

**Małgorzata Śliwa**

Instytut informatyki i zarządzania produkcją,  
Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski  
ul. prof. Z. Szafrana 4, 65-516 Zielona Góra  
M.Sliwa@iizp.uz.zgora.pl

## **Koncepcja oceny poziomu wiedzy technicznej w dziale badawczo-rozwojowym: studium przypadku**

### **1. Wstęp**

Badacze wskazują, że efektywne zarządzanie wiedzą jest esencją sukcesu nowoczesnego przedsiębiorstwa [8]. Wyróżnia się wiedzę jawną – sformalizowaną i zawartą w dokumentacji, raportach, katalogach czy patentach i obecną w oraz ukrytą [21-23, 13] w naturalnym otoczeniu, środowisku [8] – dostępną w umysłach pracowników [22-23], będącą motorem rozwoju działań odkrywczych i twórczych [42] identyfikowanych z działami badawczo-rozwojowymi (B+R) [33, 28]. Celem zachowania konkurencyjnej pozycji na rynku zasoby wiedzy należy formalizować i indeksować przy pomocy odpowiednich systemów informatycznych i programów [1], które umożliwią łatwy dostęp do wiedzy, jej podział i monitoring.

Innowacyjnym podejściem w przypadku zarządzania wiedzą techniczną, jest szacowanie jej poziomu w skonkretyzowanym przedsiębiorstwie. Zespół wiedzy powinien być mierzalny [5, 24], określony według ustalonych kryteriów wraz z ich interpretacją. To ważne z perspektywy kierownictwa, a niezbędne do optymalizacji działań biznesowych takich jak: ofertowanie, harmonogramowanie, ustalanie zasobów niezbędnych do realizacji nowych zadań projektowych. Równie istotne przy określeniu niematerialnej wartości przedsiębiorstwa (know-how) dla potrzeb jego wyceny czy sprawozdań finansowych [24].

Na podstawie analizy literatury przedmiotu dokonano charakterystyki wiedzy ukrytej i jawnej wraz z procesami jej pozyskiwania i podziału w przedsiębiorstwie. Przedstawiono również wybrane metodologie klasyfikacji wiedzy. W pracy opisano narzędzie służące do pozyskiwania wiedzy ukrytej od pracowników działu B+R ze średniego przedsiębiorstwa branży automotive. Nawiązując do badań literatury jak i wywiadów bezpośrednich w badanym przedsiębiorstwie produkcyjnym, zaproponowano autorski model oceny poziomu wiedzy technicznej w dziale badawczo-rozwojowym (B+R) z wykorzystaniem sieci Bayes'a połączonej z wewnętrzną bazą wiedzy. Model sieci powstał w oparciu o zdefiniowane zależności pomiędzy węzłami, tj.: słowa kluczowe, poddziedzina i dziedzina wiedzy, dział, którym

udostępniono wiedzę, czynności wykonane przy rozwiązywaniu zadania, dokumentacja wykorzystana, dokumentacja powstała, pracownicy oraz węzły sztucznie stworzone jak kompetentny zespół, gotowe wzorce oraz węzeł wynikowy: poziom wiedzy.

W artykule podjęto próbę interpretacji i klasyfikacji wskaźników poziomu wiedzy w przedsiębiorstwie. Zawarto zestawienie algorytmów wspomagających dedykowaną ocenę stanów prawdopodobieństw w węzłach wynikowych sieci.

## 2. Wiedza ukryta w dziale B+R

Źródłem wiedzy ukrytej są umysły pracowników, a jej podział i użycie zależy od indywidualnych decyzji i zaufania [8, 17]. Badacze udowadniają ścisłą zależność między podziałem wiedzy jawnej, a szybkością i jakością powstawania innowacji, natomiast pozyskanie i podział wiedzy ukrytej ma duży wpływ na wskaźniki operacyjne jak np. efektywność czy produktywność [38, 16] oraz stanowi podstawę funkcjonowania przedsiębiorstwa [2]. Początek cyklu transferu wiedzy stanowi jej identyfikacja wraz z pozyskaniem [15, 20]. Zdobywanie wiedzy ukrytej (utożsamianej z doświadczeniem) odbywa się na tle wiedzy jawnej [22].

Najczęściej wiedzę ukrytą pracownicy pozyskują w wyniku kontaktu „twarzą w twarz”, podczas sytuacji nieformalnych, spotkań, konferencji tematycznych [8].

Wiedza jawna zgromadzona jest w wewnętrznych zasobach przedsiębiorstwa tj.: dokumentacja, baza wiedzy, Intranet. Pozyskanie nowej wiedzy (spoza organizacji) następuje podczas kontaktu z zewnętrznym źródłem, stroną internetową, aplikacją, portalami wymiany wiedzy [36, 29] gdzie pytający otrzymuje dostęp do wiedzy inżynierskiej [39] zgodnie z definicją swojego ządania. Wiedza pozyskiwana z usystematyzowanych źródeł może być selektywnie dobrana do potrzeb pracownika poprzez implementacje algorytmów czy narzędzi informatycznych, których zadaniem jest rozpoznawanie kluczowych słów, z uwzględnieniem częstotliwości ich padania w dokumentacji [30, 6], lub też wskazywanie na zależności między elementami, np. w przypadku mapowania wiedzy [40]. Aczkolwiek w przedsiębiorstwach klasy MŚP tego rodzaju mechanizmy są nadal rzadko stosowane. W przypadku działu badawczo-rozwojowego, sposoby na pozyskanie nowej wiedzy ze źródeł zewnętrznych to, np.:

- zapytania ofertowe,
- prośba o nadanie dostępu do zewnętrznych baz, np. bazy dokumentacji technicznej, czy katalogów części maszyn, choćby w przypadku doboru silnika,
- nadanie dostępu do aplikacji wbudowanych na stronach dostawców części maszyn – jak modele 3D komponentów, które konstruktor jest w stanie pobrać i w prosty sposób zaimplementować do autorskiego

projektu. Przykład: przy doborze odpowiedniego siłownika pneumatycznego, należy zalogować się na stronie producenta, określić parametry pracy oraz podstawową specyfikę – po czym generowany jest model 3D elementu, który możemy pobrać, a producent jest w stanie dla nas wykonać.

- przeprowadzenie symulacji zjawisk fizycznych wspomagających dobór parametrów materiałowych za pomocą zewnętrznych aplikacji. Przykład: w przypadku doboru odpowiedniego szkła (surowca) należy przeanalizować przepuszczalności światła (wymagania precyzują przepisy, np.: rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia), istnieje możliwość wprowadzenie parametrów szkła, jak grubość, rodzaj, odcień, w kontekście przeprowadzenia symulacji przepuszczalności światła.

Dostęp do wiedzy ukrytej jest określany jako trudny, a jej posiadanie wiąże się nierozłącznie z kwestią doświadczenia [22, 23]. W przypadku zamierzonego pozyskania tego rodzaju zasobu, należy skupić się na obserwacji, rozmowach czy dyskusjach z ekspertami [26]. W ogólnej klasyfikacji można założyć pozyskiwanie wiedzy ukrytej w przedsiębiorstwie poprzez [8, 28]:

- nieformalne formy wymiany wiedzy, działanie intuicyjne,
- obserwacje – prowadzone w czasie rzeczywistym oraz analizę nagrań,
- demonstracje, szkolenia, pokazy, panele dyskusyjne,
- audyty wiedzy – na zasadzie ostrzału pytań,
- ukryte nagranie – które mogłyby polegać na doszukiwaniu się zależności w procesach jasno niezdefiniowanych, w czynnościach wykonywanych w sposób różny, gdzie wcześniej zwracano uwagę jedynie na efekt końcowy [27].

Zakłada się obserwacje źródła wiedzy w czasie rzeczywistym. Powstały materiał natomiast powinien być poddany analizie rejestracji przebiegu zdarzeń pod kątem elementów werbalnych oraz niewerbalnych. Spostrzeżenia warto przeanalizować również poprzez dostępne narzędzia jakościowe, np. tabele FMEA. Wnioskowanie (dotyczące procesu, zjawiska) odbywa się przez wykorzystanie tzw. burzy mózgów różnych specjalistów [41].

Dobór metody wspomagającej wydobycie wiedzy powinien korespondować z używaną w przedsiębiorstwie technologią, uwzględniać rodzaj generowanych plików oraz specyfikę pracy. Zachowanie wiedzy przy użyciu prostych narzędzi umożliwiają: raporty, kwestionariusze lub formularze wiedzy, a jej podział, np.: bazy wiedzy, intranet, systemy integracji danych, itp. [36] Pozostałe dostępne metody są zależne od potrzeb przedsiębiorstwa i narzędzi jakimi ono dysponuje.

### 3. Metody klasyfikacji wiedzy

Przy analizie procesów związanych z inżynierią wiedzy w przedsiębiorstwie, należy oprzeć się na metodyce jej klasyfikacji w kontekście osiągnięcia korzyści, takich jak: redukcja czasu opracowania projektów, redukcji nakładów finansowych, reklamacji [4, 36], redukcja szkoleń pracowników, optymalnego doboru pracowników do projektu [34]. W następnej kolejności winno się przeanalizować rodzaj występującej wiedzy i jej źródła, co zasugeruje dobór metody pozyskania. W kolejnym etapie - dokonać selekcji wiedzy, jej uporządkowania i zgromadzenia, co w finale prowadzi do podziału wiedzy, w wyniku udostępnienia [19].

Wiedza, zgodnie z powszechnie znanym podziałem, dzieli się na jawną i ukrytą tworząc uzupełniająca się całość [21-23, 13]. Przy czym, wiedza jawna jest łatwa do przekazania i artykulacji. Służy głównie do komunikacji, a skoncentrowana jest w procedurach, normach, regulacjach, instrukcjach, bazach wiedzy itp. Problematyczna w podziale i ocenie jest wiedza cicha: niewyartykułowana, trudnodostępna, zlokalizowana w umysłach pracowników, nabyta poprzez działanie i doświadczenie [18].

Badacze proponują również inne rozróżnienie wiedzy. Pohl and Hirsch Hadorn [7] klasyfikują wiedzę przez wzgląd na jej przydatność do realizacji procesu badawczego:

- wiedza systematyzująca odpowiadająca na pytanie: jaki TO jest przypadek?
- („What is the case?”),
- wiedza celu, odpowiadająca na pytanie: co powinno zostać osiągnięte?
- („What should be achieved?”),
- wiedza transformacji odpowiada na pytanie: Jak można osiągnąć pożądaną zmianę? („How can the desired change be accomplished?”).

Lukę w tym podziale zauważa zespół badaczy, który proponuje kategoryzację według trzech wskaźników, nawiązujących do idei wymiarów [3]:

- a) wymiar funkcji: wiedza naukowa i doświadczalna (nawiązuje do wiedzy naukowej <jawnej> i związanej z doświadczeniem <ukrytej>),
- b) wymiar poznawczy: wiedza strategiczna: wzajemne połączenia, zależności oraz wiedza o zjawiskach naturalnych, socjalnych, środowiskowych wraz z ich opisem,
- c) Wymiar skali: specyfikacja kontekstu i stopnia generalizacji (osadzonej w kontekście, szczegółowej lub generalnej).

W literaturze spotyka się także podział na wiedzę osadzoną wewnątrz przedsiębiorstwa: wiedza o rynku biznesowym, ludzką (o pracownikach), techno-

logiczną (dotycząca procesów) oraz proceduralną (wskazującą na schematy postępowania) [14, 43].

Istotna jest próba formalizacji wiedzy celem jej rozpowszechniania [20], czyli tworzenie instrukcji, wytycznych. Regularne indeksowanie plików powstałych w wyniku pracy nad nowymi zadaniami oraz wskazanie na poszczególne etapy i kroki pozwala na współtworzenie specjalistycznych wewnętrznych baz wiedzy. Wdrożenie w przedsiębiorstwie algorytmu uczącego się, który współpracuje z bazami - wspomaga szybką identyfikację potrzebnej wiedzy, przy czym ograniczenie czasu przeznaczone na jej pozyskanie pozwala na osiągnięcie zdefiniowanych korzyści [36].

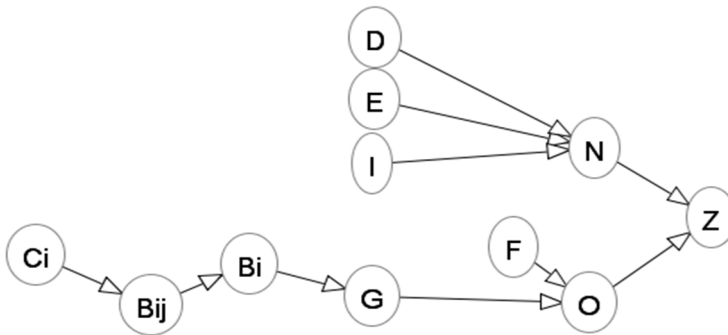
#### **4. Koncepcja klasyfikacji wiedzy ukrytej na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego**

Jednym z algorytmów decyzyjnych, stosowanych szeroko w inżynierii wiedzy są sieci Bayesa: poczynając od dziedzin ekonomii [25] do szacowania niezawodności w przypadku infrastruktury odnawialnych źródeł energii [37]. Modelowanie sieci Bayesa wraz z graficzną interpretacją sieci oraz z silnikiem obliczeniowym, umożliwiają programy takie jak: AgenaRisk [10], GeNie [12], Belief and Decision Network Tool [11] lub MrBayes [9].

Badania przeprowadzono na średnim przedsiębiorstwie produkcyjnym z branży automotive (wytwórca pneumatyki samochodowej) z zachodniej polski, z własnym działem B+R liczącym średnio ok. 3 osób.

##### **Ustalenie sieci**

Proponowana koncepcja klasyfikacji wiedzy ukrytej została zbudowana z następujących elementów: (1) sformułowanie węzłów sieci Bayes'a (2) interpretacja węzłów sieci Bayes'a, (3) liczba alternatyw w sieci Bayes'a. Rysunek nr 1 prezentuje schematyczną sieć Bayes'a, składającą się z 11 węzłów, która zwraca wynik oszacowanego poziomu wiedzy.



**Rys. 1.** Uproszczona wersja sieci Bayes'a. Wykonano w Belief and Decision Network Tool Version 5.1.10.

W tabeli 1 zawarto wyjaśnienia oznaczeń poszczególnych węzłów wraz ze wskazaniem ilości wyborów w ramach danej kategorii. Założono, że jedna sieć odpowiada wiedzy pozyskanej w ramach jednej grupy wyrobów (złącza, zawory lub bloki).

**Tab. 1.** Zestawienie elementów sieci Bayes'a

Oznaczenie	Opis	Ilość wyborów
Bi	Dziedzina wiedzy	{b1 - b5}
Bij	Poddziedzina wiedzy (dziedzina i, poddziedzina j)	{b11-b13}, {b41-47}, {b51-56}
Ci	Słowa klucz: dziedzina struktura, dziedzina funkcjonalność, dziedzina badania.	{c1 - c33}
		{c34 - c76}
		{c77 - c116}
D	Komu udostępniono wiedzę (działy)	{d1 - d5}
E	Czynności wykonane przy rozwiązaniu	{e1 - e5}
F	Materiały wykorzystane do rozwiązywania zadania	{f1 - f9}
G	Materiały powstałe po rozwiązaniu zadania	{g1 - g9}
I	Pracownik zajmujący się tematem	{i1 - i3}...
N	Kompetentny zespół	{n1, n2}
O	Gotowe wzorce	{o1, o2}
Z	Poziom wiedzy	{z1, z2}

## Zależności i prawdopodobieństwa w węzłach sieci

Prawdopodobieństwo dla węzłów zależnych zostało określone za pomocą następujących metod:

- stałe zdefiniowanie zależności wpływających na prawdopodobieństwo węzła,
- nadanie węzłom na wejściu określonych wag (metoda średniej ważonej),
- zastosowanie algorytmu AHP (Analytic Hierarchy Process) do oceny istotności poszczególnych węzłów wejścia,
- przyznanie podobnym typom węzłów wejścia, udziału procentowego w ogólnej interpretacji prawdopodobieństwa węzła wynikowego,

Możliwe jest dokonywanie oceny dzięki zastosowaniu wielu wymienionych metod w jednej sieci Bayes'a.

Dla węzłów wchodzących w skład poddziedziny (słowa klucze, oznaczone jako  $C_i$ ) i dziedziny (poddziedziny  $B_{ij}$ ) oznaczonej jako  $B_i$  dobrano metodę średniej ważonej. Zaproponowano następującą skalę oceny zastosowaną przez przedstawiciela działu B+R (tabela 1): 1-2-3, gdzie 1 to mało istotny czynnik, 2 - istotny, 3 - bardzo istotny, przy osiągnięciu wartości 1 (zwaną również „True”) dla węzła wynikowego (tab. 2). Obliczanie stanu węzła poddziedziny umożliwia wzór 1.

$$P_{(B_{ij}=1 (True))} = \sum_{p=1}^6 \frac{S_{Cp} \cdot w_c}{\sum_{p=1}^6 w_c} \quad (1)$$

gdzie:

$w_c$  – waga materiału ( $w_c = 1, 2, 3$ ) dla p-elementów

$S_c$  – stan dla danego węzła  $C_c$  (1 True lub 0 False),

p – wynosi od 1 do 6.

**Tab. 2.** Fragment tabeli z oceną słów kluczy przyporządkowanych do poddziedziny "konstrukcja" w zakresie dziedziny "struktura"

oznaczenie węzła	waga	STRUKTURA
C1	3	konstrukcja
C2	1	relacje wielkości
C3	3	prototyp
C4	3	model 3D
C5	2	wzorzec
C6	1	druk 3D

Zatem, wartość 1 (True) dla prawdopodobieństwa węzła „konstrukcja” oblicza się jako średnią ważoną obserwowanych wartości 1 lub 0 dla poszczególnych słów kluczy. Przykład prezentuje tabela 3.

**Tab. 3.** Przykład wyznaczania prawdopodobieństwa węzła wynikowego B11

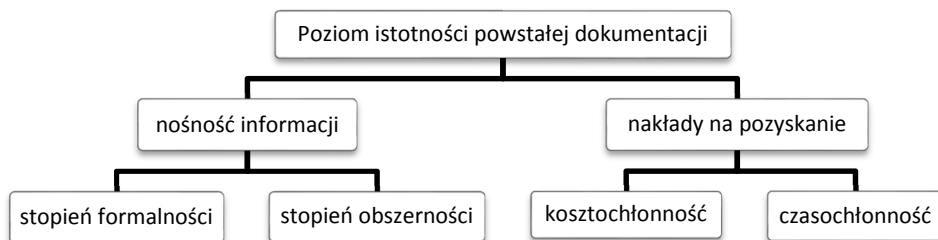
Składowe węzła B11 "konstrukcja"						B11 "konstrukcja"	
C1 konstrukcja	C2 relacje wielkości	C3 prototyp	C4 model 3D	C5 wzorzec	C6 druk 3D	Prawdopodobieństwo stanu	
Stan węzłów C <sub>i</sub>						1 True	0 False
1	0	1	1	0	1	<b>0,77</b>	<b>0,23</b>

W przypadku określenia szeregu prawdopodobieństw dla węzła O „gotowe wzorce” zastosowano metodę AHP do określenia istotności węzłów składowych „powstała dokumentacja”. Zdecydowano się na nią z racji stałego przypisania wartości wag do analizowanych elementów oraz możliwość uwzględnienia kryteriów wskazujących na ogólny poziom ich istotności. Wagi dla każdego elementu przyznawał doświadczony lider działu B+R. Klucz podziału prawdopodobieństwa stanu 1 (True) dla węzła O, to 65% dla węzłów typu G<sub>i</sub> „powstała dokumentacja” i 35% dla F „dokumentacja wykorzystana”, przy ocenie (skala 1-2-3) których zastosowano średnią ważoną wg przynależności elementu do grup:

- grupa mało istotna – 1: strona internetowa, punkt wymiany wiedzy,
- istotna – 2: feedback klienta, raport/sprawozdanie, symulacja,
- bardzo istotna – 3: dokumentacja techniczna, symulacja, baza wiedzy, literatura.

W pierwszym etapie określenia prawdopodobieństwa stanu dla węzła O, stworzono hierarchię kryteriów w części ocenianej metodą AHP (rys. 2).





**Rys. 2.** Hierarchia przedstawiająca kryteria ustalone do przeprowadzenia analizy AHP dla gotowych wzorców

Poprzez założenia dotyczące kosztochłonności i czasochłonność, twierdzi się, że materiały trudniejsze do wygenerowania pod względem czasu i nakładów finansowych są bardziej wartościowe przy pomiarze wiedzy obecnej w dziale B+R, czyli mają przewagę.

Następnie kryteria i opcje wyboru, (tzw. alternatywami) ocenił przedstawiciel przedsiębiorstwa, a wyniki poddano analizie i symulacji w programie PriEsT Priority Estimation Tool [31]. Wyniki analizy w postaci grafu przedstawiającego istotność poszczególnych alternatyw względem głównych kryteriów - nośności informacji i nakładów na ich pozyskanie wskazujące na zdecydowaną przewagę dokumentacji technicznej, a następnie dokumentacji wzoru użytkowego/ patenty zawarto na rysunku 3.

W związku z powyższym prawdopodobieństwo stanu dla węzła O, określa wzór 2:

$$P_{(O=1 \text{ (True)})} = \left( 0,65 \sum_{n=1}^9 w_G \cdot S_{G'} \right) + 0,35 \cdot \sum_{m=1}^3 \frac{S_{F'} \cdot w_F}{\sum_{m=1}^3 w_F} \quad (2)$$

gdzie:

$w_G$  – poziom istotności powstałego materiału na podstawie zastosowania metody AHP,

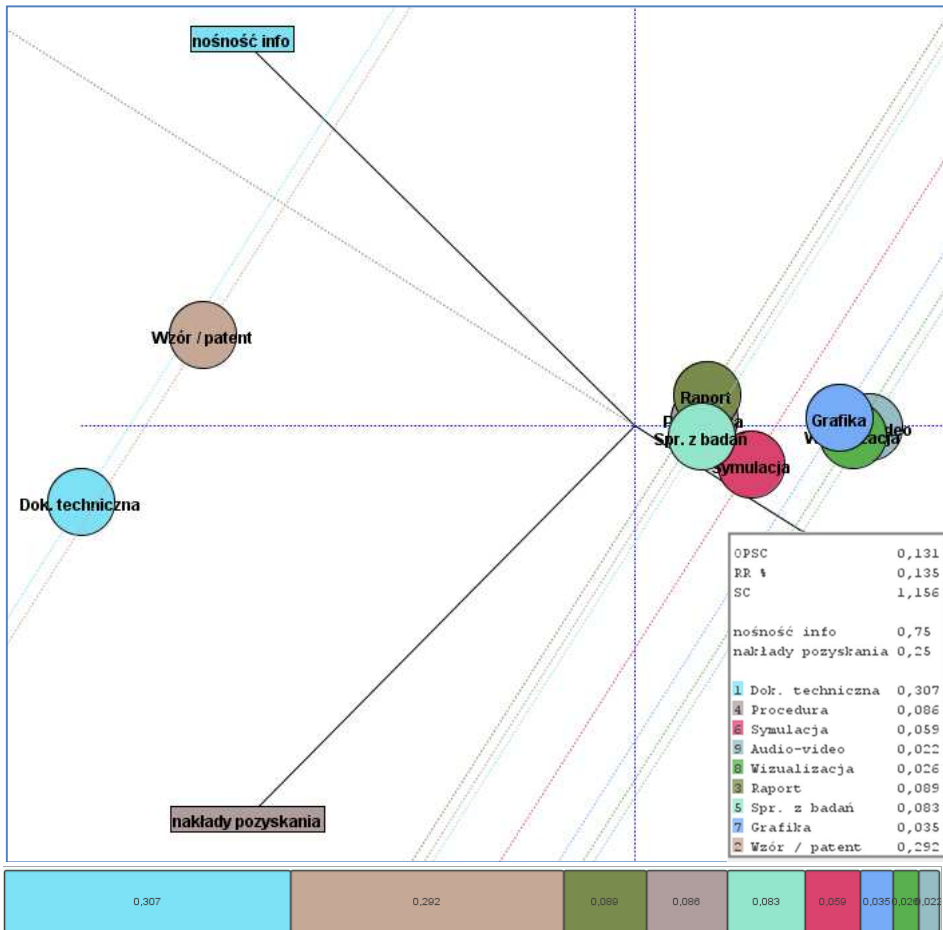
$w_F$  – waga wykorzystanego materiału ( $w_f=1,2,3$ ) dla liczby grup  $m=3$ ,

$S_{G'}$  – stan dla danego węzła G (1 True lub 0 False),

$S_{F'}$  – stan danej alternatywy węzła F (1 True lub 0 False),

$n$  = od 1 do 9,

$m$  = od 1 do 3.



Rys. 3. Stopień istotności powstałej dokumentacji. Analizę wykonano w PriEsT

Przykład wyznaczenia prawdopodobieństwa węzła wynikowego O, przedstawia tabela 4 zawierająca losowe stany dla poszczególnych węzłów składowych.

**Tab. 4.** Przykład wyznaczania prawdopodobieństwa węzła wynikowego O

Składowe węzła O — gotowe wzorce										O – gotowe wzorce	
G1 dok. tech.	G2 procedura	G3 symulacja	G4 audio-video	G5 wizualizacja	G6 raport	G7 spr. z badań	G8 grafika	G9 wzór/patent	F – wykorzystane materiały	Prawdopodobieństwo stanu	
Stan									Wybór: dok. techniczna	1 True	0 False
1	0	1	1	0	1	0	0	0	3	<b>0,53</b>	<b>0,47</b>

$$\begin{aligned}
 P(O = T) &= 0,65(1 * 0,307 + 0 * 0,292 + 1 * 0,089 + 1 * 0,086 + 0 * 0,083 \\
 &\quad + 1 * 0,059 + 0 * 0,035 + 0 * 0,026 + 0 * 0,022) + 0,35 \\
 &\quad * \left(1 * \frac{3}{6} + 0 * \frac{2}{6} + 0 * \frac{1}{6}\right) = \mathbf{0,53}
 \end{aligned}$$

Na podstawie wywiadu z pracownikami przedsiębiorstwa, do wskazania stanów prawdopodobieństwa dla węzła N „kompetentny zespół” zastosowano następujący klucz udziałów elementów składowych:

- 25% udziałów: węzeł E „czynności wykonane przy rozwiązywaniu zadania”,
- 15% udziałów: węzeł D „wiedza udostępniona działom”,
- 60% udziałów: węzeł I „pracownik X”.

Sposoby oceny poszczególnych węzłów składowych dostosowano do ich roli w węźle N oraz logiki w pomiarze. Zatem zastosowana metodyka oceny całościowej bazuje na: średniej ważonej (25%), na ogólnym i jednocześnie warunkowym przyjęciu założenia a priori (15%) oraz na (aż 60% udziałów) zmiennym prawdopodobieństwie kompetencji generowanym przez pracownika przedsiębiorstwa, odczytanego na podstawie liczności jego aktywności przy wypełnianiu kwestionariusza pozyskiwania wiedzy. Informacje dotyczące klucza podziału zestawiono w tab. 5.

**Tab. 5.** Algorytm wyznaczanie prawdopodobieństwa wynikowego dla węzła N

Nazwa i opis węzła	węzeł wynikowy:	N – kompetentny zespół		
	węzeł składowy:	E – czynności wykonane przy rozwiązywaniu	D – wiedza udostępniona działom	I – pracownik x
Podział procentowy:		<b>25%</b>	<b>15%</b>	<b>60%</b>
Metodyka oceny:		Średnia ważona (skala: 1-2-3) dla wybranego elementu przyporządkowanego do danej grupy oceny.	Określenie a priori. Założenie: Zyskanie 15% jest możliwe tylko przy wyborze działu „technologia” lub „produkcja”.	Wynik odczytany dla wybranego pracownika bezpośrednio z bazy wiedzy.

Alternatywy węzła E „czynności wykonane przy rozwiązywaniu” przypisano do trzech grup według ich istotności:

- grupa mało istotna – 1: inne (np.: narada, burza mózgów, pulpit do podziału wiedzy),
- istotna – 2: feedback klienta,
- bardzo istotna – 3: konsultacja z ekspertem zewnętrznym, konsultacja z ekspertem wewnętrznym.

Wartość 1 (True) dla prawdopodobieństwa węzła N „kompetentny zespół” oblicza się ze wzoru 3:

$$P_{(N=1 \text{ (True)})} = 0,25 \cdot \sum_{q=1}^3 \frac{S_{E_r} \cdot w_E}{\sum_{q=1}^3 w_E} + 0,15 \cdot S_{D_r} \cdot d_r + 0,6 \cdot S_{I_r} \cdot i \quad (3)$$

gdzie:

$S_{E_r}$  – stan dla alternatywy węzła E (1 True lub 0 False),

$S_{D_r}$  – stan dla alternatywy węzła D (1 True lub 0 False),

$S_{I_r}$  – stan dla alternatywy węzła I (1 True lub 0 False),

$q$  – ilość ocenianych grup,

$w_E$  – waga poziomu istotności wykonanych czynności przy rozwiązywaniu zadania,

$d_r$  – ocena zakresu istotności pozyskanej wiedzy, poprzez udostępnienie jej innym działom (gdzie rozpatruje się jedynie  $d_r$  dla  $r=1,2$ , przy czym  $d_1$  to „technologia”,  $d_2$  to „produkcja”,

$i$  – ocena kompetencji wybranego pracownika, według wzoru 4:

$$i = \frac{i_x}{i_w}, \tag{4}$$

gdzie:

$i_x$  – ilość wystąpień aktywności w bazie wiedzy x-wego pracownika,

$i_w$  – ilość wystąpień wszystkich aktywności pracowników w bazie wiedzy.

Przykład wykorzystania powyższego algorytmu zaprezentowano w tabeli 6. Dla celów obliczeniowych przyjęto założenie, że 36 wpisów do bazy wiedzy na 50 (wszystkich) dokonał badany pracownik:  $i = \frac{36}{50}$ .

**Tab. 6.** Przykład wyznaczania prawdopodobieństwa węzła wynikowego N

E — czynności wykonane przy rozwiązaniu					D — wiedza udostępniona innym działom					I — pracownik x			N — kompetentny zespół	
Feedback klienta	Dodatkowe badania	Konsultacja zew.	Konsultacja wew.	Inna	technologia	produkcja	UR	Handlowy	Zaopatrzenia	pracownik 1	pracownik 2	pracownik 3	Prawdopodobieństwo stanu	
Stan													1 True	0 False
0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	<b>0,79</b>	<b>0,21</b>

$$P(N = T) = 0,25 \cdot \left( \frac{1 \cdot 3 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1}{6} \right) + 0,15 \cdot 1 + 0,6 \cdot \frac{72}{100} = 0,79$$

Przy ocenie stanu prawdopodobieństwa dla węzła końcowego Z „poziom wiedzy w dziale B+R”, zdecydowano się na odgórne przypisanie wartości  $P(Z=T)$  w zależności od stanu węzłów składowych N, O (rys. 4).

N	O	P(Z=T)	P(Z=F)
T	T	1	0.0
T	F	0.7	0.3
F	T	0.5	0.5
F	F	0.15	0.85

No observed value for this node.

OK Cancel

**Rys. 4.** Tabela prawdopodobieństwa a priori dla wynikowego węzła Z. Wykonano w Belief and Decision Network Tool Version 5.1.10.

### Interpretacja wyników pomiaru

Weryfikacja wyników pośrednich następuje poprzez porównanie wyniku na węźle ze wskazówkami praktycznymi przypisanymi do przedziału wyniku (zaakceptowaną przez management przedsiębiorstwa). Wskazówki obejmują:

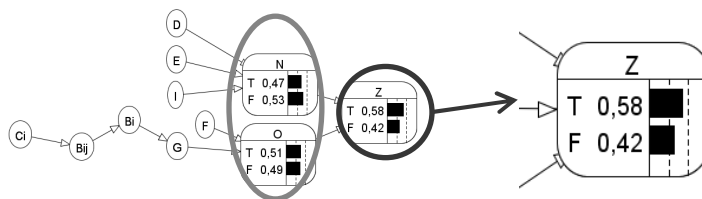
- wskazanie obszarów wiedzy, która wymaga uzupełnienia, np.: „Uzupełnij bazy wiedzy dotyczące zagadnienia c1, c2, c3”,
- zalecenia dotyczące udostępniania wiedzy z danego zakresu, np.: „Zaleca się udostępnienie wiedzy z zakresu c2, c3 nowym pracownikom”.

Weryfikacja wyniku na wyjściu  $P(Z=T)$ , następuje poprzez jego porównanie z interpretacją przypisaną do przedziału. Autor zaproponował trzy główne przedziały prawdopodobieństwa, aczkolwiek to kierownictwo oraz pracownicy działu B+R przedsiębiorstwa przyznają cechy każdej z grup. Ustalone zakresy to:

- niskie:  $0,00 \leq P(Z=T) < 0,30$ ,
- średnie:  $0,30 \leq P(Z=T) < 0,70$ ,
- wysokie  $0,70 \leq P(Z=T) \leq 1,00$ .

W związku z powyższym, założono cztery hipotezy wskazujące na konkretne korzyści przypisane do poziomu średniego, ponieważ  $P(Z=T)=0,58$  (rys. 5):

- umiarkowane prawdopodobieństwo powstania innowacji przy opracowywaniu projektu,
- redukcja czasu trwania projektu do ok. 5%,
- redukcję nakładów finansowych przeznaczonych na prowadzenie projektu: do ok. 5%,
- redukcję czasu przeznaczonego na wdrożenie pracownika i szkolenia: o ok. 5%.



**Rys. 5.** Interpretacja wyników na węzłach zależnych (w elipsie) i wyników na węzłach wyjścia (w kółku)

Na podstawie rozmowy z ekspertami zdecydowano się na odrzucenie hipotezy o redukcji reklamacji w dziale B+R. Reklamacje, byłyby w tym wypadku ściśle związane z błędami konstruktorskimi. Jednak na podstawie stosowania monitoringu jakościowego w przedsiębiorstwie, wskazano na brak tego rodzaju problemu na przestrzeni 5 lat wstecz.

### Sukces koncepcji klasyfikacji

Całościowa weryfikacja systemu wspomagającego zarządzanie wiedzą techniczną w przedsiębiorstwie produkcyjnym, w dziale B+R, powinna składać się z 4 etapów następujących po sobie.

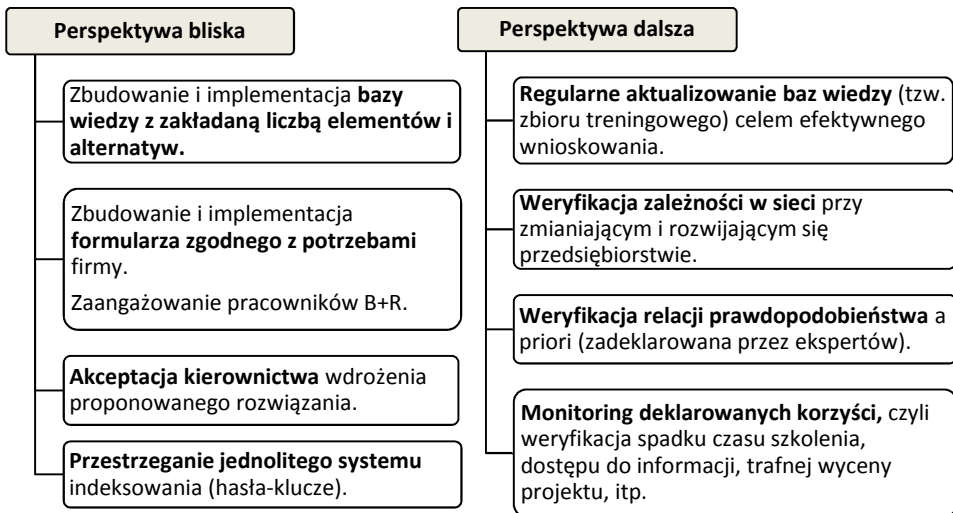
1. weryfikacja założeń modelu: CO? koncepcja, KTO? zespół B&R,
2. weryfikacja wstępna: CO? formuła narzędzia, KTO? kierownictwo, zespół B+R,
3. weryfikacja treści: CO? wprowadzana wiedza, KTO? klient, zespół B+R,
4. weryfikacja poprawności działania: CO? Narzędzie, KTO? zespół B+R.

Przy badaniu procesów dotyczących wiedzy w dziale B+R, warto rozważyć również aspekt praktyczny pracy z narzędziem pod względem:

- technicznym – czy narzędzie działa prawidłowo i posiada wymaganą funkcjonalność,
- merytorycznym – weryfikacja treści powiązanych z danymi rekordami z własnym stanem wiedzy doświadczonego pracownika.
- zadaniowym – weryfikacja korzyści związanych z wykorzystywaniem narzędzia w przedsiębiorstwie, rozmowy z pracownikami na temat przydatności baz wiedzy: szybszego dostępu do informacji, redukcji potrzeb szkoleniowych pracowników działu B+R,

- poprawności interpretacji wyników – weryfikacja nastąpi przez prowadzenie statystyk dotyczących wprowadzanej do bazy wiedzy i porównaniu przez kierownictwo słuszności zwracanych wskazówek.

Warunki sukcesu po wdrożeniu i użytkowaniu narzędzia wspomagającego pracę z wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym, w dziale B+R scharakteryzowano według perspektywy bliskiej i dalszej na rys. 6.



**Rys. 6.** Warunki sukcesu pracy z narzędziem wspomagającym zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym z własnym działem B+R

## 5. Podsumowanie i wnioski

Wdrożenie systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie, wpływa na wzrost jego konkurencyjność [1] na rynku i powstawanie innowacji [38]. Wykorzystanie inteligentnych algorytmów współpracujących z bazami wiedzy, wspomogą szybką identyfikację potrzebnego zasobu. Przy czym ograniczenie czasu przeznaczanego na jego pozyskanie pozwala na szybsze osiągnięcie celu, co jest związane z konkretnymi korzyściami biznesowymi [36, 37].

Opracowując system wspomagający podział wiedzy, należy dostosować wymagania aplikacji do szczegółowych wskazówek i oczekiwań klienta. Jest to szczególnie istotne przy projektowaniu algorytmów oceny wpływu poszczególnych elementów – węzłów składowych na węzły wynikowe. Algorytmy oceny winny być uzależnione od rodzaju rozpatrywanych składowych, od ich funkcji, istotności,



sposobu wyboru w sieci i wagi na efekt końcowy. Ich trafna interpretacja ma bezpośredni wpływ na końcowy efekt pracy sieci, czyli ocenę poziomu wiedzy w przedsiębiorstwie, w dziale B+R. Jest to również istotne z racji braku fizycznej możliwości (ograniczenia czasowe, tysiące możliwości) indywidualnych ustaleń występujących we wszystkich węzłach.

Na podstawie przedstawionych badań stwierdza się, że koncepcja narzędzia jest uniwersalna, aczkolwiek wymaga się każdorazowego skalowania modelu i algorytmów ocen zamodelowanych zależności do danej specyfiki przedsiębiorstwa. Ocena musi być adekwatna do wpływu badanych węzłów na pozostałe, a ich interpretacja dokonana przez specjalistów z badanej firmy. Zgodnie z założeniem ograniczonego zaufania, dobór odpowiednich algorytmów, zwanych optymalnymi, zależy od warunków ich implementacji [44]. W celu zachowania długofalowej funkcjonalności systemu wspomagającego zarządzanie wiedzą, kadra zarządzająca jest zobligowana do wymagania od pracowników aktywnej pracy z systemem, bieżącego weryfikowania wiedzy i poprawy błędów, a także cyklicznej weryfikacji założeń odpowiadającym wynikiem a posteriori na węzłach pośrednich i końcowym wraz z aktualizacją samej konstrukcji i zależności reprezentowanych przez sieć, głównie podczas rozwoju i zmian w przedsiębiorstwie. Dalsze badania obejmują: prace nad stworzeniem programu komputerowego, implementacja rozwiązania w przedsiębiorstwie, testowanie narzędzia na rzeczywistych danych wraz analizą i publikacją otrzymanych wyników badań.

## **Literatura:**

1. Choi, S. Y., Lee, H., Yoo, Y., The Impact of Information Technology and Transactive Memory Systems on Knowledge Sharing, Application, and Team Performance: A Field Study, *MIS Quarterly* Vol. 34 No. 4, December 2010, pp. 855-870.
2. Drucker, P., 1964. *Managing for Results*, New York: Harper & Row.
3. Enengel B., Muhar A., Penker M., Freyer B., Drlike S., Ritter F., Co-production of knowledge in transdisciplinary doctoral theses on landscape development— An analysis of actor roles and knowledge types in different research phases, *Landscape and Urban Planning* 105 (2012) 106–117, tu s. 109.
4. Gasik S., A Model of Project Knowledge Management *Project Management Journal*, Vol. 42, No. 3, 23–44, tu.: 33.
5. Grzegorzczak A., Kamińska-Kokot R., Wiedza jako obiekt pomiaru, W: *Procesy decyzyjne w warunkach niepewności*, (Red.) A. Grzegorzczak, Wyższa Szkoła Promocji, Warszawa 2012, pp. 8- 20, str 10.

6. Han, J., Kamber, M., Pei, J., 2012. *Data Mining: Concepts and Techniques*, Waltham: Elsevier Inc.
7. Hirsch Hadorn, G., Pohl, C., Bammer, G. (2010). Solving problems through transdisciplinary research. In R. Frodeman (Ed.), *The Oxford handbook of interdisciplinarity* (pp. 431–452). Oxford: Oxford University Press.
8. Holste, J. S., Fields, D., (2010) "Trust and tacit knowledge sharing and use", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 14 Issue: 1, pp.128-140.
9. <http://nbisweden.github.io/MrBayes/>
10. <http://www.agenarisk.com/>
11. <http://www.aispace.org/index.shtml>
12. <https://www.bayesfusion.com/>
13. Jashapara, A., *Zarządzanie wiedzą*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2006.
14. Kłós S., Justyna Patalas-Maliszewska J., *Analiza procesów związanych z utrzymaniem ruchu linii produkcyjnej w oparciu o metodę symulacji komputerowej*, W: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji* / red. Ryszard Knosala . T. 2 .- Opole : Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2017 - s. 548-559.
15. Leibold M., Probst G., Gibbert M., *Strategic Management in the Knowledge Economy*, Publicis Kommunikations Agentur Gmbh, GWA, Erlanger 2002, s. 190-191.
16. Liao, S. H., Wu, C. C., Hu, D. C., Tsui, K. A., Relationships between knowledge acquisition, absorptive capacity and innovation capability: an empirical study on Taiwan's financial and manufacturing industries, *Journal of Information Science archive*, Volume 36 Issue 1, February 2010, s. 19-35.
17. Lucas, L. (2005), The impact of trust and reputation on the transfer of best practices, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 9 No. 4, pp. 87-101.
18. Mendryk I., *Źródła wiedzy organizacyjnej – wyniki badań polskich przedsiębiorstw*, *Zeszyty naukowe: Współpraca w łańcuchach dostaw a konkurencyjność przedsiębiorstw w kooperujących sieci*, 2011, nr 32, s. 328.
19. Mikuła B., *Istota zarządzania wiedzą w organizacji*, W: *Komunikacja w procesach zarządzania wiedzą*, pod red. Arkadiusza Potockiego, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2011, s. 11- 31, tu s. 30.
20. Mikuła B., *TRANSFER WIEDZY W ORGANIZACJI*, W: *Komunikacja w procesach zarządzania wiedzą*, pod red. Arkadiusza Potockiego, Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków 2011, ss. 59-76.
21. Nonaka, I., Takeuchi, H.: *The knowledge-Creating company. How Japanese Companies Create the Dynamic of Innovation*. Oxford University Press, New York, 1995.

22. Nonaka, I., Toyama, R., Konno, T.: SECI, Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. *Long Range Planning*, No. 33 (2000).
23. Nonaka, I., Von Krogh G., Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advancement in Organizational Knowledge Creation Theory, *Organization Science* Vol. 20, No. 3, May–June 2009, pp. 635–652.
24. Nycz M., Owoc M.L. (red.), *Pozyskiwanie wiedzy i zarządzanie wiedzą*, Akademia Ekonomiczna im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław 2004, s. 68.
25. Olbryś J., Sieć bayesowska jako narzędzie pozyskiwania wiedzy z ekonomicznej bazy danych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Informatyka – Zeszyt 2*, 93/ 2007.
26. Panahi, S., Watson, J., & Partridge, H., Social Media and Tacit Knowledge Sharing: Developing a Conceptual Model, *International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering* Vol:6, No:4, 2012.
27. Patalas-Maliszewska, J., Dudek A., 2016. A Model of a Tacit Knowledge Transformation for the Service Department in a Manufacturing Company: A Case Study. *Foundations of Management, International Journal*, Issue 8(1), pp.175-188.
28. Patalas-Maliszewska, J., Śliwa M., "The Role of Knowledge Acquisition in a Company—Research Results from German and Polish Manufacturing Companies." *Foundations of Management* 9.1 (2017): 87-98.
29. Perechuda K., *Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie*, praca zbiorowa, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
30. Ren, Y., Luo, X, Dynamic models of knowledge in virtual organizations, *Information Knowledge Systems Management*, vol. 11, no. 3,4, pp. 205-224, 2012.
31. Siraj, S., Mikhailov, L. and Keane, J. A. (2015), PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments, *International Transactions in Operational Research*, 22, p. 217–235.
32. Skarka W., *Metodologia procesu projektowo-konstrukcyjnego opartego na wiedzy*”, 2007, str 34.
33. Song, J., Asakawa, K., Chu, Y., What determines knowledge sourcing from host locations of overseas R&D operations?: A study of global R&D activities of Japanese multinationals, *Research Policy* 40 (2011) 380–390, s. 382.
34. Śliwa M., Patalas-Maliszewska J., Model of converting tacit knowledge into explicit knowledge on the example of R&D department of the manufacturing company, including evaluation of knowledge workers' usefulness, *Journal of Theoretical and Applied Computer Science* Vol. 9, No. 3, 2015, 25-24.

35. Śliwa M., Patalas-Maliszewska J., A Strategic Knowledge Map for the Research and Development Department in a Manufacturing Company, *Foundations of Management* 8.1 (2016): 151-166.
36. Tabaszewska E., Wprowadzanie i funkcjonowanie systemów zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwach, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, 2012.
37. Thies P. R., Smith G. H, Johanning L., Addressing failure rate uncertainties of marine energy converters, *Renewable Energy* 44 (2012) 359-367, tu s.360.
38. Wang, Z., Wang, N, Knowledge sharing, innovation and firm performance, *Expert Systems with Applications* 39 (2012), 8899–8908.
39. Wen, Z., Li, T. (Eds.). (2014). *Knowledge Engineering and Management: Proceedings of the Eighth International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering*, Shenzhen, China, Nov 2013 (ISKE 2013) (Vol. 278). Springer, s. 174.
40. Wu, Q., Bell, D., McGinnity, M., Guo, G., Decision Making Based on Hybrid of Multi-Knowledge and Naive Bayes Classifier, *Studies in Computational Intelligence (SCI)* 6, 171–184 (2005), str 181-182.
41. Xiuxu, Z., Zhu, Y., Application Research of Ontology-enabled Process FMEA Knowledge Management Method, *I.J. Intelligent Systems and Applications*, 2012, 3, 34-40, tu 34.
42. Yang, S. C., Farn, C. K., Social capital, behavioural control, and tacit knowledge sharing—A multi-informant design, *International Journal of Information Management* 29 (2009) 210–218.
43. Yuan Fu, Q., Ping Chui, Y., Helander, M. G. (2006), Knowledge identification and management in product design", *Journal of Knowledge Management*, Vol. 10 Iss: 6, pp. 50 – 63.
44. Kriegel H.P., Schubert E. , Zimek A., The (black) art of runtime evaluation: Are we comparing algorithms or implementations?, *Knowledge and Information Systems*, pp 1–38, 2016.

## Streszczenie

W artykule zaprezentowano koncepcję oceny poziomu wiedzy technicznej w dziale badawczo-rozwojowym opracowaną na podstawie analizy literatury przedmiotu. Sporządzono charakterystykę wiedzy ukrytej i jawnej w dziale badawczo-rozwojowym w przedsiębiorstwie produkcyjnym, wyróżniono sposoby jej pozyskiwania i podziału w przedsiębiorstwie. Następnie zbudowano model Bayes'a, którego zastosowanie pozwoli na dokonanie oceny poziomu wiedzy technicznej w dziale badawczo-rozwojowym. Model został zbudowany

w oparciu o wiedzę pozyskaną za pomocą wywiadów bezpośrednich z pracownikami z rzeczywistego przedsiębiorstwa produkcyjnego z branży automotive, z działu B+R. W podsumowaniu zawarto dalsze kierunki badań.

## **Abstract**

The article presents the concept of the level of technical knowledge estimation in the research and development department based on the literature analysis of the subject. The characteristics of hidden and open knowledge in the research and development department in the production enterprise were prepared, and the methods of its acquisition and division in the enterprise were distinguished. Next, the Bayes model was built, the application of which will allow to assess the level of technical knowledge in the research and development department. The model was built based on the knowledge acquired through direct interviews with employees from a real manufacturing company from the automotive industry, from the R & D department. The summary contains further directions of research.