

Marcin MATUSZNY<sup>1</sup>

Opiekun naukowy: Izabela KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ<sup>2</sup>

## **PRZETWARZANIE I IDENTYFIKACJA WIEDZY PRODUKCYJNEJ DLA BUDOWY BAZ WIEDZY PROCESÓW PRODUKCYJNYCH**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono źródła i szeroko opisano identyfikację wiedzy produkcyjnej oraz etapy przetwarzania tejże wiedzy, które są ukierunkowane na budowę baz wiedzy dla procesów produkcyjnych. Po krótko scharakteryzowano bazy wiedzy oraz problemy występujące podczas technicznego przygotowania produkcji. Przedstawiono drzewa decyzyjne jako metodę reprezentacji wiedzy.

**Słowa kluczowe:** Bazy wiedzy, drzewa decyzyjne, wiedza produkcyjna, procesy produkcyjne, pozyskiwanie wiedzy, inżynieria produkcji

## **PROCESSING AND IDENTIFICATION OF PRODUCTION KNOWLEDGE FOR KNOWLEDGE BASE BUILD FOR PRODUCTION PROCESSES**

**Summary:** The article presents the sources and widely describes the identification of production knowledge and the stages of processing that knowledge, which are focused on building knowledge bases for production processes. Knowledge bases and problems occurring during the technical preparation of production were briefly characterized. Decision tree was presented as a method of knowledge representation.

**Keywords:** knowledge bases, decision tree, production knowledge, production processes, knowledge acquisition, production engineering

### **1. Wstęp**

Firmy borykają się współcześnie z problemem: jak wykorzystać zdobyte dotychczas doświadczenie i wiedzę pracowników w szerszym zakresie oraz jak

---

<sup>1</sup>Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Inżynieria Mechaniczna, marcinmatuszny@wp.pl

<sup>2</sup>dr hab. inż. prof. ATH, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, ipraszkievicz@ath.bielsko.pl

analizować dane zawarte w dokumentach zarówno elektronicznych jak i papierowych?

Pojęcie wiedzy produkcyjnej, szczególnie tej dla budowy baz wiedzy oraz etapy jej pozyskiwania, identyfikacji czy przetwarzania bardzo ściśle związane są z technicznym przygotowaniem produkcji. Przedsiębiorstwo dążące do podniesienia własnej konkurencyjności na tle rynku, wręcz zmuszone jest do ciągłego dostosowywania czy modyfikowania swoich produktów pod wytyczne klienta, a to z kolei pociąga za sobą pilną potrzebę doskonalenia działań, które podejmowane są w ramach technicznego przygotowania produkcji.

Jednym z podstawowych celów w tym zakresie jest dobór właściwego wariantu technicznego zważając na wcześniej przyjęte kryteria decyzyjne oraz na szereg założeń, między innymi takie jak:

- koszty produkcji, które niejednokrotnie są największym ograniczeniem mającym bezpośredni wpływ na jakość ostatecznie produkowanego wyboru,
- jakość powierzchni produktu,
- złożoność konstrukcji i jej uniwersalność,
- dokładność wymiarów, często odgórnie zdefiniowana przez klienta.

Etapy przygotowania produkcji wyrobu gotowego wymagają właściwej wiedzy, która będzie opisywać możliwe rozwiązania problemów decyzyjnych, które mogą wystąpić oraz opracowania takiej reprezentacji, aby możliwe stało się utworzenie komputerowej bazy wiedzy dla tychże procesów produkcyjnych.

## 2. Identyfikacja wiedzy produkcyjnej

Wiedza produkcyjna jest bardzo ważnym, specyficznym rodzajem zasobów przedsiębiorstw produkcyjnych. Zgromadzona wiedza produkcyjna gromadzona na przestrzeni lat w przedsiębiorstwach umożliwia wprowadzanie zmian, które skutkują usprawnieniem procesów produkcyjnych oraz dostosowaniem danego produktu lub konkretnej usługi do wymogów stawianych przez aktualną sytuację rynkową. 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 tym obszarze dotyczącym zarządzania wiedzą wyróżnia się kluczowe procesy takie jak:

- lokalizowanie,
- pozyskiwanie,
- rozwijanie,
- rozpowszechnianie,
- wykorzystanie
- zachowywanie wiedzy. [1]

Identyfikacja wiedzy produkcyjnej oparta jest na szczegółowej analizie podstawowych problemów z obszaru technicznego przygotowania produkcji. Wcześniej wspomniane problemy można podzielić na dwa rodzaje w zależności od sposobu ich rozwiązywania [2]:

- problemy heurystyczne, czyli takie, których rozwiązanie zależy od specyficznych uwarunkowań związanych z przedsiębiorstwem produkcyjnym i oparte jest głównie na doświadczeniu pracowników / projektantów, pełniących w tym przypadku rolę ekspertów.
- problemy algorytmiczne, czyli takie problemy, których algorytm rozwiązania jest znany.

Identyfikacja wiedzy produkcyjnej, dotyczącej analizy problemów, gdzie liczba danych wejściowych jest zbyt mała, aby możliwe było zastosowanie sprawdzonych algorytmów, prowadzi do opracowania schematu przykładowego postępowania, związanego z projektowaniem procesów produkcyjnych dla wybranych elementów maszyn. Etapy decyzyjne wraz z dotyczącymi ich problemami przedstawiono w poniższej tabeli (tab. 1).

Tabela 1. Etapy identyfikacji wiedzy w ujęciu projektowania procesów produkcyjnych

| <b>Problemy decyzyjne</b>        | <b>Etapy decyzyjne</b>   |
|----------------------------------|--|
| <b>Dobór półfabrykatu</b>        | Określenie podstawowego rodzaju półfabrykatu<br>Dobór odpowiednich cech półfabrykatu   |
| <b>Dobór obróbki wstępnej</b>    | Dobór właściwych operacji wejściowych<br>Przygotowanie baz obróbkowych<br>Dobór wstępnej obróbki cieplnej  |
| <b>Dobór obróbki podstawowej</b> | Określenie wymaganych metod obróbki<br>Podział obróbki (zgrubna / kształtująca)<br>Dobór odpowiednich operacji technologicznych<br>Dobór stanowisk wykonawczych i właściwego oprzyrządowania |
| <b>Dobór obróbki kończącej</b>   | Dobór obróbki ściernej / końcowej  |

Przedstawiona w powyższej tabeli kolejność etapów decyzyjnych ma charakter informacyjny, wynika ona także z doboru odpowiednich działań wytwórczych, mających na celu uzyskanie odpowiednich własności produkowanych wyrobów, które narzucone są przez zamawiającego. Podczas każdego z etapów decyzyjnych ustalane są problemy heurystyczne, które w dalszym etapie wpływają na podział zasobów wiedzy dla realizacji określonych celów cząstkowych. Dzięki tak skonstruowanej tabeli, stanowiącej schemat postępowania możliwa jest stopniowa identyfikacja zbiorów wiedzy potrzebnej do rozwiązania danego problemu decyzyjnego.

Identyfikacja wiedzy produkcyjnej opiera się również na wykorzystaniu i analizie odpowiednich jej źródeł. Identyfikacja źródeł wiedzy inicjowana potrzebą doboru odpowiednich parametrów wyrobu dla danego zastosowania może być oparta o [3]:

- identyfikację parametrów wyrobu ważnych dla klienta (analiza zapytań ofertowych),
- identyfikację parametrów wyrobu decydujących o jego funkcjonalności (analiza zasad doboru urządzenia),
- identyfikację parametrów wyrobu decydujących o czasie oraz kosztach jego wytwarzania (analiza procesu wytwarzania).

Należy zaznaczyć również, że zasoby wiedzy produkcyjnej najczęściej gromadzone są na podstawie analizy dokumentacji konstrukcyjno-technologicznej elementów maszyn, dostępnej w zasobach przedsiębiorstwa oraz konsultacji z pracownikami, będących wsparciem dla ekspertów bądź pełniących funkcje ekspertów w danej dziedzinie.

### 3. Przetwarzanie wiedzy produkcyjnej dla budowy baz wiedzy

Po wcześniejszym rozwinięciu tematu przedstawiającego identyfikację wiedzy produkcyjnej należy przejść do obszaru tematycznego, dotyczącego jej przetwarzania na potrzeby budowy baz wiedzy. Wszystkie zgromadzone w przedsiębiorstwie produkcyjnym zasoby wiedzy produkcyjnej niezaprzeczalnie podlegają procesowi przetwarzania (rys. 1).



Rysunek 1. Proces przetwarzania wiedzy produkcyjnej

W procesie tym wyróżnić można wiedzę ekspercką, która stanowić będzie formę wejściową wiedzy. Są to takie zasoby informacji, których źródłem są przede wszystkim eksperci, będący najczęściej pracownikami przedsiębiorstw odpowiedzialnymi za projektowanie procesów produkcyjnych. Mogą to być także zbiory, które będą opracowane na podstawie wcześniej wymienionej wiedzy eksperckiej, do zbiorów tych należeć mogą zbiory:

- dokumentacji konstrukcyjnej,
- normatywów technologicznych,
- dokumentacji technologicznej.

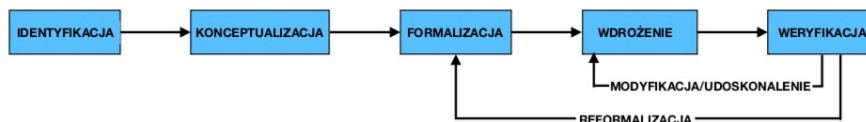
Formę wyjściową wiedzy stanowi wiedza systemowa, która jest zapisana w bazie wiedzy systemu z zastosowaniem wybranego narzędzia programowego. Wiedza ta zostaje przedstawiona według przyjętej reprezentacji wiedzy [4].

Procesy przetwarzania wiedzy są zgodne ze strategią kodyfikacji wiedzy, polegającej na identyfikacji zasobów, tworzeniu organizacyjnych baz wiedzy i wykorzystywaniu systemów informatycznych w zarządzaniu wiedzą.

Samą bazę wiedzy natomiast, można zdefiniować jako część składową komputerowego systemu eksperckiego bądź doradczego, zawierającą zbiór zapisanych formalnie, najczęściej w postaci związków logicznych definicji pojęć, reguł czy opisów faktów z określonej dziedziny, w tym przypadku dotyczącej

procesów produkcyjnych [5]. Bazy wiedzy często oparte są o, mniej bądź bardziej, zaawansowane systemy sztucznej inteligencji

Opracowanie poprawnego systemu zarządzania wiedzą wymaga skrupulatnego przeprowadzenia etapów przetwarzania wiedzy produkcyjnej (rys. 2), począwszy od jej właściwej identyfikacji, poprzez jej konceptualizację, formalizację, wdrożenie, na weryfikacji kończąc, a w razie potrzeb zaleca się reformatyzację bądź modyfikację mającą na celu udoskonalenie.



Rysunek 2. Etapy przetwarzania wiedzy produkcyjnej

Na etapie identyfikacji wiedzy określone są problemy decyzyjne oraz definiowane są możliwości oraz zakres ich rozwiązań. Etap konceptualizacji natomiast opiera się na szczegółowej analizie wybranych problemów spośród zdefiniowanych na poprzedzającym etapie pod kątem określenia wymaganych zasobów wiedzy. Na tym etapie przedstawiane są również kluczowe koncepcje związane z wiedzą, relacje pomiędzy elementami tej wiedzy oraz charakterystyki przepływu informacji dla budowy bazy wiedzy.

Etap formalizacji wiedzy polega na przełożeniu kluczowych koncepcji, ustaleniu wymaganych pojęć, określeniu reguł i relacji na język formalny. Jest to ściśle związane z utworzeniem właściwej reprezentacji wiedzy, która w późniejszym etapie wykorzystana w zapisie bazy wiedzy systemu. W trakcie etapu wdrożenia tworzone są reguły projektowania, stanowiące połączenie poszczególnych elementów wiedzy. Reguły budowane są według zasady łączenia informacji wejściowych z informacjami wyjściowymi o rozwiązywanym problemie decyzyjnym. Końcowym etapem przetwarzania wiedzy jest weryfikacja. Opracowane reguły projektowania, zapisane w bazie wiedzy systemu, są badane pod kątem poprawności uzyskiwanych rozwiązań problemu decyzyjnego. Zależnie od otrzymanych wyników badań udoskonalany jest zapis reguł na etapie wdrażania, bądź też tworzone są nowe elementy reprezentacji wiedzy na etapie formalizacji wiedzy, niezbędne do poprawnego funkcjonowania całego systemu.

Omówione i przedstawione powyżej procesy przetwarzania wiedzy produkcyjnej dla budowy baz wiedzy przebiegają zwykle kolejno. Upraszczając, poprzedni proces przetwarzania wiedzy musi zostać zakończony, aby przejść do następnego etapu. Procesy produkcyjne opierają się na licznych parametrach, zmiennych jednowartościowych oraz wielowartościowych, za pomocą, których możliwe jest zaprezentowanie wiedzy eksperckiej w tej płaszczyźnie. Zbiór tych wszystkich informacji o danych procesach produkcyjnych stanowią podstawy do stworzenia bazy wiedzy dla przedsiębiorstwa produkcyjnego, która w późniejszym okresie znajdzie zastosowanie w rozwiązywaniu problemów decyzyjnych oraz w końcowym rozrachunku usprawnieniu całego procesu produkcyjnego.

Jak wspomniano w powyższym akapicie, zasadniczo różni się dwa typy zmiennych:

- zmienne jednowartościowe, to znaczy zmienne, które mogą przyjmować najwyżej jedną stałą wartość w danym czasie, służą one do przedstawienia informacji, które w rozpatrywanym przypadku są niepowtarzalne,
- zmienne wielowartościowe, to znaczy zmienne, które mogą przyjmować zestaw wartości, służą one do reprezentowania zbioru powiązanych ze sobą faktów bądź informacji.

Podczas weryfikacji poprawności działania wybranej bazy wiedzy procesu produkcyjnego, informacje oraz wartości zmiennych powinny być stale dodawane, usuwane lub modyfikowane w wyniku zmian w procesie produkcyjnym bądź danych wprowadzonych przez eksperta. Stany faktyczne znane systemowi podczas użytkowania są przechowywane w zbiorze, znanym również jako globalna baza danych lub pamięć robocza systemu. Informacje faktyczne można przedstawić na wiele sposobów. Jednym z prostych sposobów jest przedstawienie tych informacji za pomocą zmiennych wcześniej już opisanych, lecz warto zauważyć, że zestaw wszystkich tych zmiennych, zdefiniowanych razem w systemie produkcyjnym wraz z ich możliwymi wartościami przedstawia obraz informacji istotnych podczas modelowania określonych procesów produkcyjnych w systemie [6].

#### 4. Zastosowanie drzew decyzyjnych w budowie baz wiedzy

Spośród wielu metod reprezentacji wiedzy na szczególną uwagę zasługują metody grafowe takie jak drzewa decyzyjne. Drzewa decyzyjne są graficzną metodą wspomagania procesu decyzyjnego [7]. Jest to jedna z najczęściej wykorzystywanych technik analizy danych. Drzewa decyzyjne w uczeniu maszynowym służą do wyodrębniania wiedzy z zestawu przykładów (zbiór uczący), czyli obiektów opisanych przy pomocy atrybutów oraz wartości, którym przyporządkowujemy określoną decyzję. Drzewo składa się z korzenia oraz gałęzi prowadzących z korzenia do kolejnych wierzchołków. Wierzchołki, z których wychodzi co najmniej jedna krawędź, są nazywane węzłami, a pozostałe wierzchołki – liśćmi. W każdym węźle sprawdzany jest pewien warunek dotyczący danej obserwacji i na jego podstawie wybierana jest jedna z gałęzi prowadząca do kolejnego wierzchołka. Klasyfikacja danej obserwacji polega na przejściu od korzenia do liścia i przypisaniu do tej obserwacji klasy zapisanej w danym liściu.

##### Przykład

Należy zbudować drzewo decyzyjne, które pozwoli zautomatyzować proces wyceny usługi cięcia plazmowego dla 3 wariantów cenowych. W tym celu przeprowadzono obserwacje procesu cięcia plazmą w przedsiębiorstwie produkcyjnym, mające na celu zbiór niezbędnych danych, które zostały przedstawione w tabeli 2. Atrybuty *Liczba użytych narzędzi*, *Ilość przebieg*, *Całkowita długość cięcia* wraz z ich wartościami przedstawiono w tabeli 2.

W tabeli 3 uporządkowano te dane w celu budowy drzewa decyzyjnego oraz rozbudowano tę tabelę o dobór wariantu wyceny na podstawie podjętej decyzji korzystając z wcześniej stworzonego drzewa decyzyjnego.

Tabela 2. Zbiór uczący

| Nr operacji | Atrybuty                      | Wartości  | Czas operacji [s] |
|-------------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| 1           | Liczba użytych narzędzi       | 3         | 2868,15           |
|             | Ilość przebić                 | 205       |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 48490,186 |                   |
| 2           | Liczba użytych narzędzi       | 1         | 81,45             |
|             | Ilość przebić                 | 9         |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 898,455   |                   |
| 3           | Liczba użytych narzędzi       | 1         | 62,03             |
|             | Ilość przebić                 | 4         |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 962,09    |                   |
| 4           | Liczba użytych narzędzi       | 2         | 1432,75           |
|             | Ilość przebić                 | 48        |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 33239,686 |                   |
| 5           | Liczba użytych narzędzi       | 5         | 1480,88           |
|             | Ilość przebić                 | 97        |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 23509,404 |                   |
| 6           | Liczba użytych narzędzi       | 1         | 580,32            |
|             | Ilość przebić                 | 23        |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 10612,174 |                   |
| 7           | Liczba użytych narzędzi       | 1         | 296,13            |
|             | Ilość przebić                 | 3         |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 6192,358  |                   |
| 8           | Liczba użytych narzędzi       | 1         | 754,97            |
|             | Ilość przebić                 | 2         |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 14876,946 |                   |
| 9           | Liczba użytych narzędzi       | 3         | 1145,74           |
|             | Ilość przebić                 | 92        |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 21032,652 |                   |
| 10          | Liczba użytych narzędzi       | 2         | 1549,32           |
|             | Ilość przebić                 | 75        |                   |
|             | Całkowita długość cięcia [mm] | 17677,211 |                   |

Przykładowe drzewo decyzyjne przedstawiono na rysunku 3. Zważając na liczbę obserwacji, wyliczono ilość klas (1) dla każdego z atrybutów oraz każdą z nich podzielono na przedziały, korzystając z zagadnień statystyki opisowej, posługując się podstawowymi wzorami z zakresu budowy przedziałów w szeregach rozdzielczych przedziałowych ustalono wartości minimalne i maksymalne, stanowiące początek

pierwszego i koniec ostatniego przedziału. Ustalono tym sposobem również rozpiętości przedziałów klasowych (2), a następnie wdrożono je w budowę drzewa decyzyjnego przedstawionego na rysunku 3. Znajdujące się na liściach drzewa decyzyjnego warianty są wariantami wyceny świadczonej usługi przez przedsiębiorstwo w którym zostało przeprowadzone badanie, odpowiednio wariant I odpowiada cenie najniższej, wariant II wyższej, natomiast wariant III wskazuje na proces bardziej złożony niż w poprzednich przypadkach, który powinien zostać wyceniony zgodnie z wariantem III.

$$k \approx \sqrt{N} \quad (1)$$

gdzie:  $k$  – liczba klas,  
 $N$  – liczba obserwacji;

$$h = \frac{x_{max} - x_{min}}{k} \quad (2)$$

gdzie:  $h$  – rozpiętość przedziału klasowego,  
 $x_{max}$  – wartość maksymalna w danym przedziale,  
 $x_{min}$  – wartość minimalna w danym przedziale; [8]

Tabela 3. Zbiór uczący wraz z wariantem wyceny wynikającym z drzewa decyzyjnego

| Nr operacji | Atrybuty                |                |                               | Wycena usługi |
|-------------|-------------------------|----------------|-------------------------------|---------------|
|             | Liczba użytych narzędzi | Ilość przebieć | Catkowita długość cięcia [mm] |               |
| 1           | 3                       | 205            | 48490,186                     | III wariant   |
| 2           | 1                       | 9              | 898,455                       | I wariant     |
| 3           | 1                       | 4              | 962,09                        | I wariant     |
| 4           | 2                       | 48             | 33239,686                     | III wariant   |
| 5           | 5                       | 97             | 23509,404                     | III wariant   |
| 6           | 1                       | 23             | 10612,174                     | I wariant     |
| 7           | 1                       | 3              | 6192,358                      | I wariant     |
| 8           | 1                       | 2              | 14876,946                     | I wariant     |
| 9           | 3                       | 92             | 21032,652                     | II wariant    |
| 10          | 2                       | 75             | 17677,211                     | II wariant    |

Na podstawie zbioru uczącego możliwe jest zbudowanie wielu wariantów drzewa decyzyjnego. Wybór właściwego wariantu może być prowadzony poprzez ocenę jakości drzewa, którą ocenia się:

- rozmiarem: im drzewo jest mniejsze, tym lepsze (mała liczba węzłów, mała wysokość lub mała liczba liści);
- dokładnością klasyfikacji na zbiorze treningowym;



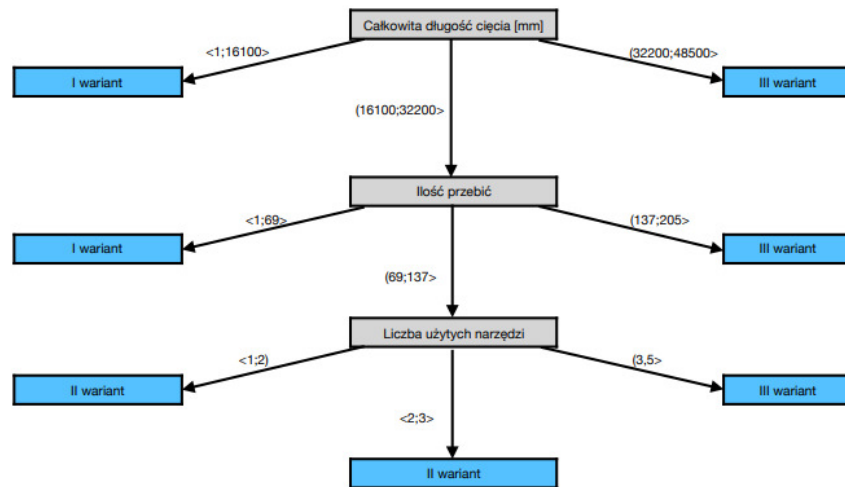
- dokładnością klasyfikacji na zbiorze testowym.

Drzewa decyzyjne są jedną z wielu metod reprezentacji wiedzy. Zaletami drzew decyzyjnych są:

- Łatwość przejścia od reprezentacji drzewiastej do reprezentacji regułowej.
- Drzewa decyzyjne mogą reprezentować dowolnie złożone pojęcia pojedyncze lub wielokrotne, jeżeli tylko ich definicje da się wyrazić w zależności od atrybutów.
- Forma reprezentacji czytelna dla człowieka.

Jednakże, drzewa decyzyjne nie stwarzają łatwej możliwości do ich aktualizowania, algorytmy udoskonalające gotowe już drzewa poprzez zestaw nowych przykładów są bardzo złożone i zazwyczaj wynikiem jest drzewo gorszej jakości niż drzewo budowane od początku z kompletnym zestawem przykładów.

Budując drzewo decyzyjne należy podjąć decyzje dotyczące atrybutów, które powinny być umieszczone w węzłach drzewa oraz decyzje dotyczące kolejności ich umieszczania. O przydatności drzewa do rozwiązywania wybranego problemu decyzyjnego decyduje również sposób oceny wartości atrybutów. Wartości ciągłe przedziałów może spowodować, że drzewo będzie zbyt rozbudowane, zbyt mała liczba przedziałów może spowodować nieprecyzyjne decyzje. A zatem istotnym problemem badawczym jest określenie sposobu kwantyfikacji wartości atrybutów w budowie drzew decyzyjnych.



Rysunek 3. Przykładowe drzewo decyzyjne

## 5. Podsumowanie i wnioski

Wiedza pozyskana w odpowiedni sposób umożliwia rozwiązywanie problemów decyzyjnych z obszaru technicznego przygotowania produkcji wyrobów gotowych,

mogących stanowić składowe elementy maszyn. Bazy wiedzy oraz systemy na nich oparte powinny skutecznie wspomagać projektowanie procesów produkcyjnych związane z przetwarzaniem wiedzy, szczególnie w przemyśle maszynowym.

Bazy wiedzy można zintegrować z wewnątrzzakładowym zintegrowanym systemem zarządzania. Zważając na specyfikę działania wcześniej wymienionego systemu można związać efekty jego pracy z wieloma pozytywnymi zmianami dla przedsiębiorstwa produkcyjnego m. in.:

- minimalizacja kosztów produkcji,
- optymalizacja w kierunku udoskonalania procesów i wyrobów,
- optymalizacja w kierunku poprawy przepływu informacji w firmie.

Można również wnioskować, że systemy eksperckie umożliwiają uzyskanie wyselekcjonowanych i skondensowanych informacji związanych z projektowaniem procesów produkcyjnych. Bazy wiedzy wspomagają proces podejmowania decyzji.

## LITERATURA

1. KOWALCZYK A., NOGALSKI B.: Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia, Wydawnictwo DIFIN, Warszawa 2007
2. PASZEK A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część II: Przykład, Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 1/2011, s. 35-43
3. KUTSCHENREITER-PRASZKIEWICZ I.: Systemy bazujące na wiedzy w technicznym przygotowaniu produkcji części maszyn, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 2012
4. PASZEK A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część I: Metodyka, Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 2/2009, s. 58-64.
5. Serwis internetowy: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/baza-wiedzy;3875261.html>, 08.09.2019 r.
6. VAN DER GAAG L., LUCAS P.: Principles of Expert Systems, Centre for Mathematics and Computer Science, Amsterdam 1991
7. CICHOSZ P.: Systemy uczące się. WNT, Warszawa 2000
8. Serwis internetowy: <http://zsi.tech.us.edu.pl/~nowak/smad/SMADw2szeregi.pdf>, 15.10.2019 r.