

Marcin MATUSZNY*, Mirosław OSTROWSKI**



WYKORZYSTANIE SYSTEMU EKSPERCKIEGO W PROCESIE OBRÓBK SKRAWANIEM NA PRZYKŁADZIE DOBORU NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH DO WYTWARZANIA USZCZELEK METALOWYCH SPECJALNEGO ZASTOSOWANIA

Streszczenie

W rozdziale przedstawiono możliwości wykorzystania systemów eksperckich w procesie obróbki skrawaniem oraz budowę bazy wiedzy związanej z technologicznym przygotowaniem procesu produkcyjnego, opracowanie zbioru uczącego i indukcję drzew decyzyjnych w celu pozyskania wiedzy produkcyjnej. Jako przykład wykorzystano problem doboru narzędzi skrawających do wytwarzania uszczelek metalowych specjalnego zastosowania w przedsiębiorstwie, należącym do grona wyspecjalizowanych producentów uszczelnień dla przemysłu energetycznego i petrochemicznego.

7.1. WPROWADZENIE

Udział kształtowania elementów maszyn metodami obróbki skrawaniem, między innymi przez toczenie, frezowanie, wiercenie, struganie, przeciąganie, sięga nawet 70% wśród technologii wytwarzania, a w przemyśle maszynowym wynosi około 50%. Udział ten zmniejsza się jednak systematycznie, w miarę wprowadzania technologii dokładnościowych, polegających na projektowaniu procesu technologicznego w ten sposób, aby kształt i wymiary półproduktu były bardzo zbliżone do ostatecznych, przez co zmniejszeniu ulega zakres obróbek wykończających i zredukowane są nadatki technologiczne, co wpływa na skrócenie czasów technologicznych i zmniejszenie ogólnych kosztów wytwarzania [1, 16].

W pełni funkcjonalne systemy ekspertowe zaczęto wykorzystywać na przełomie lat 70. i 80. XX wieku. Stanowiły one wówczas nowe narzędzie komputerowego wspomaganie procesu diagnostycznego, a także decyzyjnego. Jednym z pierwszych obszarów, którego dotyczyły rozstrzygnięcia systemów ekspertowych, była medycyna

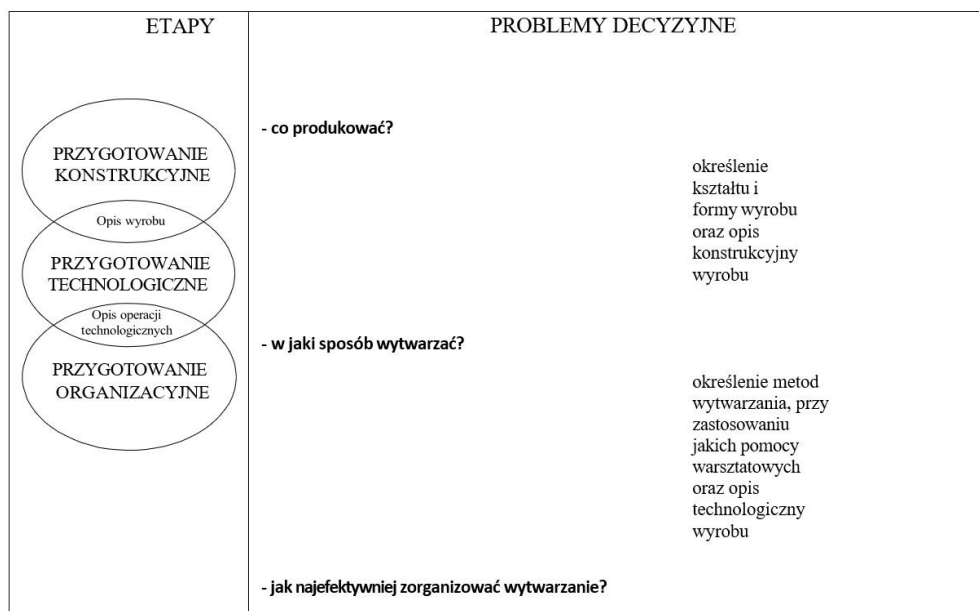
* mgr inż., Uniwersytet Bielsko-Bialski, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Katedra Inżynierii Produkcji, mmatuszny@ubb.edu.pl

** inż., student kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, Uniwersytet Bielsko-Bialski

(diagnoza chorób na podstawie charakterystycznych objawów), kolejnym – konfiguracja i diagnozowanie systemów komputerowych. Z czasem pojawiły się zastosowania systemów ekspertowych w dziedzinach, takich jak ekonomia, finanse, ubezpieczenia. Ugruntowało to ich pozycję jako inteligentnych programów komputerowych o bardzo wąskiej specjalizacji, dających poprawne rozwiązania w sytuacjach, w których wcześniej korzystano tylko z wiedzy, doświadczenia, a niekiedy intuicji ekspertów. Zarysowana wówczas wyraźnie tendencja tworzenia systemów o dużym stopniu specjalizacji, uwzględniających w swoim działaniu wszechstronną wiedzę w określonej wąskiej dziedzinie, trwała do końca lat 90 [5].

7.2. ZASTOSOWANIE SYSTEMÓW EKSPERCKICH W PROCESACH PRODUKCYJNYCH

W przygotowaniu produkcji na każdym z jej etapów rodzą się problemy decyzyjne, które ze względu na konieczność elastycznego reagowania na potrzeby rynku oraz zapewnienia przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa należy szybko rozwiązać (rys. 7.1.).



Rys. 7.1. Przebieg procesu przygotowania produkcji i występujące w nim problemy decyzyjne (opracowanie własne na podstawie [4])

Potrzeba stosowania systemów ekspertowych w procesach przygotowania produkcji wynika więc z konieczności szybkiej reakcji na pojawiające się w toku produkcji zakłócenia, a także dynamicznie zmieniające się stany wejścia systemu produkcyjnego

(nowe zlecenia, zlecenia priorytetowe). Systemy ekspertowe mogą odgrywać w tym zakresie rolę wydajnego narzędzia wspomagającego decyzje [18].

Systemy ekspertowe mogą wspomagać proces podejmowania decyzji na podstawie rozpoznania i analizy wszystkich dostępnych informacji dotyczących problemu, a następnie oszacować rozstrzygnięcia oraz przedstawić wybór optymalnego rozwiązania [17].

Szczególnie istotne jest to, że system ekspertowy jako narzędzie wspomagające decyzje może odwzorować, oprócz czynników ilościowych, wiele czynników o jakościowym i opisowym charakterze, których odwzorowanie za pomocą modeli matematycznych jest niemożliwe lub bardzo utrudnione. Postępowanie takie jest zgodne z najnowszymi trendami łączenia metod modelowo-symulacyjnych, w tym klasycznych metod numerycznych (ilościowych), z metodami jakościowej oceny rozwiązań. Również częste występowanie w procesach przygotowania produkcji problemów słabo lub całkowicie nieustrukturalizowanych utrudnia zastosowanie dotychczasowych standardowych programów wspomaganie komputerowego [6].

Dodatkowo możliwość wielokrotnego wykorzystania systemu ekspertowego przy podejmowaniu konkretnej decyzji z uwzględnieniem za każdym razem innych stanów wejścia daje uniwersalne narzędzie o symulacyjnym charakterze.

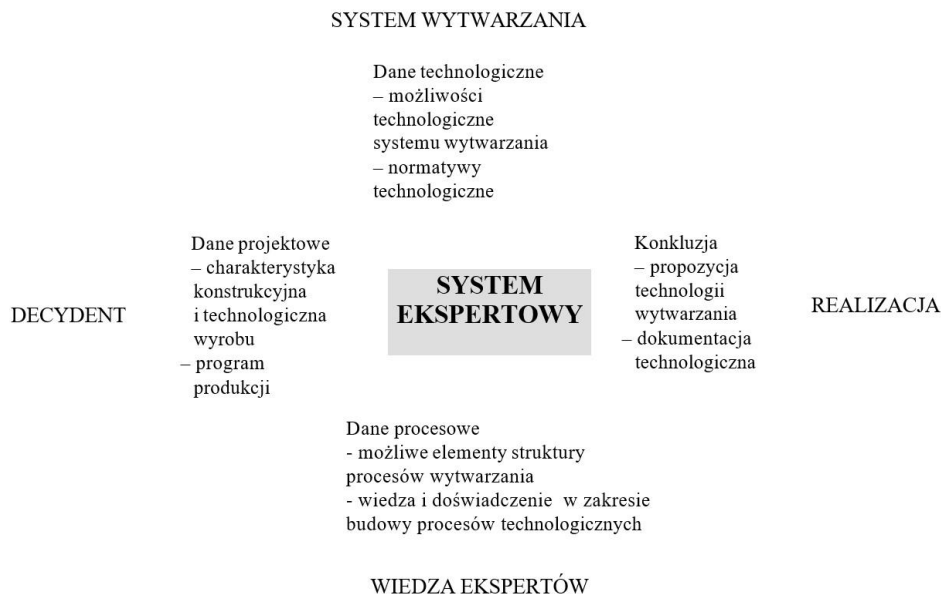
Kolejnym atutem jest obiektywizacja procesu podejmowania decyzji, polegająca na pozbawieniu zniekształceń sądów, ugruntowaniu niezależności oceny, poszerzeniu zakresu dokładności konkluzji.

Jedną z możliwości wykorzystania zalet systemu ekspertowego w zakresie przygotowania produkcji może być proces doboru technologii wytwarzania. Proces ten powinien być opisany następującymi cechami: bardzo dobrym dostępem do danych historycznych, wystarczającą i niezbędną liczbą kryteriów i ograniczeń technicznych, stosunkowo dużą jednoznacznością rozstrzygnięć na podstawie kryteriów i ograniczeń technicznych, powtarzalnością sytuacji decyzyjnych [19].

Funkcjonowanie systemu musi być zatem oparte na wprowadzanych przez użytkownika informacjach o problemie decyzyjnym oraz analizie danych technologicznych danego systemu wytwarzania. Wybór technologii wytwarzania zależeć będzie od możliwości w zakresie technologicznego przygotowania produkcji oraz potrzeb wynikających z zadania projektowego. Decydent poprzez interfejs użytkownika wprowadza do pamięci systemu ekspertowego niezbędne informacje odpowiadając na pytania ze strony programu, a w wyniku ich przetworzenia otrzymuje rozwiązanie pasujące do wymagań projektowych oraz możliwe do zrealizowania w danym zakładzie produkcyjnym. Konkluzja powinna być podstawą do opracowania dokumentacji technologicznej lub w wypadku bardziej zaawansowanych systemów zawierać taką dokumentację [7].

Samo rozstrzygnięcie systemu ekspertowego, jaką technologią należy wykonać dany wyrób, sprowadzać się może do zadania klasyfikacji, tj. sytuacji, w której system ma rozpoznać klasę, do której należy obiekt opisany wektorem jednoznacznie określonych cech. Przy czym pojęcie klasy należy traktować w sposób praktyczny, tzn. taki, w którym użytkownik jest w stanie jednoznacznie zdefiniować zbiór klas przed

rozpoczęciem procesu rozumowania systemu. Problem ten można określić jako swego rodzaju klasyfikację wielokryterialną, gdyż każdy obiekt-wyrób można opisać za pomocą wektora cech, a dla każdej cechy określić jednoznacznie zbiór możliwych wartości [18]. Jednocześnie możliwe jest podanie dla pewnej próby uczącej, obejmującej możliwie szerokie spektrum różnych wyrobów, najkorzystniejszego sposobu wykonania [8]. Schemat doboru technologii wytwarzania wspomaganego systemem ekspertowym przedstawiono na rysunku 7.2.



Rys. 7.2. Schemat doboru technologii wytwarzania wspomaganego systemem ekspertowym [2]

Zastosowanie systemów ekspertowych jako narzędzia wspomagającego decyzje w procesach przygotowania produkcji może dać przewagę w rywalizacji o pierwszeństwo we wprowadzaniu wyrobu na rynek. Godne polecenia są systemy ekspertowe o hybrydowej architekturze, które dzięki kooperacji różnych przejawów sztucznej inteligencji z programami przetwarzania ilościowego, zastąpić mogą jednego, a czasem nawet kilku ekspertów. Hybrydowość może obejmować również kooperację pomiędzy różnymi elementami sztucznej inteligencji, takimi jak sztuczne sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, opierającymi się na niesymbolicznym przetwarzaniu informacji. Techniki bazujące na łączeniu przetwarzania niesymbolicznego, stosowanego dla szerokiej klasy problemów identyfikacji, optymalizacji oraz uczenia, z tradycyjnymi regułowymi systemami ekspertowymi doprowadziły do stworzenia takich narzędzi hybrydowych, które przy odpowiedniej konstrukcji cechują się większym potencjałem intelektualnym, niż wynika to z funkcjonalności systemów składowych rozpatrywanych osobno [9, 10].

Dodatkowym atutem jest fakt, że rozwiązanie takie jest tańsze niż rozbudowane systemy zarządzania typu ERP, szczególnie gdy korzysta się z pakietów szkieletowych,

wstępnie przygotowanych przez producenta, a następnie dostosowywanych do wymagań danego przedsiębiorstwa przez jego pracowników [2].

Wszystko to wpływa na szybkość i trafność w podejmowaniu decyzji, niewątpliwie będąc podstawą przewagi konkurencyjnej. Dodatkowo, możliwość wielokrotnego wykorzystywania systemu hybrydowego przy podejmowaniu konkretnej decyzji z uwzględnieniem za każdym razem innych stanów wejścia daje uniwersalne narzędzie o symulacyjnym charakterze [11].

Należy podkreślić, że wykorzystanie systemu ekspertowego o architekturze hybrydowej szczególnie w zakresie decyzji związanych z procesem przygotowania produkcji, może wpłynąć na skrócenie czasu cyklu tego procesu, daje możliwość przeanalizowania większej liczby przypadków, co w połączeniu z możliwością korzystania z danych historycznych pozwala lepiej dostosować się do potrzeb klientów [9].

7.3. PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA SYSTEMU EKSPERTSKIEGO W PROCESIE OBRÓBKII SKRAWANIEM NA PRZYKŁADZIE DOBORU NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH DO WYTWARZANIA USZCZELEK METALOWYCH SPECJALNEGO ZASTOSOWANIA

7.3.1. Założenia

W badaniach opracowano system ekspertowy dla doboru narzędzi skrawających do wytwarzania uszczelki metalowych specjalnego zastosowania z wykorzystaniem indukcji drzew decyzyjnych.

Projektowanie procesu technologicznego podzielone jest na etapy. Pierwszy etap to dobór półfabrykatu. Kolejno projektowana jest struktura procesu technologicznego, czyli kolejność operacji technologicznych. Następnie dla każdej operacji technologicznej dobierane jest oprzyrządowanie przedmiotowe, obrabiarka, narzędzie, uchwyt narzędziowy oraz parametry obróbki [20].

Opracowanie struktury operacji technologicznej polega na określeniu rodzaju i kolejności zabiegów technologicznych dokumentem technologicznym opracowanym przez technologa w produkcji seryjnej i masowej jest karta instrukcyjna operacji. Karta instrukcyjna przeznaczona jest dla pracownika wykonującego daną operację i powinna zawierać najważniejsze informacje potrzebne do jej realizacji. Spełnia ona wiele funkcji a mianowicie:

- podaje wytyczne do przygotowania stanowiska wytwarzania i realizacji operacji,
- stanowi podstawę projektowania oprzyrządowania specjalnego,
- stanowi podstawę opracowania normy czasu operacji,
- podaje zbiorczy wykaz oprzyrządowania technologicznego.

Ponieważ w projekcie procesu technologicznego występują różne operacje, w praktyce stosowanych jest wiele wzorów kart instrukcji technologicznych. Można wyróżnić następujące operacje: obróbka mechaniczna, obróbka na automatach, obróbka cieplna, obróbka plastyczna, kontrola techniczna itd.

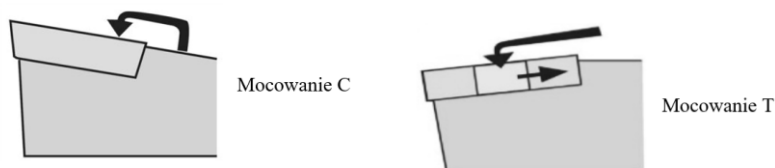
W badaniach skupiono się na zagadnieniu doboru narzędzi skrawających. Narzędzie skrawające to element stanowiska wytwarzania, którego zadaniem jest uzyskanie powierzchni obrobionej z wymaganą dokładnością wymiarową oraz wymaganą chropowatość.

Przy doborze i projektowaniu narzędzi należy się kierować takimi czynnikami jak:

- sposób obróbki,
- program produkcji przedmiotu,
- materiał przedmiotu obrabianego,
- typ obrabiarki,
- stopień obróbki,
- kształt i wymiary powierzchni po obróbce.

7.3.2. Baza wiedzy technologicznej dla procesu obróbki skrawaniem

Podstawową bazą wiedzy technologicznej dla procesu obróbki skrawaniem są polskie normy. Szczególnie normy: Polska norma PN-93/M-01006, PN-89/M-58902, PN-75/M-58352 które dotyczą płytek skrawających oraz noży tokarskich [12, 13, 14]. Wykorzystuje się również katalogi firm wiodących na rynku narzędzi do obróbki skrawaniem, takich jak Sandvik Coromant lub Walter Mastermet [3, 15]. Płytki bywają uniwersalne, można je stosować do obróbki zgrubnej jak i średnio dokładnej. Duże znaczenie ma także mocowanie płytki w nożu tokarskim składanym, które pozwala wykorzystać jeden typ płytki do kilku rodzajów obróbek (mocowanie C, T, M, P, S). Przykład mocowania C i T przedstawiono na rysunku 7.3.



Rys. 7.3 Przykłady mocowania płytki skrawającej [3]

7.3.3. Opracowanie zbioru uczącego

Wykorzystując rzeczywiste dane o doborze płytek skrawających z przedsiębiorstwa produkcyjnego oraz kryteria ich doboru został przygotowany plik uczący, który następnie posłużył do budowy drzewa decyzyjnego.

W tabeli 7.1 przedstawiono atrybuty istotne dla doboru płytek, które będą wykorzystane do tworzenia pliku uczącego.

W przedsiębiorstwie oprócz podstawowych rodzajów obróbki, stosuje się jeszcze obróbkę średnią oraz bardzo dokładną w celu uniknięcia odkształceń detali z powodu wysokiej temperatury obróbki, pomimo stosowania cieczy chłodzących.

Przykładowe typy płytek skrawających stosowanych w przedsiębiorstwie podano poniżej w tabeli 7.2.

Tabela 7.1. Atrybuty do pliku uczącego [opracowanie własne]

nazwa atrybutu					
chropowatość	Ra 40	Ra 10	Ra 5	Ra 2,5	Ra 1,25
rodzaj obróbki	zgrubna	średnia	dokładna	bardzo dokładna	wykańczająca
gatunek materiału	stal węglowa	Alloy	stal niestopowa	stal stopowa	stal nierdzewna
rodzaj półproduktu	blacha	pręt	walek	odkuwka	tuleja

Tabela 7.2. Typy obróbki i płytki skrawające [opracowanie własne]

Rodzaj obróbki	Stal węglowa	Nierdzewna	Alloy
Zgrubna	WNMG 08-PM 4425 Sandvik	WNMG 080408 NMS Walter	WNMG 080408 NMS Walter
Średnia	WNMG 08-PM 4425 Sandvik	WNMG 080408 NMS Walter	WNMG 080408 NMS Walter
Dokładna	DCMT 11T308PM 4425 Sandvik	SCMT 09T 304 FG TT 9225 Tageutec	SCMT 09T 304 FG TT 9225 Tageutec
Bardzo dokładna	DCMT 11T308PM 4425 Sandvik	SCMT 09T 304 FG TT 9225 Tageutec	SCMT 09T 304 FG TT 9225 Tageutec
Wykańczająca	Płytki DCMT 11T304 MP PH 5125 Sandvik	SCMT 09T304 NN LT10 Lamina	SCMT 09T304 NN LT10 Lamina

Materiały stosowane w przedsiębiorstwie jako półprodukty do obróbki skrawaniem przedstawiono na rysunku 7.4.



Blachy w różnych gatunkach od węglowych po nierdzewne.



Walki i pręty



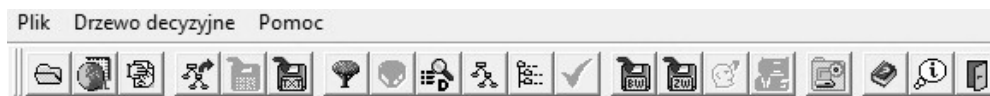
Tuleje



Odkuwki

Rys. 7.4. Przykłady półproduktów stosowanych w przedsiębiorstwie [opracowanie własne]

Fragment zbioru uczącego, w którym zawarto 250 przykładów przedstawiono poniżej (rys. 7.5.). Na podstawie zbioru uczącego określona została dziedzina problemu (rys. 7.6.).



we	we	we	we	wy
#chropowarosc	#rodzaj_polprod	#rodzaj_obr	#gatunek_mat	#typ_plytki
Ra40	blacha	zgrubna	stal_weglowa	P1
Ra40	pret	zgrubna	stal_weglowa	P1
Ra40	walek	zgrubna	stal_weglowa	P1
Ra40	odkuwka	zgrubna	stal_weglowa	P1
Ra40	tuleja	zgrubna	stal_weglowa	P1
Ra1.25	blacha	bardzo_dokladn.	Alloy	P10z
Ra1.25	pret	bardzo_dokladn.	Alloy	P10z
Ra1.25	walek	bardzo_dokladn.	Alloy	P10z
Ra1.25	odkuwka	bardzo_dokladn.	Alloy	P10z
Ra1.25	tuleja	bardzo_dokladn.	Alloy	P10z
Ra2.5	blacha	wykanzajajaca	stal_niestopowa	P14t
Ra2.5	pret	wykanzajajaca	stal_niestopowa	P14t
Ra2.5	walek	wykanzajajaca	stal_niestopowa	P14t
Ra2.5	odkuwka	wykanzajajaca	stal_niestopowa	P14t
Ra2.5	tuleja	wykanzajajaca	stal_niestopowa	P14t
Ra40	blacha	zgrubna	stal_nierdzewna	P21
Ra40	pret	zgrubna	stal_nierdzewna	P21
Ra40	walek	zgrubna	stal_nierdzewna	P21
Ra40	odkuwka	zgrubna	stal_nierdzewna	P21
Ra40	tuleja	zgrubna	stal_nierdzewna	P21
Ra10	blacha	sr_dokladna	stal_nierdzewna	P22
Ra10	pret	sr_dokladna	stal_nierdzewna	P22
Ra10	walek	sr_dokladna	stal_nierdzewna	P22
Ra10	odkuwka	sr_dokladna	stal_nierdzewna	P22
Ra10	tuleja	sr_dokladna	stal_nierdzewna	P22
Ra40	blacha	zgrubna	stal_niestopowa	P11
Ra40	pret	zgrubna	stal_niestopowa	P11
Ra40	walek	zgrubna	stal_niestopowa	P11
Ra40	odkuwka	zgrubna	stal_niestopowa	P11
Ra40	tuleja	zgrubna	stal_niestopowa	P11

Rys.7.5. Fragment zbioru uczącego z przykładami doboru płytek skrawających [opracowanie własne]

Parametrami wejściowymi do budowy drzewa są atrybuty przedstawione w tabeli 7.1. Klasą decyzyjną jest typ płytki wybierany spośród dostępnej bazy zakładowej. Do dalszej pracy wybrano plik uczący w którym chropowatość zdefiniowano lingwistycznie, czyli Ra40, Ra10, Ra5 itd., a nie numerycznie: 40, 10, 5 itd. Pozwoliło to na dokładniejszy wybór płytki skrawającej do danej obróbki i danego materiału wyjściowego, wychodząc od chropowatości, która jest decydującym parametrem dla dalszych działań związanych z obróbką detalu i determinuje dalsze postępowanie.

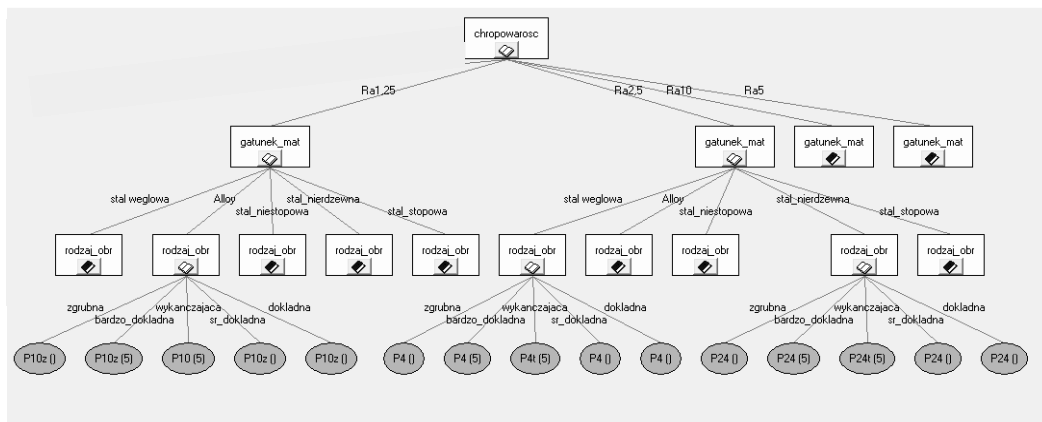
 Dzielnica problemu

chropowatosc	rodzaj_polprod	rodzaj_obr	gatunek_mat	typ_plytki
Ra40	blacha	zgrubna	stal_weglowa	P1
Ra10	pret	sr_dokladna	stal_stopowa	P1s
Ra5	walek	dokladna	stal_nierdzewna	P17
Ra2,5	odkuwka	bardzo_dokladna	stal_niestopowa	P17s
Ra1,25	tuleja	wykanczajaca	Alloy	P21
				P21s
				P11
				P11s
				P6
				P6s
				P2
				P2m
				P26
				P26m

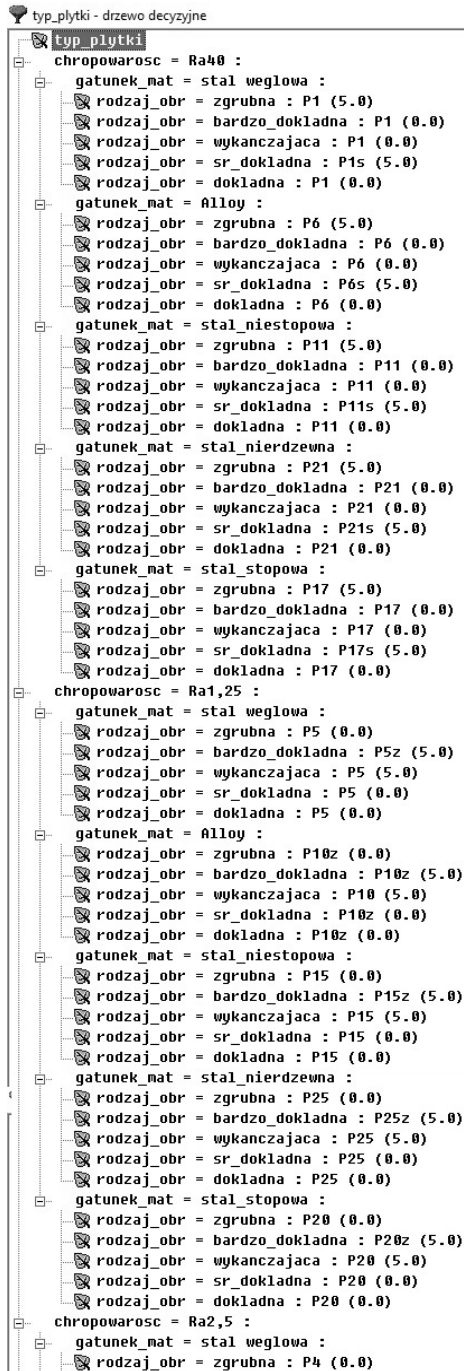
Rys.7.6. Dzielnica problemu dla doboru płytek skrawających [opracowanie własne]

7.3.4. Indukcja drzew decyzyjnych

Wygenerowane drzewo decyzyjne zostało przedstawione poniżej w formie graficznej (rys. 7.7.) oraz tekstowej (rys. 7.8.). Korzeniem drzewa jest atrybut „chropowatość”. Ten atrybut okazał się decydującym dla doboru płytki skrawającej. Następnym bardzo istotnym węzłem stał się atrybut „gatunek materiału” a kolejnym „rodzaj obróbki”, struktura ta pozwala z dużą dokładnością dobrać płytkę skrawającą.



Rys.7.7. Fragment drzewa decyzyjnego doboru płytki skrawającej w formie graficznej ze zwiniętymi niektórymi węzłami w celu poprawności odczytu [opracowanie własne]

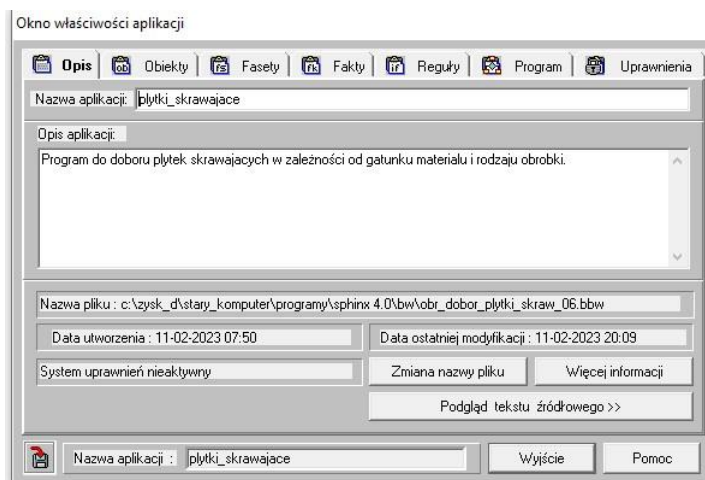


Rys.7.8. Drzewo decyzyjne doboru płytki skrawającej w formie tekstowej [opracowanie własne]

7.3.5. Baza wiedzy

Ostatnim etapem do wykonania przed stworzeniem systemu szkieletowego został zapis reguł do bazy wiedzy oraz zapis reguł do źródła wiedzy. Po zapisaniu tych danych przechodzimy do programu Cake, gdzie należy odczytać wcześniej zapisane źródła wiedzy. System Cake umożliwia zarządzanie projektem aplikacji systemu PC-shell, wspomaga proces tworzenia, rozbudowy i pielęgnacji bazy wiedzy. Pozwala również na weryfikację poprawności zgromadzonej wiedzy, generowanie baz wiedzy w klasycznej postaci tekstowej i postaci binarnej. Ochronę projektu aplikacji systemem uprawnień i haseł oraz wspomaga organizację pracy grupowej.

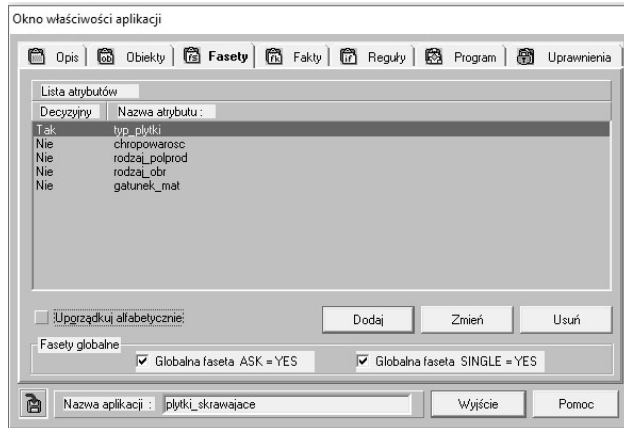
Kolejnym krokiem jest wybór odpowiedniego pliku z rozszerzeniem .bw. Po wgraniu wcześniej zapisanego pliku w programie DeTreex program Cake wyświetla nowe okno umożliwiający wiele opcji wyboru. Począwszy kolejno od: Opis, Obiekty, Fasety, Fakty, Reguły, Program, Uprawnienia (rys. 7.9.).



Rys. 7.9. Okno programu Cake z aplikacją: płytki_skrawajace [opracowanie własne]

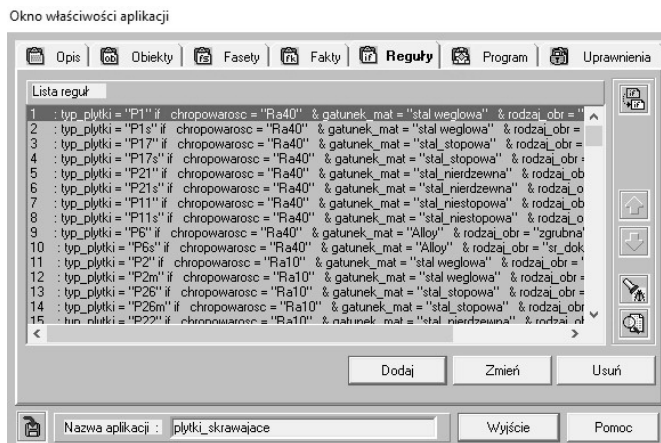
W oknie powyżej (rys. 7.9.) można również zmienić tytuł aplikacji oraz dodać jej roboczy opis, może być on pomocny, gdy przy aplikacji pracuje więcej niż jeden członek zespołu lub gdy aplikacja jest przesyłana dalej.

Jednym z kolejnych, istotnych okien jest okno Fasety, wyświetla ono informacje o liście atrybutów oraz ich decyzyjności. Konsola przycisków umieszczona po prawej stronie pozwala na dodanie, zmianę lub usunięcie atrybutu. Dodatkowo atrybuty można uporządkować alfabetycznie po zaznaczeniu odpowiedniego checkboxa (rys. 7.10.)



Rys. 7.10. Okno programu Cake Fasety [opracowanie własne]

Kolejną ważną składową systemu eksperckiego jest zakładka reguł, w której znajdują się wyszczególnione reguły zawarte w bazie wiedzy. Poprzez panel przycisków można dodawać, zmieniać lub usuwać reguły (rys. 7.11.).



Rys. 7.11. Okno programu Cake Reguły [opracowanie własne]

Po zapisie danych w programie Cake następnym krokiem jest wywołanie do uruchomienia programu PC-Shell, który pozwoli na opracowanie systemu szkieletowego opartego na wcześniej pozyskanej wiedzy produkcyjnej.

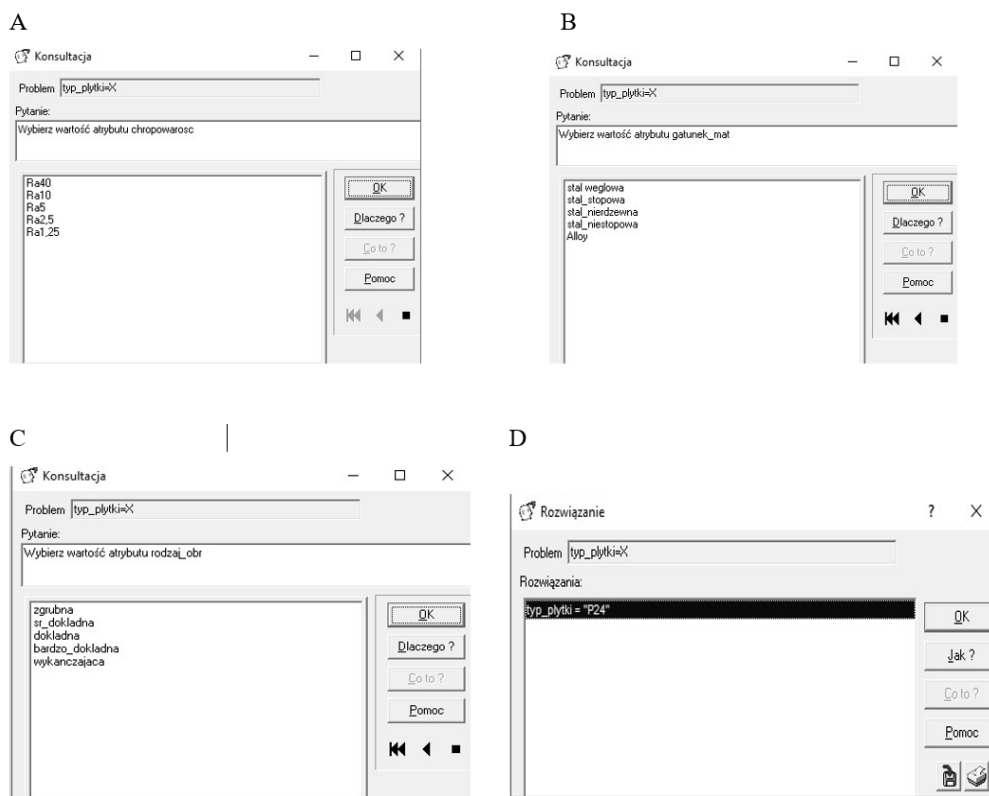
7.3.6 System szkieletowy PC-Shell

Dzięki wykorzystaniu systemu Cake możliwa jest realizacja aplikacji systemu ekspertowego PC-Shell. Na każdym z etapów pracy, system oferuje wygodne narzędzia wspomagające, eliminujące konieczność żmudnego wprowadzania kodu.

Po zapisie danych w programie Cake, następnym krokiem jest wywołanie do uruchomienia modułu PC-Shell. W folderze z plikami uczącymi odnaleźć można zapisany plik z rozszerzeniem .BBW, umożliwiający bezpośrednie zainicjowanie działania pracy modułu PC-Shell.

Na potrzeby technologa został opracowany system ekspertowy, który pozwala na dobór płytki skrawającej. Jest to pierwszy etap projektowania procesu technologicznego obróbki skrawaniem. Na rysunku 7.12. pokazano przykładowe ekrany systemu ekspertowego i tak kolejno:

- A – wybór chropowatości,
- B – wybór gatunku materiału,
- C – wybór rodzaju obróbki,
- D – rozwiązywanie odpowiedzi systemu, czyli dobrana płytka.



Rys. 7.12. Przykładowe ekrany systemu ekspertowego [opracowanie własne]

System szkieletowy posłużył jako wspomaganie doboru płytki, zastępując w ten sposób eksperta od obróbki skrawaniem, ewentualnie pracochłonne przeglądanie przez pracownika grubych katalogów i tabel zawierających odpowiednie dane. Technolog z mniejszą wiedzą i doświadczeniem może w prosty sposób dobrać narzędzie znając parametry wstępne, czyli chropowatość detalu, jego gatunek i sposób obróbki.

Wyniki działania systemu ekspertowego wspomaganego doboru narzędzi skrawających, w tym przypadku płytek do noży tokarskich, zostały porównane z działaniem technologa o dużym doświadczeniu oraz małym. System wykazywał dokładniejsze możliwości klasyfikacyjne niż technolog o małym doświadczeniu. System ten może wspomagać mniej doświadczonych pracowników w trakcie doboru płytek skrawających.

Podsumowując, system ekspertowy dedykowany jest technologom, którzy jeszcze nie posiadają wystarczającego doświadczenia w projektowaniu procesów technologicznych lub dopiero rozpoczynają pracę w określonym przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz nie znają dobrze parku maszynowego czy innych środków produkcji danego przedsiębiorstwa. Należy podkreślić, że taki system pełni rolę doradczą, a decyzja zawsze należy do technologa. Działanie systemu ekspertowego pokazano na rzeczywistym przykładzie z przedsiębiorstwa.

Dodatkowym atutem, jest fakt, że zastosowanie systemu PC-Shell jest tańsze niż rozbudowane systemy zarządzania typu ERP, szczególnie gdy korzysta się z pakietów szkieletowych, wstępnie przygotowanych przez producenta, a następnie dostosowywanych do wymagań przedsiębiorstwa przez jego pracowników. Wszystko to wpływa na szybkość i trafność w podejmowaniu decyzji, niewątpliwie będąc podstawą przewagi konkurencyjnej.

7.4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie metody maszynowego uczenia się, okazało się bardzo cennym narzędziem do pozyskiwania wiedzy technologicznej. Automatyczne tworzenie reguł z przykładów jest bardzo dobrym rozwiązaniem odkrywania wiedzy wynikającej z doświadczenia technologów.

Tradycyjne podejście do projektowania procesu technologicznego obróbki skrawaniem polega na analizie rysunku części i metod wykonania, następnie identyfikacji i porównywaniu technologii części podobnych, a w końcu na poszukiwaniu w katalogach i tabelach odpowiednich narzędzi. System ten charakteryzuje się długim czasem projektowania oraz znaczącym udziałem prac rutynowych i czasochłonnych.

Zastosowanie systemu PC-Shell, który jest predysponowany do rozwiązywania problemów o charakterze diagnostycznym i klasyfikacyjnym oraz związanych z interpretacją danych, pozwoliło skrócić w sposób diametralny czas potrzebny do analizy danych przez technologa.

Przeprowadzone badania wykazały, że drzewa decyzyjne wykazują bardzo dobre właściwości klasyfikacji. Generowanie reguł na podstawie drzew decyzyjnych umożliwia ich zwarty zapis i znacznie skraca czas potrzebny do wniosku. Reguły decyzyjne wprowadzone zostały następnie do systemu ekspertowego. Drzewa decyzyjne jako bardzo dobre algorytmy eksploracji danych dały duże możliwości korzystania z danych zawartych w bazach danych. Metoda została przetestowana i zweryfikowana na danych rzeczywistych przedsiębiorstwa.

W odróżnieniu od klasycznych programów komputerowych wiedza zawarta w bazie wiedzy opisuje dziedzinę problemową bez podania szczegółowego sposobu rozwiązania danego problemu (algorytmu). Dzięki temu jest dużo bardziej czytelna, nawet dla osób nie będących specjalistami w dziedzinie systemów eksperckich, ujmując bowiem głównie merytoryczną stronę zagadnienia. Baza wiedzy przyjmuje na ogół postać zbioru logicznie powiązanych ze sobą reguł zapisanych w formie implikacji.

Przechowywana w niej wiedza jest zapisana za pomocą określonego języka, potrzebnego do reprezentacji wiedzy, na który najczęściej składa się opis faktów (wiedza o charakterze faktograficznym), reguł stosowanych w procesie wnioskowania oraz w przypadku niektórych systemów - metareguł, opisujących strategię rozwiązywania danego problemu.

Wiedza znajdująca się w bazie wiedzy może pochodzić z różnych źródeł, najczęściej jednak pochodzi od ekspertów lub innych specjalistów z danej dziedziny. Zgromadzone dane pozwalają w prosty sposób dobrać odpowiednie parametry technologiczne i wykorzystać w opracowywaniu procesów, w tym przypadku były to procesy obróbki skrawaniem.

Proces produkcji to szerokie spektrum różnego rodzaju technologii, w badaniach skupiono się na obróbce skrawaniem na tokarkach, podobny algorytm budowy baz wiedzy możliwy byłby do zastosowania dla obróbki frezowania czy szlifowania, doboru parametrów do obróbki plastycznej, cieplnej itp. W przypadku tradycyjnego podejścia do pozyskiwania wiedzy, stosuje się różne techniki takie jak dialog z ekspertem lub obserwacja eksperta podczas rozwiązywania przez niego konkretnych problemów. Panuje pogląd, że proces pozyskiwania wiedzy stanowi „wąskie gardło” budowy systemów ekspertowych. Dlatego badania naukowe zmierzają do automatyzacji tego procesu za pomocą tzw. algorytmów indukcyjnych (np. ID3 lub AQ11), które są w stanie wygenerować reguły dla bazy wiedzy na podstawie zbiorów uczących. Zbiory te, ujęte w postaci tzw. plików uczących, zawierają najczęściej dane z przeszłości opisujące sytuację problemową oraz wynikającą z niej konkluzję człowieka. Na podstawie tych danych system uczy się rozwiązywania podobnych problemów samodzielnie. Można przypuszczać, iż w niedalekiej przyszłości proces opracowania systemów eksperckich służących do wspomaganie podejmowania decyzji w dziedzinie inżynierii produkcji jeszcze bardziej się skróci.

Literatura

- [1] DOBRZAŃSKI L.A., PAKUŁA D., STASZUK M., DOBRZAŃSKA-DANIKIEWICZ A.D.: *Struktura i własności wieloskładnikowych powłok na węglkach spiekanych oraz ceramice azotkowej i sialonowej*. Open access library Volume I Politechnika Śląska 2015, s. 13-15
- [2] SALA D.: *Systemy ekspertowe narzędziem wspomaganie decyzji w procesach przygotowania produkcji*. Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Kraków, 2005
- [3] Katalog Sandvik Coromant: <https://www.sandvik.coromant.com/pl-pl> [dostęp: 23.05.2023 r.]
- [4] WALLHEIM J.: *Modele matematyczne operacji technologicznych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1982
- [5] MULA WKA J.J.: *Systemy ekspertowe*. WNT, Warszawa 1996

- [6] NIEDERLIŃSKI A.: *Regulowe systemy ekspertowe*. Pracownia Komputerowa Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2000
- [7] RADOMIŃSKI E.: *Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001
- [8] PIECZYŃSKI A.: *Reprezentacja wiedzy w diagnostycznym systemie ekspertowym*. Lubuskie Towarzystwo Naukowe w Zielonej Górze, Zielona Góra, 2000
- [9] BIAŁKO M.: *Podstawowe właściwości sieci neuronowych i hybrydowych systemów ekspertowych*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 2000
- [10] CAKIR M. C., IRFAN O., CAVDAR K.: *An Expert System Approach for Die and Mold Making Operations*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 21: 175–183, 2005. DOI:10.1016/j.rcim.2004.07.015
- [11] ŚWIDERSKI M.: *Główne elementy systemu ekspertowego*. Politechnika Białostocka
- [12] Wydział Informatyki, Białystok, 2003
- [13] PN-93/M-01006 Zastosowanie twardych materiałów skrawających - Oznaczenie głównych grup obróbki wiórowej i grup zastosowania
- [14] PN-89/M-58902 Narzędzia do skrawania metali -- Rozwiertaki wykańczaki maszynowe do otworów walcowych
- [15] PN-75/M-58352:1991 Narzędzia do skrawania metali – Noże tokarskie imakowe z płytkami z węglików spiekanych
- [16] Walter katalog: <https://www.walter-tools.com/pl-pl> [dostęp: 23.05.2023 r.]
- [17] GAWLIK E., GIL S., ZAGÓRSKI K.: *Projektowanie procesów technologicznych obróbki skrawaniem*. Wydawnictwo AGH, Kraków, 2019
- [18] KNOSALA R. I ZESPÓŁ: *Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji*. WNT, Warszawa, 2002
- [19] CHROMIEC J., STRZMIECZNA E.: *Sztuczna inteligencja. Metody konstrukcji i analizy systemów eksperckich*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 1994
- [20] ĆWIKŁA G., KNOSALA R.: *Szybkie szacowanie kosztów wytwarzania elementów maszyn [w:] Komputerowo zintegrowane zarządzanie*. pod red. R. Knosali, WNT, Warszawa, 1999
- [21] FELD M.: *Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn*. WNT, Warszawa, 2009

USE OF EXPERT SYSTEMS IN THE MACHINING PROCESS ON THE EXAMPLE OF SELECTION OF CUTTING TOOLS FOR THE PRODUCTION OF METAL GASKETS FOR SPECIAL APPLICATIONS

Abstract

The manuscript presents the possibilities of using expert systems in the machining process and the construction of a knowledge base related to the technological preparation of the production process, the development of a training set and the induction of decision trees in order to acquire production knowledge. As an example, the problem of selection of cutting tools for the production of metal gaskets for special applications in a company belonging to the group of specialized manufacturers of gaskets for the energy and petrochemical industries was used.