej dla potrzeb budowy systemu zarządzania wiedzą w obszarze technologicznego przygotowania produkcji wybranych elementów maszyn. Należy zauważyć, że przedstawione przykłady bazują na wiedzy pozyskanej z konkretnego przedsiębiorstwa produkcyjnego.

3. Identyfikacja wiedzy produkcyjnej

Etap identyfikacji wiedzy produkcyjnej polega na analizie podstawowych problemów z obszaru technologicznego przygotowania produkcji. Problemy te zależnie od sposobu rozwiązywania można podzielić na dwa rodzaje [9]:

- problemy algorytmiczne – są to problemy o znanym algorytmie rozwiązania (np.: dobór parametrów skrawania dla poszczególnych metod obróbki, wyznaczenie czasów realizacji operacji technologicznych); w zasadzie nie wywołują większych trudności w uzyskaniu rozwiązania, chociaż może to być proces pracochłonny,
- problemy heurystyczne - rozwiązanie tych problemów zależy od specyficznych uwarunkowań związanych z przedsiębiorstwem i bazuje w głównej mierze na doświadczeniu projektantów-ekspertów; stanowią istotę podejmowania decyzji związanych w wyborem wariantów optymalnych w świetle przyjętych kryteriów; przykładami takich problemów są: opracowanie zasadniczego planu procesu technologicznego, projektowanie elementów struktury operacji itp.

Identyfikacja wiedzy dotycząca analizy problemów o charakterze heurystycznym prowadzi do opracowania schematu postępowania, związanego z projektowaniem procesów technologicznych wybranych elementów maszyn (rys. 2).



Rys. 2. Etapy identyfikacji wiedzy w projektowaniu procesów technologicznych

Kolejność etapów decyzyjnych, pokazanych na rysunku 2, wynika z doboru właściwych działań wytwórczych, mających na celu uzyskanie wymaganych dokładności wymiarowo-kształtowych oraz odpowiednich własności produkowanych elementów. W ramach etapów decyzyjnych ustalane są problemy heurystyczne, które wpływają na podział zasobów wiedzy dla realizacji określonych celów cząstkowych. Dzięki przedstawionemu schematowi postępowania możliwa jest stopniowa identyfikacja zbiorów wiedzy potrzebnej do rozwiązania danego problemu. Należy zaznaczyć, że zasoby wiedzy produkcyjnej gromadzone są na podstawie analizy dokumentacji konstrukcyjno-technologicznej elementów maszyn oraz konsultacji z pracownikami przedsiębiorstwa.

4. Konceptualizacja wiedzy

Etap konceptualizacji wiedzy wymaga opracowania zasobów wiedzy na podstawie których rozwiązywane są problemy decyzyjne, określone na poziomie identyfikacji wiedzy. Uwzględniając aspekty technologicznego przygotowania produkcji ustalono następujące zbiory wiedzy produkcyjnej w przedsiębiorstwie:

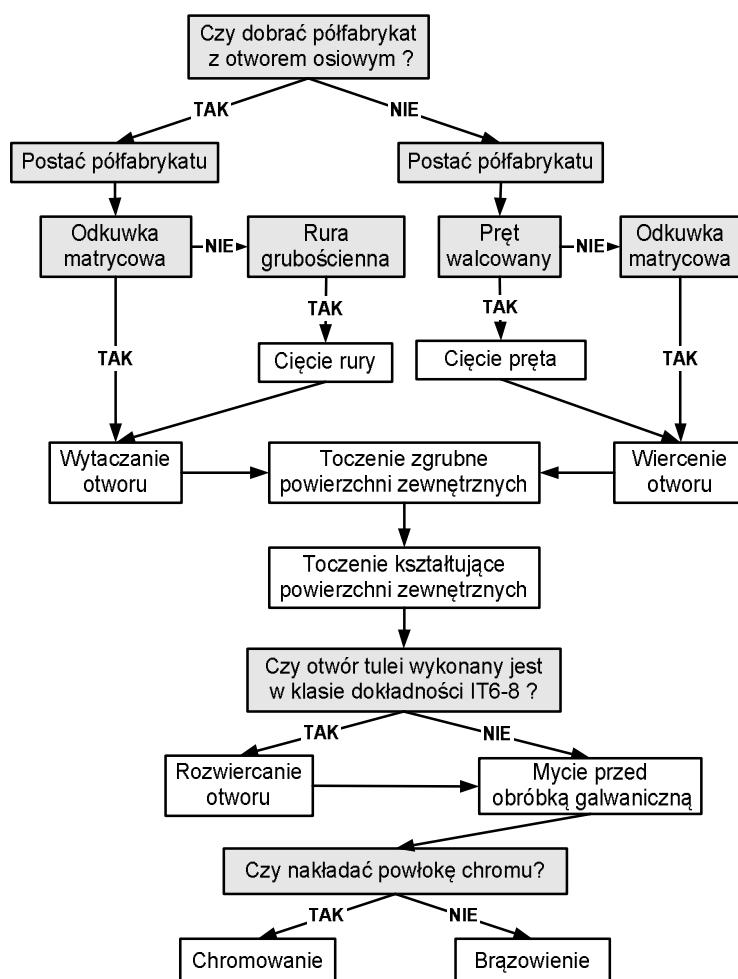
- wiedza o konstrukcji wybranych elementów maszyn – do tego zbioru należą takie informacje jak np. materiał przedmiotu obrabianego, kształt i wymiary geometryczne, dokładności wymiarowo-kształtowe, chropowatość powierzchni, obróbka cieplna, twardość powierzchni, rodzaj powłoki galwanicznej itp.,
- charakterystyka technologiczna systemu wytwarzania – jest opracowana na podstawie analizy możliwości wytwórczych danego przedsiębiorstwa produkcyjnego; są to takie elementy wiedzy jak np. dane techniczne obrabiarek skrawających, charakterystyka narzędzi skrawających oraz oprzyrządowania technologicznego itp.,
- wiedza o projektowaniu procesów technologicznych – są to ogólne i szczegółowe reguły tworzenia związków pomiędzy konstrukcją danego elementu oraz strukturą procesu technologicznego; przykładem takiej wiedzy są informacje o zabiegach technologicznych oraz środkach technologicznych, które należy zastosować dla uzyskania określonych cech konstrukcyjnych elementu.

Konceptualizacja wiedzy prowadzi do utworzenia dopuszczalnych wariantów rozwiązań problemów decyzyjnych z punktu widzenia możliwości technologicznych systemu produkcyjnego oraz minimalizacji kosztów produkcji. W trakcie tworzenia wariantów analizowane są istniejące w wybranym przedsiębiorstwie specyficzne kryteria oraz ograniczenia. Liczba dopuszczalnych wariantów rozwiązań wzrasta w miarę jak zwiększa się poziom szczegółowości projektowania procesu technologicznego. Natomiast stopień różnicowania wariantów zależy od stopnia skomplikowania postaci konstrukcyjnej elementu. Warianty możliwe do wyboru powinny podlegać ocenie, na podstawie której ustala się ich hierarchię ważności oraz warunki stosowalności. Ocenę taką najlepiej jest przeprowadzić na podstawie dostępnej wiedzy produkcyjnej oraz konsultacji z ekspertami, zajmującymi się projektowaniem procesów technologicznych.

Na etapie konceptualizacji wiedzy opracowywane są drzewa decyzyjne, które graficznie odzwierciedlają podejmowanie decyzji w projektowaniu procesów technologicznych elementów maszyn. Zasoby wiedzy produkcyjnej w postaci dopuszczalnych wariantów technologicznych, związanych z obróbką danego przedmiotu obrabianego (np. rodzaje półfabrykatów, operacji, zabiegów technologicznych), zostają umieszczone w strukturze drzewa decyzyjnego. Węzły drzewa zawierają warunki (przesłanki), na podstawie których jest rozwiązywany problem oraz działania (konkluzje), będące konkretnymi rozwiązaniami

problemu. Na gałęziach drzewa umieszcza się wartości logiczne, związane z przyjęciem lub odrzuceniem danych węzłów drzewa. Proces rozwiązywania problemu decyzyjnego z zastosowaniem drzewa decyzyjnego rozpoczyna się od wierzchołka drzewa i polega na przechodzeniu poprzez poszczególne węzły drzewa według przyjętych wartości logicznych jego gałęzi, aż do podstawy drzewa.

Na rysunku 3 zaprezentowano przykładową strukturę drzewa decyzyjnego, które zostało opracowane dla etapów decyzyjnych związanych z projektowaniem procesów technologicznych wybranych elementów maszyn typu tuleja. Należy zaznaczyć, że przedstawione drzewo decyzyjne odnosi się przede wszystkim do części wytwarzanych w konkretnym przedsiębiorstwie i nie obejmuje wszystkich możliwych rozwiązań. W przypadku zlecenia na wykonanie tulei np. z żeliwa, zebrana według prezentowanej metody wiedza, nie będzie przydatna. W takim razie należałoby uzupełnić powstałą strukturę drzewa o pozyskaną wiedzę, obejmującą realizację wymaganego zlecenia.



Rys. 3. Przykład drzewa decyzyjnego w projektowaniu procesów technologicznych

W przedstawionej strukturze drzewa decyzyjnego umieszczono istotne przesłanki wpływające na przebieg procesu technologicznego. Przesłanką podstawową w takim przypadku jest określenie postaci półfabrykatu, zależnej od występowania w nim otworu osiowego. Wpływa to na dobór tego półfabrykatu (pręt walcowany, rura grubościenna lub odkuwka matrycowa) oraz metodę obróbki (cięcie pręta lub rury, wytaczanie lub wiercenie otworu). W dalszej części drzewa umieszczono metody związane z obróbką toczeniem, po której należy rozważyć w jakiej klasie dokładności jest obrabiany otwór tulei. Decyduje to o występowaniu obróbki wykańczającej (rozwiercanie). W końcowej części drzewa przedstawiono dobór obróbki galwanicznej tulei. Można zauważyć, że działania umieszczone w węzłach drzewa decyzyjnego (rys. 3) przedstawiają założony poziom szczegółowości opisu procesu technologicznego, który w tym przypadku dotyczy doboru metod obróbki tulei. Metody te mogą być łączone w operacje, realizowane na jednym stanowisku technologicznym. Kolejne drzewa opracowywane na etapie konceptualizacji wiedzy opisują szczegóły realizacji operacji w zakresie np. doboru stanowisk technologicznych, kolejności zabiegów obróbkowych oraz oprzyrządowania.

Działanie komputerowego systemu zarządzania wiedzą, w którego budowie zastosowano opracowane drzewa decyzyjne, przedstawia się następująco. Użytkownik systemu (technolog, projektant procesów technologicznych), współpracuje z komputerem w trybie dialogowym. Formuluje w ten sposób problem decyzyjny poprzez udzielanie odpowiedzi na pytania generowane przez system. Kolejność pytań oraz warianty odpowiedzi są zgodne ze strukturą zastosowanego drzewa decyzyjnego. System spełnia przy tym rolę doradczą, ponieważ użytkownik wybiera konkretną odpowiedź zaproponowaną przez system. Generowane przez system odpowiedzi w postaci wariantów technologicznych, najlepiej spełniają wymagania dotyczące optymalizacji procesów technologicznych w wybranym przedsiębiorstwie, ponieważ zostały opracowane na podstawie wiedzy pozyskanej od ekspertów. W przypadku gdy występuje kilka możliwych wariantów do zastosowania, przyjmuje się rozwiązanie, polegające na ich uporządkowaniu według ważności stosowania. W pierwszej kolejności pokazywany jest wariant najważniejszy, najlepiej rozwiązujący dany problem. Następne warianty pojawiają się według ustalonej hierarchii ważności. Równoważne warianty pojawiają się wszystkie jednocześnie w trakcie dialogu, a użytkownik wybiera jeden z nich. Taka sytuacja ma miejsce np. przy wyborze stanowisk technologicznych. Dzięki takiemu działaniu systemu zostają zachowane warunki wyboru najlepszego wariantu procesu technologicznego przy występujących ograniczeniach (np. związanych z dostępnością danego stanowiska), jak również skraca się czas projektowania procesu technologicznego.

5. Etap formalizacji wiedzy

Podstawowym celem etapu formalizacji wiedzy produkcyjnej jest odpowiednie przygotowanie jej do zapisu w bazie wiedzy systemu. Wiedza zostaje przedstawiona w formie reprezentacji, która umożliwi gromadzenie elementów wiedzy o sposobach rozwiązywania problemów decyzyjnych. Formalizacja bazuje na wariantach rozwiązań opracowanych na etapie konceptualizacji. Warunkiem prawidłowej formalizacji wiedzy jest przedstawienie związków pomiędzy informacjami wejściowymi o konstrukcji wyrobów, a informacjami wyjściowymi o strukturze procesu technologicznego. Dla spełnienia tego warunku zostały opracowane następujące metody symbolicznych reprezentacji:

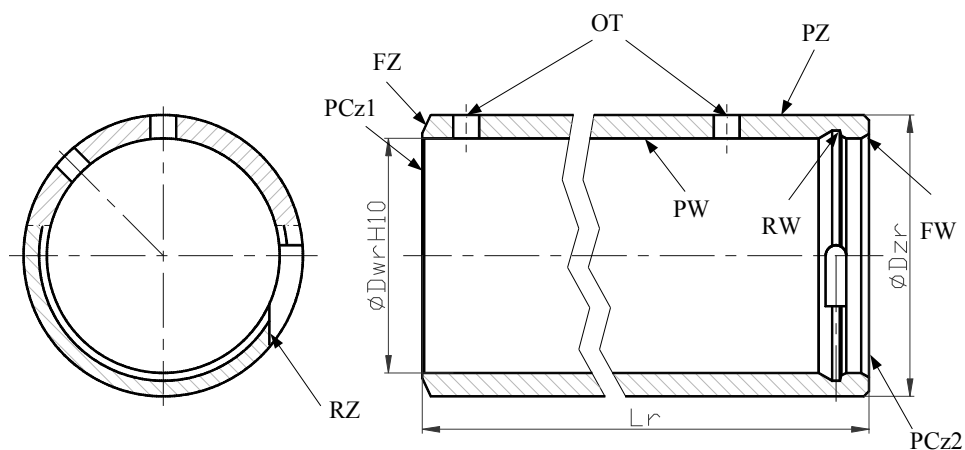
- konstrukcji elementów maszyn,
- struktury procesu technologicznego.

5.1. Metoda symbolicznej reprezentacji konstrukcji elementów maszyn

Podstawą opracowania metody reprezentacji konstrukcji elementów maszyn jest identyfikacja geometrycznych cech konstrukcyjnych tych elementów maszyn oraz ich zapis za pomocą symboli.

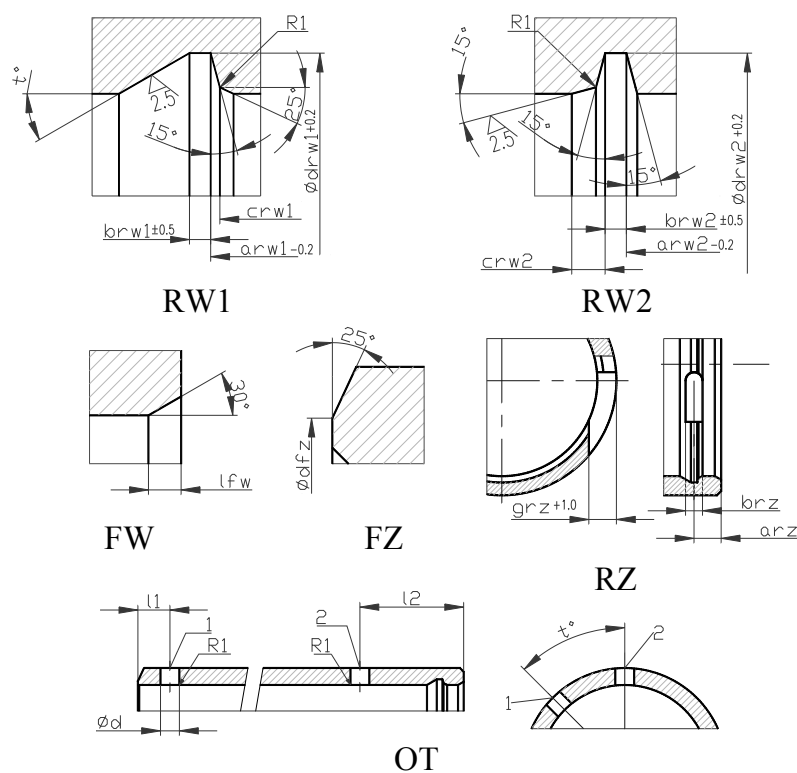
Proces tworzenia symbolicznej reprezentacji konstrukcji przebiega etapowo. Najpierw ustala się wymiary charakterystyczne, którymi są zazwyczaj wymiary gabarytowe elementu, jak również wymiary istotnych powierzchni funkcjonalnych elementu, współpracujących z powierzchniami innych elementów (np. średnica otworu w kole zębatym osadzonym na powierzchni wałka). Następny etap polega na podziale konstrukcji na obiekty elementarne. Obiekty te opisują grupy powierzchni lub też pojedyncze powierzchnie elementu. Przykładami takich obiektów są: powierzchnie walcowe zewnętrzne i wewnętrzne, powierzchnie czołowe, rowki pod pierścienie uszczelniające, powierzchnie stożkowe itp. Obiekty elementarne scharakteryzowano za pomocą geometrycznych cech konstrukcyjnych. Przyjęto, że cechy te mogą być stałe lub zmienne. Stałe cechy są ściśle związane z danym obiektem elementarnym, a ich wartość pozostaje niezmienna w trakcie tworzenia zbioru opisującego konstrukcję. Natomiast zmienne cechy przedstawiają różne warianty wymiarowe elementów maszyn. Do zapisu obiektów elementarnych stosowane są symbole, z którymi związana jest nazwa cechy konstrukcyjnej oraz jej wymiary.

Zastosowanie metody symbolicznej reprezentacji konstrukcji elementów maszyn pokazano na przykładzie rur cylindrycznych hydraulicznych produkowanych w wybranym przedsiębiorstwie. Na rysunku 4 przedstawiono przykładową postać konstrukcyjną wybranego elementu wraz z wyróżnionymi symbolami tworzącymi reprezentację wiedzy.



Rys. 4. Przykład postaci konstrukcyjnej rury cylindra

Wymiary charakterystyczne rur cylindrycznych wraz z przyporządkowanymi im symbolami są następujące: długość całkowita rury - L_r , średnica zewnętrzna - D_{zr} oraz średnica wewnętrzna - D_{wr} . Na rysunku 5 przedstawiono geometryczne cechy konstrukcyjne wybranych obiektów elementarnych.



Rys. 5. Geometryczne cechy konstrukcyjne wybranych obiektów elementarnych rury

Obiektami elementarnymi grupy rur cylindrów są (rys. 4 i rys. 5):

- powierzchnia zewnętrzna rury - PZ,
- powierzchnia wewnętrzna rury – PW,
- powierzchnia czołowa - PCz, (z lewej strony PCz1, z prawej strony PCz2),
- rowek wewnętrzny - RW; asymetryczny - RW1 i symetryczny -RW2,
- rowek zewnętrzny na obwodzie rury - RZ,
- otwory na obwodzie rury - OT,
- powierzchnia stożkowa wewnętrzna - FW,
- powierzchnia stożkowa zewnętrzna - FZ.

W tabeli 1 przedstawiono opis zmiennych i stałych wymiarów obiektów elementarnych.

Tab. 1. Opis cech konstrukcyjnych wybranych obiektów elementarnych rur cylindrów

Obiekt elementarny	Geometryczne cechy konstrukcyjne			
	wymiarzy zmienne		wymiarzy stałe	
	nazwa	symbol	nazwa	symbol
PW	średnica wewnętrzna	D_{wr}	dokładność	$ITD_{wr} = H10$
			chropowatość	$R_{pw} = 0,63 [\mu m]$

cd. Tab. 1.

RW1	odległość rowka od czola	$arw1$	tolerancja	$Tarw1 = -0,2 [mm]$
	szerokość dna	$brw1$	tolerancja	$Tbrw1 = \pm 0,5 [mm]$
	odl. I boku rowka z prawej strony	$crw1$	promień zaokrąglenia	$R=1 [mm]$
	średnica dna	$drw1$	tolerancja	$Tdrw1 = +0,2 [mm]$
	kąt boku rowka z lewej strony	t	kąt sfazowania 1	$f1 = 15^\circ$
kąt sfazowania 2			$f2 = 25^\circ$	
chropowatość			$Rrw1 = 2,5 [\mu m]$	
FW	długość powierzchni stożkowej	lfw	kąt sfazowania	$f = 30^\circ$
			chropowatość	$Rfw = 10 [\mu m]$
FZ	średnica podstawy stożka	dfz	kąt sfazowania	$f = 25^\circ$
			chropowatość	$Rfz = 10 [\mu m]$
RZ	odległość rowka od czola	arz	tolerancja	$Tgrz = +1,0 [mm]$
	szerokość rowka	brz		
	głębokość rowka	grz		
OT	średnica otworu	d	promień zaokrągł.	$R=1 [mm]$
	odl. I otworu od czola	$l1$	chropowatość	$Rot = 10 [\mu m]$
	odl. II otworu od czola	$l2$		
	kąt rozstawienia otw.	t		

5.2. Metoda symbolicznej reprezentacji struktury procesu technologicznego

Symboliczną reprezentację struktury procesu technologicznego stanowią informacje przedstawione za pomocą symboli, które pozwalają na wygenerowanie procesu technologicznego wybranego elementu maszyny. Reprezentacja ta tworzona jest na podstawie analizy zastosowania poszczególnych wariantów technologicznych.

Zapis symbolu struktury procesu technologicznego bazuje na następującej ogólnej formule:

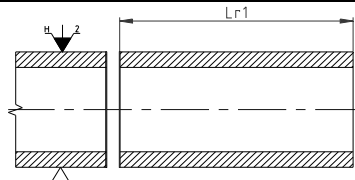
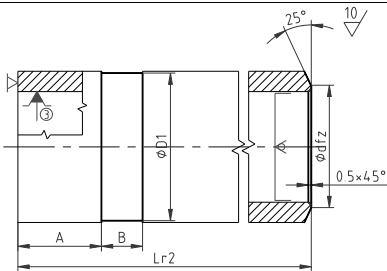
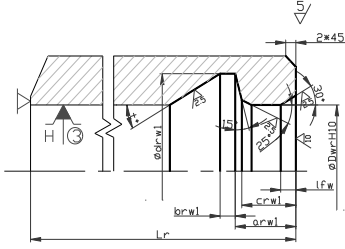
$$\{<OPERACJA>, <STANOWISKO>, <ZAMOCOWANIE m>, <ZABIEG n>, \\ (PRZYRZĄDY I UCHWYTY OBRÓBKOWE), (NARZĘDZIA)\}$$

gdzie: m – oznacza m -te zamocowanie przedmiotu w danej operacji,
 n – oznacza n -ty zabieg obróbkowy w danej operacji.

Na podstawie symbolu struktury operacji procesu technologicznego otrzymuje się informacje przedstawiane w formie opisu i szkiców operacji, które występują w zastosowanej dokumentacji technologicznej systemu zarządzania wiedzą.

Przykład opracowania symbolicznej reprezentacji struktury procesu technologicznego dla wybranego elementu typu rura cylindra zamieszczono w tabeli 2.

Tab. 2. Przykład symbolicznej reprezentacji struktury procesu technologicznego

Nr operacji	Symbol operacji	Szkic operacji
10	{CIĘCIE, PIŁA300, Z1, K(Lr1), (PjMa-200), (BI-M, MLKc-2000, MAUb-150)}	
...
50	{TOCZENIE_WST, TUD 50x2000, Z1, ZAT(A, B), TZPCz2(Lr2), TFZ(dfz), TFw(0.5, 45°), (p.tokarski-szczęki miękkie, T-207, T-207/2-1), (hR110.17 2525//SPUN120412 S10s, MAJa-300, MLKc-2mb)}	
60	{TOCZENIE, 350NC, Z1, TKPCz2(Lr), WTKRW1(brw1, drw1, arw1), WTLRW1(t°, drw1), WTP1RW1(crw1, 15°), WTP2RW1(25°), TFw(lfw), TFz(2, 45°), (szczęki miękkie, podtrzymała, M-325), (hR111.26 2525//r0.8, N-331, N-691/P, N-335)}	
...

6. Implementacja wiedzy produkcyjnej

Etap implementacji wiedzy produkcyjnej polega na opracowaniu reguł projektowania, które określają zasady doboru procesu technologicznego dla wybranego przedmiotu produkcji. Reguły przedstawiają związki pomiędzy wejściowymi informacjami o charakterystyce konstrukcyjno-technologicznej wyrobów, a wyjściowymi informacjami o strukturze procesu technologicznego.

Badania nad implementacją wiedzy prowadzone są etapowo i odnoszą się do wcześniejszych etapów związanych z procesem przetwarzania wiedzy. Wejściowy etap polega na ustaleniu związków pomiędzy wymiarami charakterystycznymi elementu oraz strukturą procesu technologicznego. Kolejny etap dotyczy uszczegółowienia struktury operacji procesu technologicznego. Ustalane są związki pomiędzy wyróżnionymi obiektami konstrukcyjnymi elementu, a składnikami struktury operacji w postaci zabiegów obróbkowych. Końcowy etap implementacji wiedzy prowadzi do uszczegółowienia

zabiegów obróbki powierzchni elementów maszyn. Zabiegi te związane są z zamocowaniem elementów w uchwytych i przyrządach oraz realizowane narzędziami skrawających zgodnie z wymaganymi parametrami obróbki.

W implementacji wiedzy zastosowano metody symbolicznych reprezentacji: konstrukcji elementów maszyn oraz struktury procesu technologicznego, przedstawione w punkcie 5. Przeprowadzono badania nad związkami pomiędzy obiektami elementarnymi wybranych rur cylindrów oraz zabiegami potrzebnymi do obróbki zasadniczej tych obiektów. Przykład opisu związków symbolicznych reprezentacji wiedzy w projektowaniu procesów technologicznych elementów typu rura cylindra pokazano w tabeli 3.

Tab. 3. Przykład związków reprezentacji symbolicznych wiedzy produkcyjnej

Symbol obiektu	Opis zabiegów	Symbole zabiegów
PW	Wytaczać kształtująco do średnicy D_{wk} Dogniatać do średnicy D_{wr} H10	$WPW(D_{wk})$ $DPW(D_{wr})$
RW1	Wytaczać kształtująco rowek $brw1$ do średnicy $drw1$ w odległości $arw1$ Wytaczać lewą stronę rowka pod kątem t° do średnicy $drw1$ Wytaczać pierwszy bok z prawej strony rowka pod kątem 15° w odległości $crw1$ Wytaczać fazę 25° z prawej strony	$WTKRW1(brw1, drw1, arw1)$ $WTLRW1(t^\circ, drw1)$ $WTP1RW1(crw1, 15^\circ)$ $WTP2RW1(25^\circ)$
FW	Toczyć fazę wewnętrzną 30° na długości lfw	$TFW(lfw)$
FZ	Toczyć fazę zewnętrzną 25° do średnicy dfz	$TFZ(dfz)$
RZ	Frezować rowek brz w odległości arz do wymiaru grz	$FRZ(brz, arz, grz)$
OT	Wiercić otwór $d1$ w odległości $l1$ Wiercić otwór $d2$ w odległości $l2$ pod kątem t°	$W1OT(d1, l1)$ $W2OT(d2, l2, t^\circ)$

Danemu obiektowi elementarnemu odpowiada zbiór zabiegów, wynikających z podziału obróbki na: zgrubną, kształtującą i wykańczającą. Dla zmiennych cech konstrukcyjnych obiektu dobierane są wartości pośrednie wymiarów obróbkowych.

Opracowane związki pomiędzy symbolicznymi reprezentacjami wiedzy umożliwiają utworzenie reguł projektowania procesów technologicznych elementów maszyn. Ogólna budowa tych reguł przedstawia się następująco:

JEŻELI <symbol reprezentacji konstrukcji elementów maszyn>
TO <symbol reprezentacji struktury procesu technologicznego>

W częściach warunkowych i działaniowych reguł projektowania umieszczono odpowiednie symbole. Na podstawie związków przedstawionych w tabeli 3 można wygenerować przykładowo następujące reguły:

R1: JEŻELI $PW(D_{wr})$ TO $WPW(D_{wk})$ i $DPW(D_{wr})$

R2: JEŻELI $RW1(arw1, brw1, crw1, drw1, t)$ TO $WTKRW1(brw1, drw1, arw1)$ i $WTLRW1(t^\circ, drw1)$ i $WTP1RW1(crw1, 15^\circ)$ i $WTP2RW1(25^\circ)$

R3: JEŻELI $FW(lfw)$ TO $TFW(lfw)$

Przedstawionych reguł nie można zastosować do wszystkich przypadków obróbki powierzchni wewnętrznych w przedmiotach obrabianych. Reguły te są ściśle związane z budowanym systemem zarządzania wiedzą w wybranym przedsiębiorstwie. Elementy reguł zawierają zbiory wiedzy produkcyjnej takie jak np. metody obróbki powierzchni wewnętrznych stosowane w przedsiębiorstwie bądź też możliwości zastosowania środków produkcji, stanowiących bieżące wyposażenie przedsiębiorstwa. Możliwa jest też rozbudowa zbioru reguł, uwzględniając przy tym realia inwestycyjne przedsiębiorstwa poprzez wdrożenie w nim nowych metod obróbki oraz środków produkcji.

Dalszym etapem implementacji wiedzy produkcyjnej jest zapis opracowanych reguł projektowania w bazie wiedzy systemu zarządzania wiedzą produkcyjną. W tym celu stosowane są odpowiednie narzędzia programowe np. szkieletowe systemy doradcze. Reguły projektowania zapisywane są zgodnie z syntaktyką i semantyką stosowanego narzędzia. Wymagane jest przy tym wprowadzenie elementów objaśniających symbole reprezentacji wiedzy, znajdujące się w regułach. Można to zrealizować poprzez opracowanie odpowiedniej bazy symboli i jej zapis w systemie zarządzania wiedzą.

7. Testowanie wiedzy produkcyjnej

Ostatnim etapem procesu przetwarzania wiedzy jest testowanie reguł zgromadzonych w bazie wiedzy systemu zarządzania wiedzą. Opracowane reguły projektowania badane są pod kątem poprawności uzyskiwanych rozwiązań problemu decyzyjnego. Na podstawie wprowadzanych zbiorów przykładowych informacji wejściowych o konstrukcji elementów maszyn sprawdzana jest poprawność zapisu wiedzy systemowej poprzez ocenę projektów procesów technologicznych. Zwraca się szczególną uwagę na usuwanie nadmiarowości oraz sprzeczności wiedzy przy zachowaniu kompletności informacji wyjściowych. W zależności od uzyskanych wyników badań, przetwarzanie wiedzy polega na edycyjnych modyfikacjach bazy wiedzy poprzez udoskonalanie zapisu, albo też na przebudowie struktury reprezentacji wiedzy tzw. reformalizację.

Nadmiarowość (redundancja) bazy wiedzy występuje wówczas, gdy pojawiają się reguły zbyteczne. Badania związane z nadmiarowością polegają na wykrywaniu reguł pochłaniających, z niepotrzebnym warunkiem i reguł zapętlonych. Reguły nadmiarowe posiadają różne części warunkowe, natomiast części działaniowe mają identyczne. Eliminowanie nadmiarowości wiedzy polega na połączeniu reguł nadmiarowych w częściach warunkowych. Zostaje wyodrębniona część wspólna reguł, natomiast warunki różniące się między sobą, zostają połączone operatorem alternatywy.

Sprzeczność wiedzy stanowi poważny błąd w zapisie bazy wiedzy, ponieważ uzyskane na tej podstawie konkluzje są nieprawdziwe i niekompletne. Reguły sprzeczne posiadają takie same części warunkowe, natomiast ich części działaniowe są różne. Usuwanie sprzeczności polega utworzeniu wspólnej reguły, w której części działaniowe reguł zostają połączone operatorem alternatywy.

Badanie kompletności baz wiedzy polega na poszukiwaniu brakujących elementów wiedzy. Dla zbioru reguł projektowania rozpatrywane są wszystkie kombinacje przesłanek problemów decyzyjnych. Przykładowo sprawdzanymi elementami mogą być np. wszystkie rodzaje półfabrykatów, z których może być wykonany dany przedmiot obrabiany albo stanowiska technologiczne, na których może być przeprowadzana obróbka. W praktyce sprawdza się, czy na zadane pytanie system potrafi udzielić prawidłowej odpowiedzi np. czy dla danego półfabrykatu występuje proces technologiczny albo dla podanej obrabiarki istnieje sposób realizacji obróbki przedmiotu [1].

8. Podsumowanie i wnioski

Opracowana metoda pozyskiwania wiedzy umożliwia rozwiązywanie problemów decyzyjnych z obszaru projektowania procesów technologicznych elementów maszyn. Metoda jest ukierunkowana na komputerowe wspomaganie budowy systemów zarządzania wiedzą produkcyjną. Systemy te powinny skutecznie wspomagać projektowanie procesów produkcyjnych związane z przetwarzaniem wiedzy, szczególnie w przemyśle maszynowym. Możliwe jest zintegrowanie tego systemu z systemem zarządzania przedsiębiorstwem poprzez utworzenie wspólnej bazy wiedzy. Jest to warunek prawidłowego działania komputerowych systemów w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Uwzględniając specyfikę działania takiego systemu można związać efekty jego pracy z następującymi korzyściami dla przedsiębiorstwa:

- udoskonalanie procesów i produktów,
- minimalizacja kosztów produkcji,
- polepszenie przepływu informacji w procesach.

Metodyka badań bazuje na zastosowaniu elementów sztucznej inteligencji w zarządzaniu wiedzą. Analizie poddano problemy decyzyjne o charakterze heurystycznym. Główny nacisk położono na zastosowanie koncepcji systemów eksperckich, które umożliwiają uzyskanie wyselekcjonowanych i skondensowanych informacji związanych z projektowaniem procesów technologicznych.

Literatura

1. Trajer J., Paszek A., Iwan S.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
2. Probst B., Raub S., Romhardt K.: Zarządzanie wiedzą w organizacji. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2002.
3. Kowalczyk A., Nogalski B.: Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2007.
4. Rutkowski L.: Metody i techniki sztucznej inteligencji. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
5. Knosala R. i zespół: Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
6. Kobyłko G., Morawski M.: Przedsiębiorstwo zorientowane na wiedzę. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2006.
7. Grudzewski W.M., Hejduk I.: Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwach. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2004.
8. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część I: Metodyka. Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 2/2009, s. 58-64.
9. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część II: Przykład. Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 1/2011, s. 35-43.

Dr inż. Alfred PASZEK
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów
Katedra Inżynierii Wiedzy
Politechnika Opolska
45-758 Opole, ul. Prószkowska 76
e-mail: a.paszek@po.opole.pl