

ZASTOSOWANIE TABLIC DECYZYJNYCH W OPRACOWANIU REPREZENTACJI WIEDZY TECHNOLOGICZNEJ

Alfred PASZEK, Marian A. PARTYKA

Streszczenie: W pracy przedstawiono możliwości zastosowania tablic decyzyjnych w opracowaniu reprezentacji wiedzy z obszaru technologicznego przygotowania produkcji. Scharakteryzowano podstawową budowę i własności tablic decyzyjnych w przetwarzaniu informacji bazującej na regułach projektowania. Przedstawiono procedurę budowy klasycznych tablic decyzyjnych dla przykładowych wariantów decyzyjnych obróbki wstępnej. Opisano metodę opracowania modalnej tablicy decyzyjnej dla doboru materiału wejściowego do produkcji. Pokazano przykład budowy elementów wiedzy opartych na zbiorach rozmytych oraz stopniach możliwości i pewności stwierdzeń.

Słowa kluczowe: wiedza technologiczna, reprezentacja wiedzy, drzewo decyzyjne, reguła projektowania, modalna tablica decyzyjna.

1. Wprowadzenie

Rozwój komputerowych systemów przetwarzania wiedzy obejmuje badania w zakresie implementacji elementów sztucznej inteligencji w systemach wspomagających podejmowanie decyzji. Działania skoncentrowane są na sposobach kodyfikacji wiedzy w systemie [1, 2, 3]. Istnieje potrzeba opracowania takich metod przetwarzania wiedzy, które usprawniają procesy porządkowania, wartościowania, przechowywania i wymiany wiedzy [4, 5]. Dlatego badania powinny zmierzać w kierunku opracowania nowych metod reprezentacji wiedzy lub rozwoju istniejących. Szczególnie ważnym aspektem jest uwzględnienie przy tym charakteru wiedzy technologicznej i opracowanie systemu bazującego na wykorzystaniu tej wiedzy.

Pojęcie wiedzy technologicznej 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 jej reprezentacji, aby możliwe stało się utworzenie komputerowej bazy wiedzy [3].

Reprezentacja wiedzy oznacza ogólny formalizm przekazywania, zapisywania i gromadzenia dowolnego zasobu wiedzy. Jest to kombinacja struktur danych i procedur interpretacyjnych tak dobranych, że właściwie użyte prowadzą do inteligentnego zachowania i wykorzystania w systemie komputerowym. W pracy położono nacisk na tworzenie reprezentacji opartej na zastosowaniu koncepcji tablic decyzyjnych. Dzięki temu, że w strukturze tablicy zostają wprowadzone reguły wnioskowania, staje się możliwe opracowanie bazy wiedzy systemu wspomagającego projektowanie procesów technologicznych.

2. Budowa i własności tablic decyzyjnych

Tablice decyzyjne są środkiem analizy i dokumentacji systemu, uzupełniającym tradycyjne schematy poszukiwania rozwiązań. Podstawą formalną konstrukcji tablic decyzyjnych jest warunek \gg Jeśli ... to ... \ll i dlatego mogą być stosowane w matematycznym przetwarzaniu informacji i działań. Zmienne decyzyjne są niezależne i tworzą zbiór informacji pierwotnych. Różne kombinacje wartości zmiennych decyzyjnych mogą być prawdziwe (realizowalne) lub sprzeczne i zapisywane są pionowo jako reguły decyzyjne oznaczające równocześnie iloczyny logiczne. Funkcje zmiennych decyzyjnych są traktowane jako informacje wyjściowe tablicy decyzyjnej i oznaczają działania, które można zdefiniować jako funkcje logiczne pierwotnych zmiennych decyzyjnych niezależnych. Dla różnych reguł decyzyjnych mogą być spełnione różne podzbiory funkcyjne informacji wyjściowych i dlatego każdą tablicę decyzyjną można zapisać jako układ równań funkcji logicznych [6].

Tablice decyzyjne mogą być zapisywane słownie lub symbolicznie, ale zawsze wg powyższych zasad budowy. Dlatego wygodnie jest zapisywać tablicę decyzyjną jako układ czterech zbiorów, które nazywane są jako:

- zbiór warunków,
- zbiór wskaźników warunków,
- zbiór czynności,
- zbiór wskaźników czynności.

W szczególności należy wykluczyć tzw. nadmiar warunków (wieloznaczność decyzyjna dla tego samego działania) oraz sprzeczność warunków (wieloznaczność decyzyjna dla tych samych warunków). W zastosowaniach praktycznych wygodnie jest zrobić rozkład tablicy decyzyjnej na dendryt przy założeniu, że otrzymane tablice mają tylko jedną regułę decyzyjną bez względu na liczbę warunków w nich występujących. Ze względu na formalizację takiego postępowania stosuje się różne logiczne dodatkowe definicje: liczba kolumnowa, liczba kreskowa, parametr delta, wspólna ścieżka, moc wspólnej ścieżki itd.

Generowanie nowych rozwiązań metodą tablic decyzyjnych może być zapisywane kodowo dwu- i wielowartościowo, co umożliwia późniejszy prawidłowy obieg informacji dla rozwiązań prawdziwych, podrozwiązań prawdziwych i najważniejszych podrozwiązań prawdziwych. W szczególności zamiast zasady \gg Jeśli ..., to ... \ll może być stosowany ciąg decyzyjny z wielokrotnym użyciem słów: jeśli, to, w przeciwnym przypadku, lub, Prowadzi to do bardziej złożonych analitycznie zapisów układów funkcji logicznych w porównaniu do tradycyjnego zapisu typu alternatywna postać normalna [7].

W praktyce spotyka się głównie dwa rodzaje tablic decyzyjnych: proste i uogólnione (jeśli dany warunek jest wieloznaczny, to tablica jest uogólniona). Transformacja tablicy uogólnionej na prostą polega na jednoznacznym przyporządkowaniu warunkom odpowiednich reguł wyboru. Podejście takie nazywane jest także metodą opisów ograniczonych i rozwiniętych i charakteryzuje się następującym faktem: jeśli dla podjęcia decyzji, czy jakiś warunek lub działanie odnoszą się do danej reguły, trzeba rozpatrywać zarówno lewą stronę jak i prawą stronę każdego wiersza, to dany opis jest rozwinięty, natomiast w przeciwnym przypadku – ograniczony.

Tablice decyzyjne stanowią tabelaryczną formę reprezentacji wiedzy, wyrażonej za pomocą reguł. Warunki (przesłanki) i działania (konkluzje) reguł zapisywane są wierszach tabeli, natomiast kolumny tabeli opisują kombinacje wartości logicznych elementów reguł. W ogólnej strukturze tablicy decyzyjnej można wyróżnić cztery podstawowe obszary, pokazane na rys. 1.

		R1	R2							Rn
C1										
C2	obszar opisu					obszar wartości				
...	warunków					warunków				
Cn										
D1										
D2										
...	obszar opisu					obszar wartości				
Dn	działań					działań				
EXIT										

Rys. 1. Ogólna budowa tablicy decyzyjnej

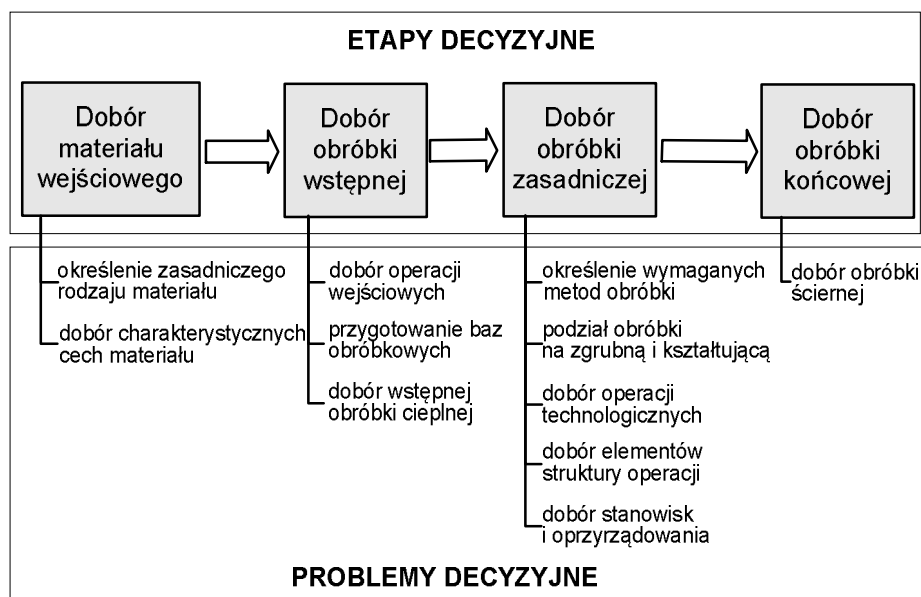
Identyfikacja elementów tablicy decyzyjnej możliwa jest dzięki przyporządkowaniu im odpowiednich symboli. Warunki oznaczane są symbolami C1,..., Cn, działania symbolami D1,...,Dn, natomiast reguły posiadają symbole R1,...,Rn. W obszarze opisu warunków i działań zapisuje się odpowiednie treści elementów wiedzy, które będą wykorzystane w opracowaniu bazy wiedzy systemu doradczego. W obszarze wartości warunków zapisuje się symbole T (Tak) lub N (Nie), oznaczające spełnienie lub niespełnienie danego warunku. W obszarze wartości działań używany jest jedynie symbol T (Tak), który wskazuje odpowiedź w postaci działania (lub wniosku) na spełnione wartości warunków, zapisane w kolumnach tabeli. Nie ma potrzeby zapisu wartości N (Nie) dla działań, gdyż oznaczałoby to, że dane działanie nie będzie podejmowane [3].

Realizacja działań wnioskowania związanych z tablicą decyzyjną polega na badaniu reguł w kolejności ich zapisu w kolumnach, aż do napotkania reguły, dla której spełnione są wszystkie wskazane w niej warunki. Stąd należy zachować ścisłą kolejność zapisu reguł w kolumnach, co związane jest z proceduralnym charakterem reprezentacji wiedzy. Po ustaleniu wartości warunków reguły zgodnie z zapisem w tablicy, wykonywane są przyporządkowane tej regule działania (również według kolejności zapisu). Puste miejsca pozostawione w komórkach tabeli oznaczają, że dany element jest pomijany, tzn. nie jest sprawdzany w trakcie wnioskowania. W ostatnim wierszu tablicy decyzyjnej EXIT można zamieścić logiczne wartości wyjściowe T lub N, które zapisywane są w części warunkowej reguły, umieszczonej w innej tabeli. Dzięki temu uzyskuje się sieć tablic, a rozwiązywany problem decyzyjny może zostać podzielony na mniejsze zadania, dla których sporządzane są oddzielne tablice decyzyjne.

Opracowanie tablicy decyzyjnej jest procesem twórczym, który odpowiada programowaniu w językach wysokiego poziomu. Proces budowy tablicy decyzyjnej jest zorientowany problemowo na określoną dziedzinę zastosowania. Tablice decyzyjne są związane z tablicami morfologicznymi i w zależności od zagadnienia praktycznego stosowane są zamiennie lub wraz z innymi metodami graficznego projektowania.

3. Analiza procesów technologicznych elementów maszyn

Opracowanie reprezentacji wiedzy technologicznej rozpoczyna się od analizy procesów technologicznych dla asortymentu wybranego przedsiębiorstwa. W głównej mierze dotyczy konstrukcji elementów maszyn, możliwości wytwórczych danego przedsiębiorstwa oraz związków pomiędzy konstrukcją danego elementu i strukturą procesu technologicznego. Analiza ta prowadzi do ustalenia problemów decyzyjnych, których rozwiązanie wymaga określonych zasobów wiedzy (rys. 2).



Rys. 2. Schemat podziału procesu technologicznego na etapy i problemy decyzyjne

Proces rozwiązywania problemów decyzyjnych wymaga utworzenia dopuszczalnych wariantów rozwiązań z punktu widzenia:

- możliwości technologicznych systemu wytwarzania,
- opłacalności produkcji w zakresie minimalizacji kosztów produkcji i czasu jednostkowego obróbki.

Warianty tworzone są na różnych etapach projektowania procesu technologicznego i dotyczą zasadniczo rozwiązania kwestii związanych z doбором:

- materiałów wejściowych do produkcji,
- operacji technologicznych,
- stanowisk technologicznych na których jest przeprowadzana dana operacja,
- zabiegów technologicznych związanych z obróbką danego elementu
- oprzyrządowania technologicznego, niezbędnego do realizacji operacji technologicznej.

Można zauważyć, że liczba dopuszczalnych wariantów rozwiązań wzrasta w miarę jak zwiększa się poziom szczegółowości projektowania procesu technologicznego. Zróżnicowanie wariantów wynika z analizy stopnia skomplikowania postaci konstrukcyjnej gotowego elementu, możliwości wytwórczych parku maszynowego danego przedsiębiorstwa oraz zestawu dopuszczalnych narzędzi skrawających, przyrządów i uchwytów obróbkowych stosowanych na danym stanowisku technologicznym [8].

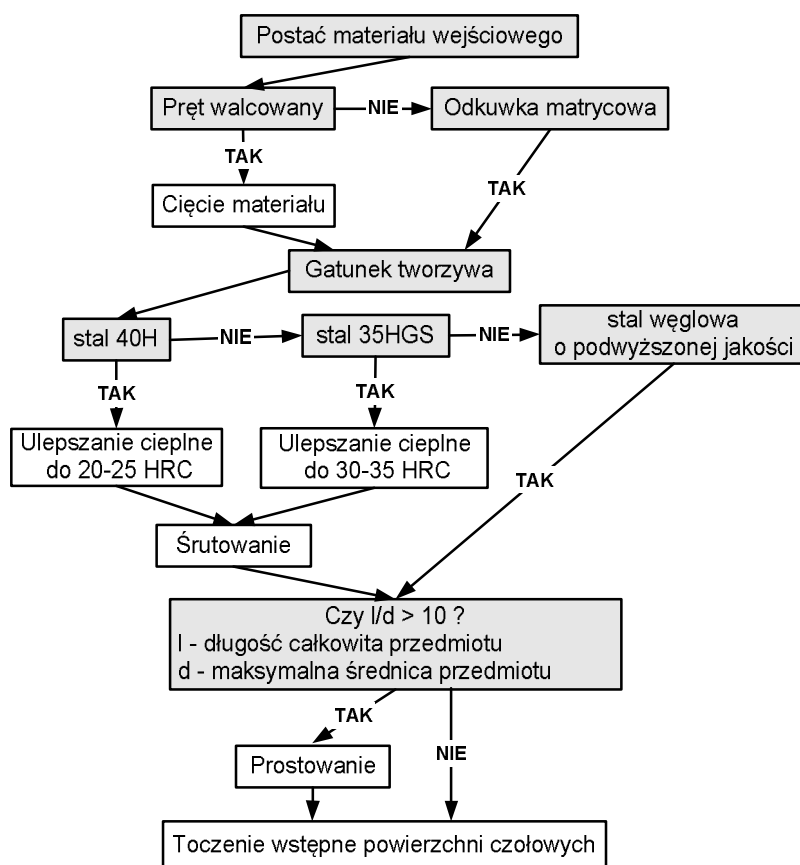
4. Przykłady budowy klasycznych tablic decyzyjnych

W celu budowy tablicy decyzyjnej dla wybranego problemu decyzyjnego należy najpierw opracować procedurę wyboru najlepszego wariantu, spośród wariantów dopuszczalnych. Analizowane są przy tym istniejące w wybranym przedsiębiorstwie

kryteria i ograniczenia. 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 technologicznej oraz konsultacji z ekspertami, zajmującymi się projektowaniem procesów technologicznych.

Procedura rozwiązania problemu decyzyjnego może bazować na strukturze drzewa decyzyjnego. Podstawową cechą tej struktury jest graficzne przedstawienie procesu podejmowania decyzji. W węzłach drzewa decyzyjnego umieszcza się warunki, na podstawie których będzie rozwiązywany problem oraz działania, będące konkretnymi rozwiązaniami problemu. Na gałęziach umieszcza się wartości logiczne, związane z przyjęciem lub odrzuceniem węzłów drzewa. Struktura drzewa odpowiada budowie klasycznych reguł wnioskowania: *Jeżeli <warunki> to <działania>*, a zaletą przy tym jest to, że w sposób obrazowy przedstawia proces podejmowania decyzji. Dzięki temu podejmowanie decyzji jest ułatwione, ponieważ rozpoczynając od wierzchołka drzewa, polega na przechodzeniu pomiędzy poszczególnymi węzłami drzewa na podstawie przyjętych wartości logicznych, aż do jego podstawy.

Na rys. 3 zaprezentowano przykładową strukturę drzewa wariantów, które zostało opracowane dla etapu decyzyjnego związanego z doбором obróbki wstępnej wybranych elementów maszyn.



Rys. 3. Drzewo wariantów dla doboru obróbki wstępnej

W tym przypadku dobór obróbki wstępnej uzależniony jest od warunków związanych z postacią konstrukcyjną materiału wejściowego (pręt walcowany, odkuwka matrycowa), gatunkiem tworzywa, z którego produkowany jest element (stal 40H, 35HGS lub inna stal węglowa o podwyższonej jakości) oraz zależnościami pomiędzy wymiarami gabarytowymi elementu (całkowitej długości i maksymalnej średnicy). Działania zamieszczone w węzłach drzewa przedstawiają rodzaj operacji technologicznych (np. cięcie materiału, ulepszanie cieplne itp.), wchodzących w skład procesu obróbki wstępnej elementu. Istotne jest ich logiczne uporządkowanie w kolejności wynikającej z przyjętych wcześniej warunków, np. cięcie materiału przeprowadza się tylko dla prętów walcowanych, a śrutowanie nie może być wykonane przed ulepszeniem cieplnym.

Analiza drzewa decyzyjnego prowadzi do opracowania zbioru reguł projektowania procesu technologicznego, które przedstawiają zależności pomiędzy warunkami i działaniami. Reguły te umieszczane są w tablicy decyzyjnej co pokazano w tab. 1.

Tab. 1. Przykład opracowania tablicy decyzyjnej dla doboru obróbki wstępnej

		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
C1	Czy materiałem wejściowym jest pręt walcowany ?	T	T	T	T	T	T	N	N	N	N	N	N
C2	Czy materiałem wejściowym jest odkuwka matrycowa ?							T	T	T	T	T	T
C3	Czy element wykonany jest ze stali 40H ?	T	T	N	N	N	N	T	T	N	N	N	N
C4	Czy element wykonany jest ze stali 35HGS ?			T	T	N	N			T	T	N	N
C5	Czy element wykonany jest ze stali węglowej o podwyższonej jakości ?					T	T					T	T
C6	Czy stosunek długości całkowitej do maksymalnej średnicy elementu jest większy od 10 ?	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N
D1	Cięcie materiału	T	T	T	T	T	T						
D2	Ulepszanie cieplne do twardości 20-25 HRC	T	T					T	T				
D3	Ulepszanie cieplne do twardości 30-35 HRC			T	T					T	T		
D4	Śrutowanie materiału	T	T	T	T			T	T	T	T		
D5	Prostowanie materiału	T		T		T		T		T		T	
D6	Toczenie wstępne powierzchni czołowych	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
EXIT		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

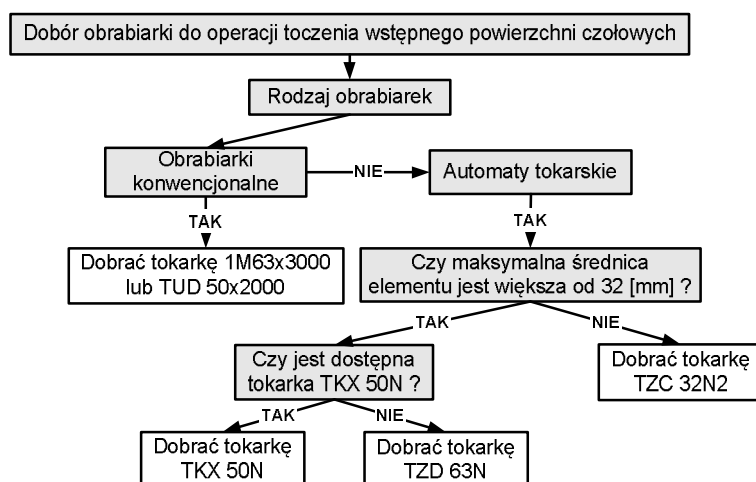
Zaprezentowana budowa tablicy odpowiada strukturze tablic decyzyjnych opisanych w punkcie 2 oraz przedstawionej na rys. 1. Odpowiednie warunki umieszczono w wierszach C1÷C6, a mianowicie warunki dotyczące: postaci konstrukcyjnej materiału wejściowego (C1, C2), gatunku tworzywa, z którego produkowany jest element (C3, C4, C5) oraz zależności pomiędzy wymiarami gabarytowymi elementu (C6). W wierszach D1÷D6 umieszczono odpowiednie działania związane z wyborem rodzaju operacji technologicznych. Operacje te obejmują obróbkę skrawaniem (D1, D6), obróbkę cieplną (D2, D3), czyszczenie materiału (D4) i obróbkę plastyczną (D5).

Reguły projektowania zapisane w kolumnach R1÷R12, uzyskano poprzez kojarzenie wartości logicznych spełnienia bądź niespełnienia warunków oraz wymaganych działań do realizacji procesu technologicznego obróbki wstępnej. Można zauważyć, że części warunkowe i działaniowe tych reguł są wieloelementowe. Elementy budowy reguł połączone są operatorami koniunkcji, co upraszcza zapis wiedzy potrzebnej do projektowania procesów technologicznych. Poniżej przedstawiono interpretację przykładowych reguł projektowania zapisanych w tablicy decyzyjnej:

R1: **Jeżeli** materiałem wejściowym jest pręt walcowany i element wykonany jest ze stali 40H i stosunek długości całkowitej do maksymalnej średnicy jest większy od 10 **to** proces technologiczny obejmuje: Cięcie materiału i Ulepszanie cieplne do twardości 20-25 HRC i Śrutowanie i Prostowanie i Toczenie wstępne powierzchni czołowych

R11: **Jeżeli** materiałem wejściowym jest odkuwka matrycowa i element wykonany jest ze stali węglowej o podwyższonej jakości i stosunek długości całkowitej do maksymalnej średnicy jest większy od 10 **to** proces technologiczny obejmuje: Prostowanie materiału i Toczenie wstępne powierzchni czołowych

Tablica decyzyjna zawiera wiersz EXIT, w którym umieszczono logiczne wartości wyjściowe używane do połączenia z innymi elementami reprezentacji wiedzy. W tym przypadku są to części warunkowe reguł, które są stosowane w doborze stanowisk do konkretnych operacji wybranych na podstawie tablicy decyzyjnej. Na rys. 4 przedstawiono drzewo decyzyjne dla doboru stanowisk do toczenia powierzchni czołowych.



Rys. 4. Drzewo decyzyjne dla doboru obrabiarek do obróbki wstępnej

Dobór stanowisk technologicznych uzależniony jest od warunków związanych z: rodzajem obrabiarek (konwencjonalne lub numeryczne), maksymalną średnicą elementu oraz dostępnością danego stanowiska w momencie rozwiązywania problemu. Działania umieszczone w węzłach drzewa przedstawiają symbol dobranej obrabiarki, będącej na wyposażeniu konkretnego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Analiza drzewa decyzyjnego pozwala na opracowanie elementów tablicy decyzyjnej pokazanych w tab. 2, w której zostają umieszczone reguły projektowania dla doboru stanowisk do wstępnego toczenia powierzchni czołowych elementu.

Tab. 2. Przykład tablicy decyzyjnej dla doboru stanowisk do obróbki wstępnej

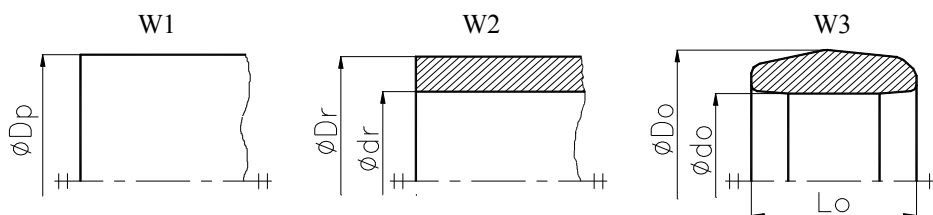
		R1	R2	R3	R4
C1	Czy dobierana jest obrabiarka do operacji toczenia wstępnego powierzchni czołowych ?	T	T	T	T
C2	Czy dobierane będą obrabiarki konwencjonalne ?	T	N	N	N
C3	Czy dobierane będą automaty tokarskie ?		T	T	T
C4	Czy maksymalna średnica elementu jest większa od 32 [mm] ?		T	T	N
C5	Czy jest dostępna tokarka TKX 50N ?		T	N	
D1	Dobrać tokarkę: 1M63x3000 lub TUD 50x2000	T			
D2	Dobrać tokarkę TKX 50N		T		
D3	Dobrać tokarkę TZD 63N			T	
D4	Dobrać tokarkę TZC 32N2				T
EXIT		T	T	T	T

W tablicy tej zamieszczono również wiersz EXIT, który może stanowić połączenie z inną tablicą, np. z regułami projektowania zabiegów w poszczególnych operacjach technologicznych. Prowadzi to do utworzenia sieci tablic decyzyjnych, dzięki którym jest możliwa dekompozycja problemu decyzyjnego na mniejsze części zadaniowe.

5. Przykład opracowania modalnej tablicy decyzyjnej

Wiele działań projektanta procesów technologicznych ma charakter przybliżony. To przybliżenie, zwane również niepewnością, rozumie się jako brak pełnej informacji do podjęcia rozpatrywanej decyzji. Opracowanie reprezentacji wiedzy technologicznej o problemach rozwiązywanych w sposób przybliżony wymaga zastosowania logiki rozmytej (zamiast klasycznej logiki dwuwartościowej). Tablice decyzyjne, które zawierają elementy bazujące na logice rozmytej przyjęto nazywać jako *modalne tablice decyzyjne*.

W tym rozdziale zostanie przedstawiony przykład wyboru wariantu materiału wejściowego do produkcji elementu obrotowosymetrycznego. Możliwe warianty materiałów wejściowych przedstawiono na rys. 5. Analiza procesów przygotowania produkcji prowadzi do stwierdzenia, że wybór ten w głównej mierze uzależniony jest od wielkości produkcji określonej liczbą n produkowanych elementów.

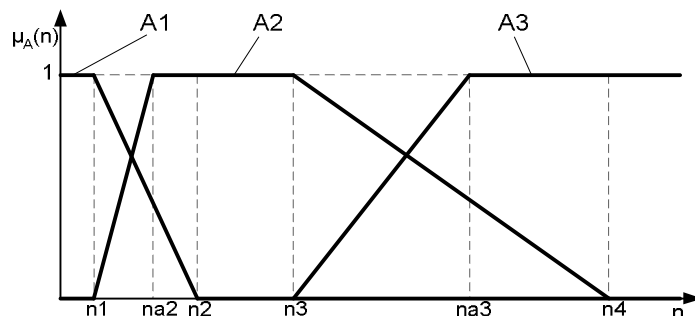


Rys. 5. Możliwe warianty materiałów wejściowych; W1 - pręt walcowany, W2 - rura grubościenna, W3 - odkuwka matrycowa

Przyjmując kryterium minimalizacji kosztów produkcji można zauważyć, że w pewnych przedziałach wybór ten nie jest jednoznaczny i zachodzi potrzeba wprowadzenia elementów logiki rozmytej w celu określenia stosowności danego wariantu. Opracowano zbiory rozmyte, przedstawiające wielkość produkcji danego elementu w zależności od wariantu technologicznego. Utworzono następujące zbiory rozmyte:

- A1 - wielkość produkcji elementu według wariantu W1
- A2 - wielkość produkcji elementu według wariantu W2
- A3 - wielkość produkcji elementu według wariantu W3

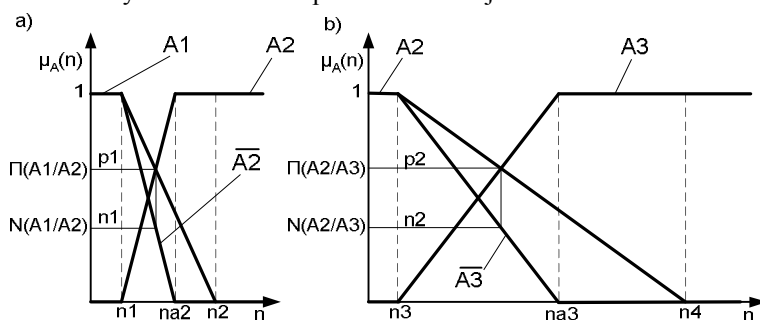
Każdy ze zbiorów został zdefiniowany przez funkcję przynależności $\mu_A(n)$, której wartość zależna jest od liczby n produkowanych elementów. Wykresy funkcji przynależności dla przyjętych zbiorów rozmytych wariantów technologicznych przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6. Wykresy funkcji przynależności zbiorów rozmytych wariantów technologicznych

Wartość funkcji przynależności określa przedziały liczbowe charakteryzujące przynależność elementu do zbioru, w tym przypadku liczby produkowanych elementów. Wykresy funkcji $\mu_A(n)$ pozwalają stwierdzić, że dla liczby produkowanych elementów w przedziałach: $(0; n1>$, $<n2; n3>$ oraz $<n4; +\infty)$ wartość funkcji $\mu_A(n)$ wynosi 1, czyli element należy całkowicie do zbioru. Z tego można wnioskować o jednoznaczności wyboru wariantu technologicznego. W przedziałach: $(n1; n2)$ oraz $(n3; n4)$ wartość funkcji $\mu_A(n) < 1$, czyli przynależność elementu jest częściowa. Wybór wariantu nie jest już jednoznacznie określony. Należy więc przyjąć odpowiednie stwierdzenia orzekające o trafności wyboru, które zakładają możliwość i pewność wyboru danego wariantu. W tym przypadku przyjęto stwierdzenie związane z porównaniem postaci konstrukcyjnej danego wariantu materiału wejściowego z postacią konstrukcyjną gotowego elementu. Dla takiego

stwierdzenia wyznaczone są wartości stopni możliwości Π i stopni pewności N danego rozwiązania. Na rys. 7 przedstawiono graficzną metodę wyznaczania wartości tych stopni dla wyboru określonych wariantów w przedziałach niejednoznaczności.



Rys. 7. Graficzne wyznaczenie stopni możliwości i pewności stwierdzeń dla wyboru: a) wariantu W2, b) wariantu W3

Na rys. 7a widać, że w przedziale $(n1, n2)$ występują dwa warianty możliwe do wyboru. Na podstawie ustaleń ważności tych wariantów przyjęto, że bardziej preferowany jest wariant W2, wobec tego przyjęto stwierdzenie o możliwości i pewności tego wyboru. Wyznaczono odpowiednie stopnie możliwości i pewności tego stwierdzenia: $\Pi(A1/A2) = p1$ oraz $N(A1/A2) = n1$. W przedziale $(n3, n4)$ możliwe do wyboru są także dwa warianty, przy czym tutaj preferowany jest wariant W3 (rys. 7b). Odpowiednie wartości stopni stwierdzenia dla takiego wyboru wynoszą: $\Pi(A2/A3) = p2$ oraz $N(A2/A3) = n2$. Wartości wyznaczonych stopni zostają wprowadzone w części warunkowe reguł projektowania. Ogólna postać tych reguł przedstawia się następująco:

JEŻELI <liczba produkowanych elementów> **i** <stwierdzenie o możliwości i pewności wyboru wariantu> **TO** <zastosować wariant W_i >

Zapis stwierdzenia zawiera parę liczb $\langle n p \rangle$, gdzie n jest wartością stopnia pewności, zaś p - wartością stopnia możliwości stwierdzeń. W celu zbadania, czy dane stwierdzenie jest spełnione zastosowano tzw. stałe lingwistyczne badania warunku, które także zapisywane są za pomocą pary liczb $\langle n p \rangle$. Przykładowe wartości stałych lingwistycznych oraz odpowiadające im wartości stopni możliwości i pewności pokazano w tab. 3. Pary liczb wyznaczonych stopni porównywane są z wartościami stopni dla stałych lingwistycznych i jeżeli mieszczą się w zakresie danej stałej to wówczas zostaje ona wybrana do zapisu reguły projektowania. Opracowaną modalną tablicę decyzyjną dla zapisu wiedzy z zakresu doboru materiału wejściowego przedstawiono w tab. 4.

Tab. 3. Przykładowy zbiór stałych lingwistycznych

Nazwa stałej lingwistycznej	Wartości stopni możliwości i pewności stwierdzeń
<i>na pewno tak</i>	$\langle 1 \ 1 \rangle$
<i>prawie tak</i>	$\langle 0,7 \ 1 \rangle$
<i>raczej tak</i>	$\langle 0,4 \ 1 \rangle$
<i>raczej nie</i>	$\langle 0 \ 0,6 \rangle$
<i>prawie nie</i>	$\langle 0 \ 0,3 \rangle$
<i>na pewno nie</i>	$\langle 0 \ 0 \rangle$

Tab. 4. Przykład modalnej tablicy decyzyjnej dla doboru materiału wejściowego

		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
C1	Czy liczba produkowanych elementów jest równa lub mniejsza od n1?	T	N	N	N	N	N	N
C2	Czy liczba produkowanych elementów jest większa od n1 i mniejsza od n2 ?		T	T	N	N	N	N
C3	Czy liczba produkowanych elementów jest równa lub większa od n2 i równa lub mniejsza od n3 ?				T	N	N	N
C4	Czy liczba produkowanych elementów jest większa od n3 i mniejsza od n4 ?					T	T	N
C5	Czy liczba produkowanych elementów jest równa lub większa od n4 ?							T
C6	Czy dobierany jest materiał wejściowy o postaci zbliżonej do postaci gotowego elementu ?		n1 1	0 p1		n2 1	0 p2	
D1	Dobrać pręt walcowany o średnicy Dp	T		T				
D2	Dobrać rurę grubościenną o średnicy zewnętrznej Dr i średnicy wewnętrznej dr		T		T		T	
D3	Dobrać odkuwkę matrycową o wymiarach Do, do i Lo					T		T
EXIT		T	T	T	T	N	T	N

W przedstawionej tablicy część warunkowa reguł projektowania dotycząca stwierdzenia została zapisana w wierszu C6. Występuje tu zapis w postaci pary liczb, takich jak: $(n1\ 1)$, $(0\ p1)$, $(n2\ 1)$ i $(0\ p2)$, zawierający wyznaczone wartości stopni możliwości i pewności stwierdzeń. Reguły projektowania zapisano w kolumnach tablicy o symbolach R1÷R7. Kolumny R1, R4 i R7 zawierają reguły dokładne, np.:

R4: **Jeżeli** liczba produkowanych elementów jest równa lub większa od n2 i równa lub mniejsza od n3 **to** dobrać rurę grubościenną o średnicy zewnętrznej Dr i średnicy wewnętrznej dr

W kolumnach R2, R3, R5 i R6 zamieszczono reguły projektowania dla wyboru wariantu w warunkach niejednoznaczności. W zależności od konkretnych wartości stopni stwierdzenia reguła może być zapisana następująco:

R5: **JEŻELI** liczba produkowanych elementów jest większa od n3 i jest mniejsza od n4 i postać materiału wejściowego powinna być prawie zbliżona do postaci gotowego elementu **TO** dobrać odkuwkę matrycową o wymiarach Do, do i Lo

W tabeli występuje również wiersz EXIT zawierający logiczne wartości wyjściowe, które można połączyć z procedurami ustalania cech konstrukcyjnych materiałów wejściowych.

6. Podsumowanie

Opracowane tablice decyzyjne można zastosować w procesie implementacji systemu wspomagania decyzji. Proces ten jest ukierunkowany na komputerowe przetwarzanie elementów wiedzy i wiąże się z wykorzystaniem i zachowywaniem wiedzy. Struktura wiedzy w postaci reguł projektowania zostaje wprowadzona do bazy wiedzy systemu. W opracowaniu tablic decyzyjnych należy zwrócić uwagę na właściwą kolejność zapisu wierszy i kolumn, gdyż ma to wpływ na kolejność generowania pytań i odpowiedzi do użytkownika w trakcie działania systemu.

Zamieszczone przykłady tablic decyzyjnych stanowią reprezentację wiedzy technologicznej. Do podstawowych zalet tej reprezentacji należy możliwość grupowania elementów wiedzy według wyróżnionych etapów i problemów decyzyjnych. Dzięki temu zostaje wprowadzona sieć tablic połączonych wartościami logicznymi. Istotną zaletą jest również to, że w regułach stosowane są operatory koniunkcji, co upraszcza zapis wiedzy.

Podstawą opracowania modalnych tablic decyzyjnych jest prawidłowe zdefiniowanie zbiorów rozmytych oraz odpowiednie wyznaczenie funkcji przynależności dla wybranych wariantów technologicznych. Podstawową zaletą takiej reprezentacji wiedzy jest uwzględnienie wielowariantowości rozwiązań oraz przybliżenia rozwiązywania problemów decyzyjnych.

Literatura

1. Knosala R. i zespół: Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
2. Kowalczyk A., Nogalski B.: Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2007.
3. Trajer J., Paszek A., Iwan S.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
4. Kobyłko G., Morawski M.: Przedsiębiorstwo zorientowane na wiedzę. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2006.
5. Jashapara A.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2006.
6. Koziarska A., Partyka M.A., Stanik-Besler A.: Wybrane zagadnienia minimalizacji wielowartościowych funkcji logicznych w strukturalizacji procesów decyzyjnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2005.
7. Partyka M.A.: Metodologia projektowania – wybrane zagadnienia projektowania technicznego. Skrypt nr 239, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2001.
8. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część II: Przykład, Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 1/2011, s. 35-43.

Prof. dr hab. Marian A. PARTYKA
Dr inż. Alfred PASZEK
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów
Katedra Inżynierii Wiedzy
Politechnika Opolska
45-370 Opole, ul. Ozimska 75
e-mail: a.paszek@po.opole.pl