

Wojciech ZOLEŃSKI  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Zarządzania i Administracji

## OCENY WIELOKRYTERIALNE W PROCESACH DECYZYJNYCH

**Streszczenie.** Oceny wielokryterialne złożonych zjawisk są ważną częścią problemów decyzyjnych. W ocenach wielokryterialnych występują różnego typu trudności, a w szczególności licznosc i różnorodność ocenianych zjawisk, licznosc i różnorodność zmiennych diagnostycznych, charakteryzujących oceniane zjawisko, trudność przekształcenia charakterystyk jakościowych na mierniki ilościowe oraz trudności w agregacji cząstkowych kryteriów oceny. W artykule przedstawiono wybrane modele ocen wielokryterialnych, które odpowiadają różnym sytuacjom decyzyjnym.

## THE MULTI-CRITERIA EVALUATIONS IN DECISION PROBLEMS

**Summary.** Multi-criteria evaluation of complex phenomena is an important part of decision problems. The multi-criteria evaluations are different types of difficulties, in particular, the multiplicity and diversity of the assessed phenomena, the multiplicity and the variety of diagnostic variables characterizing the evaluated phenomenon, the difficulty to transform the quality characteristics of quantitative traits, the difficulty of aggregating sub-criteria. This paper presents selected models of multi-criteria evaluation corresponding to different decision-making situations.

### 1. Wstęp

Ocena to sąd wartościujący, wyrażający pozytywne lub negatywne ustosunkowanie oceniającego do przedmiotu oceny (osoby, stanu rzeczy, zdarzenia). Wartość, czyli to wszystko, co jest cenione, jest pojęciem pierwotnym<sup>1</sup>. Dla dokonania prawidłowej oceny

<sup>1</sup> Grzegorzczak A.: Psychiczna osobliwość człowieka. Scholar, Warszawa 2003, s. 53.

konieczna jest znajomość przedmiotów oceny oraz uwarunkowań mających wpływ na wartościowanie (rys. 1.). Dlatego w procesie oceniania występują dwie, główne składowe:

- subiektywna (ocena w ścisłym znaczeniu), czyli wyznaczenie wartości przedmiotów oceny zgodnie z systemem wartości podmiotu, dla którego przeznaczona jest ocena,
- obiektywna (ocena stanu rzeczy), czyli sposób pozyskiwania możliwie pełnych informacji o przedmiotach oceny oraz o uwarunkowaniach mających wpływ na wartościowanie. Część tych informacji nie jest dostępna obserwacyjnie czy pomiarowo, dlatego konieczne jest pozyskanie ich metodami pośrednimi, przede wszystkim przez oszacowanie ekspertowe, czyli przewidywanie oparte na doświadczeniach i modelach myślowych ekspertów<sup>2</sup>. W oszacowaniu ekspertowym pomocne mogą być metody statystyczne i metody sztucznej inteligencji (m.in. systemy ekspertowe, sieci neuronowe).

Przedmiotami oceny na ogół są zjawiska złożone<sup>3</sup>, to znaczy opisywane przez przynajmniej jedną cechę jakościową lub przynajmniej dwie cechy ilościowe czy logiczne. Przykładami zjawisk złożonych mogą być kwalifikacje pracowników<sup>4</sup>, konkurencyjność wyrobów, źródła zaopatrzenia materiałowego<sup>5</sup>, atrakcyjność kontraktów<sup>6</sup>. Ocena zjawisk złożonych jest oceną wielokryterialną.

W artykule przedstawiono złożoność uwarunkowań procesu oceniania wielokryterialnego. Aby uwzględnić te uwarunkowania, konieczne jest zastosowanie licznych i różnorodnych modeli ocen wielokryterialnych<sup>7</sup>.

<sup>2</sup> Hawkins J., Blakeslee S.: Istota inteligencji. Helion, Gliwice 2006.

<sup>3</sup> Kukuła K.: Metoda unitaryzacji zerowanej. PWN, Warszawa 2000.

<sup>4</sup> Gumiński A.: Narzędzia informatyczne stosowane w zarządzaniu zasobami ludzkimi w górnictwie węgla kamiennego. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 53. Politechnika Śląska, Gliwice 2010.

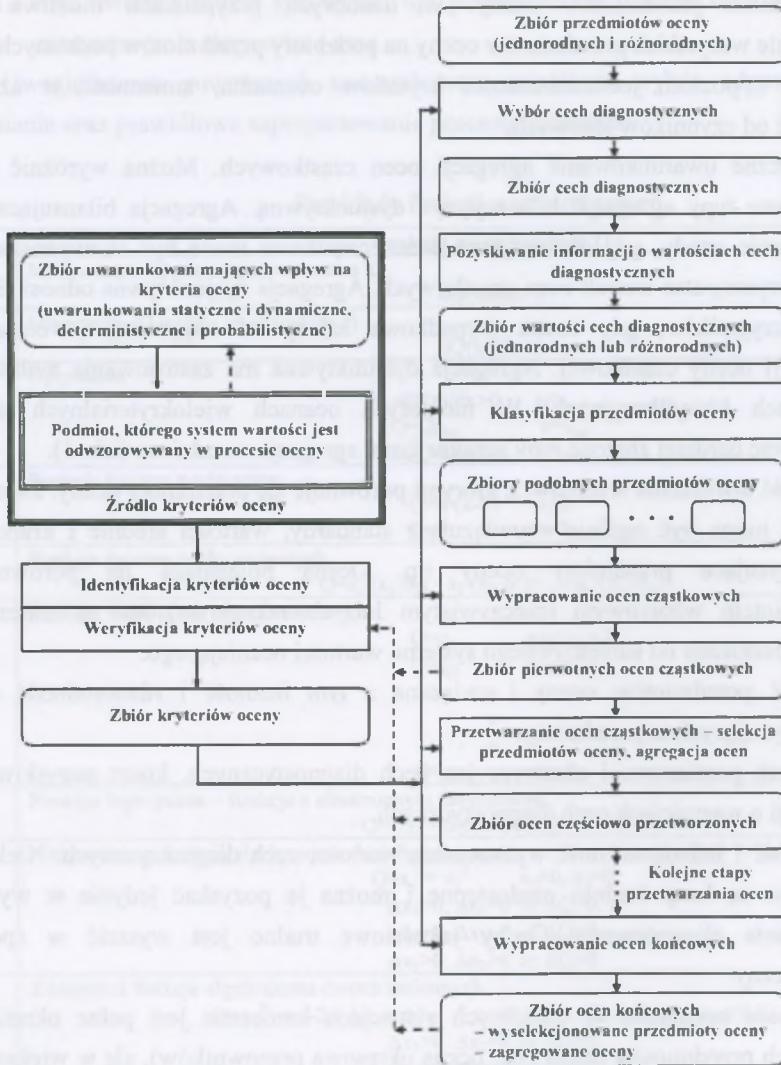
<sup>5</sup> Matuszek M.: Problem wyboru dostawcy na etapie analizy zamówienia w środowisku produkcji na zamówienie. Zeszyty Naukowe, nr 702, s. Ekonomiczne Problemy Usług, nr 87. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2012.

<sup>6</sup> Dohn K.: Metoda identyfikacji cech istotnych do oceny procesu produkcyjnego. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 60. Politechnika Śląska, Gliwice 2012.

<sup>7</sup> Matuszek M., Zoleński W.: Selected models of multi-criteria evaluations in the system supporting management in the area of knowledge management. "Information Systems in Management", Vol. 1(4). WULS Press, Warsaw 2012.

## 2. Proces oceniania i jego uwarunkowania

Ogólną charakterystykę procesu oceny przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Ogólna charakterystyka procesu oceniania

Fig. 1. The general characteristics of the assessment process

Źródło: Opracowanie własne.

W ocenianiu wielokryterialnym można wyszczególnić następujące uwarunkowania:

1. Liczność zbioru przedmiotów oceny. Nie zawsze zachodzi potrzeba pełnej oceny wszystkich przedmiotów.
2. Różnorodność przedmiotów oceny. W niektórych przypadkach możliwe jest podzielenie wszystkich przedmiotów oceny na podzbiory przedmiotów podobnych.
3. Liczność i poziom jednoznaczności kryteriów oceniania, zmienność w czasie, zależność od czynników losowych.
4. Merytoryczne uwarunkowania agregacji ocen częściowych. Można wyróżnić dwa podstawowe typy agregacji: bilansującą i dysjunktywną. Agregacja bilansująca ma zastosowanie wtedy, gdy niekorzystna ocena częściowa może być skompensowana przez korzystny stan innych ocen częściowych. Agregacja dysjunktywna odnosi się do takich przypadków, gdy ocena wypadkowa zależy od najgorszej (ewentualnie najlepszej) oceny częściowej. Agregacja dysjunktywna ma zastosowanie zwłaszcza w ocenach klasyfikacyjnych. W niektórych ocenach wielokryterialnych mogą występować bardziej złożone typy agregacji, np. agregacja zwodnicza (tab. 1).
5. Możliwość utworzenia wzorców, z którymi porównuje się przedmioty oceny. Źródłem wzorców mogą być ogólnie obowiązujące standardy, wartości średnie i krańcowe charakteryzujące przedmioty oceny itp. Ocena polegająca na porównaniu z przedmiotem wzorcowym (rzeczywistym lub abstrakcyjnym) jest w znacznym stopniu niezależna od subiektywnego systemu wartości ocenianego.
6. Złożoność przedmiotów oceny i związana z tym licznosc i różnorodność cech charakteryzujących te przedmioty.
7. Dostępność pomiarowa i obserwacyjna cech diagnostycznych, koszt pozyskiwania informacji o wartościach cech diagnostycznych.
8. Dokładność i jednoznaczność wyznaczania wartości cech diagnostycznych. Niektóre informacje są bezpośrednio niedostępne i można je pozyskać jedynie w wyniku oszacowania ekspertowego. Cechy jakościowe trudno jest wyrazić w sposób jednoznaczny.
9. Cel procesu oceniania. W niektórych sytuacjach konieczne jest pełne określenie wszystkich przedmiotów oceny (np. ocena okresowa pracowników), ale w większości przypadków, np. w problemach decyzyjnych, wystarczy dokonać wyboru tylko jednego lub kilku najlepszych przedmiotów oceny.
10. Postać ocen końcowych. Przedmioty oceny mogą być scharakteryzowane opisem słownym, kilkoma ocenami częściowymi lub jedną oceną zagregowaną. Możliwe jest też utworzenie rankingu przedmiotów oceny (wszystkich lub tylko najlepszych) lub podział na grupy selekcyjne (klasy).

11. Wymogi stawiane procesowi oceny – dokładność i trafność ocen, koszt procesu oceniania, czas oceniania, jednolite traktowanie wszystkich przedmiotów oceny (istotne np. w procedurach przetargowych).

12. Inne uwarunkowania sytuacyjne, np. powtarzalność procesu oceniania, konieczność zaangażowania ekspertów i inne.

Uwzględnienie powyższych uwarunkowań umożliwia wybór odpowiednich modeli oceniania oraz prawidłowe zaprojektowanie procesu oceniania.

Tabela 1

## Przykłady funkcji wartościujących

Lp.	Funkcja wartościująca Q
1.	Maksymanta (Q wzrasta ze wzrostem x) $dQ(x)/dx > 0$
2.	Minimanta (Q maleje ze wzrostem x) $dQ(x)/dx < 0$
3.	Optymanta $dQ(x)/dx > 0 \quad x < x_{opt}$ $Q = Q_{max} \quad x = x_{opt}$ $dQ(x)/dx < 0 \quad x > x_{opt}$
4.	Funkcja liniowa z odcięciem $Q = a \cdot (x - b) \quad x \geq b$ $Q = 0 \quad x < b$
5.	Funkcja liniowa wielu zmiennych $Q = a_1 \cdot (x_1 - b_1) + a_2 \cdot (x_2 - b_2) + \dots + a_n \cdot (x_n - b_n)$
6.	Funkcja schodkowa jednej zmiennej $Q = q_1 \quad x \in < a_0, a_1 >$ $Q = q_2 \quad x \in < a_1, a_2 >$ • • • $Q = q_n \quad x \geq a_n$
7.	Funkcja logistyczna – funkcja z obustronnym nasyceniem $Q = 1 / (1 + \exp(-a \cdot (x - b))) \quad a > 0$
8.	Niezwodnicza funkcja algebraiczna dwóch zmiennych $Q = x_1^2 + x_2^2 \quad x_1 = 0, x_2 = 0$ $\Delta x_1 > 0, \Delta x_2 = 0 \Rightarrow \Delta Q > 0$ $\Delta x_1 = 0, \Delta x_2 > 0 \Rightarrow \Delta Q > 0$ $\Delta x_1 > 0, \Delta x_2 > 0 \Rightarrow \Delta Q > 0$
9.	Zwodnicza funkcja algebraiczna dwóch zmiennych $Q = x_1^2 + x_2^2 - 2 \cdot 1 \cdot (x_1 + x_2) \quad x_1 = 0, x_2 = 0, \Delta x_1 \in (0, 1), \Delta x_2 \in (0, 1)$ $\Delta x_1 > 0, \Delta x_2 = 0 \Rightarrow \Delta Q > 0$ $\Delta x_1 = 0, \Delta x_2 > 0 \Rightarrow \Delta Q > 0$ $\Delta x_1 > 0, \Delta x_2 > 0 \Rightarrow \Delta Q < 0$
10.	Niezwodnicza funkcja logiczna dwóch zmiennych $Q = x_1 \vee x_2$ $Q(\text{FALSE}, \text{FALSE}) = \text{FALSE} \quad Q(\text{FALSE}, \text{TRUE}) = \text{TRUE}$ $Q(\text{TRUE}, \text{FALSE}) = \text{TRUE} \quad Q(\text{TRUE}, \text{TRUE}) = \text{TRUE}$
11.	Zwodnicza funkcja logiczna dwóch zmiennych $Q = (x_1 \wedge \neg x_2) \vee (\neg x_1 \wedge x_2)$ $Q(\text{FALSE}, \text{FALSE}) = \text{FALSE} \quad Q(\text{FALSE}, \text{TRUE}) = \text{TRUE}$ $Q(\text{TRUE}, \text{FALSE}) = \text{TRUE} \quad Q(\text{TRUE}, \text{TRUE}) = \text{FALSE}$

Źródło: Opracowanie własne.

### 3. Modele procesów oceniania i występujących w nich procedur

Aby przezwyciężyć trudności występujące w ocenianiu wielokryterialnym, stosuje się różnorodne modele procedur i całego procesu oceniania. W szczególności są to:

- precyzowanie oceny. Ze względu na typ oceny można wyróżnić:
  - oceny wartościujące, w których przedmiotowi oceny przypisywana jest wartość liczbowa,
  - oceny klasyfikacyjne, w wyniku których przedmiot oceny zostaje zaliczony do jednej z klas,
  - oceny opisowe (deskryptywne), polegające na opisie słownym struktury oraz najbardziej charakterystycznych cech ocenianego przedmiotu.

W przypadku zjawisk o dużej złożoności i różnorodności często dokonuje się najpierw oceny opisowej, następnie oceny klasyfikacyjnej, a na końcu oceny wartościującej.

- Selekcja przedmiotów oceny niespełniających określonych warunków. Szczególnymi przypadkami selekcji są:
  - odrzucenie przedmiotów oceny niespełniających warunków koniecznych, na ogół łatwych do sprawdzenia,
  - selekcja wieloetapowa polegająca na stopniowym odrzucaniu tych przedmiotów oceny, które nie spełniają najbardziej istotnych lub najłatwiej sprawdzalnych kryteriów oceny. Zdyskwalifikowanie przedmiotu oceny może też nastąpić w wyniku wstępnego, uproszczonego oszacowania. Koncepcja ta jest w pewnym sensie podobna do strategii A\* (A-star),
  - odrzucenie zdominowanych przedmiotów oceny, tzn. takich, które pod względem każdego z kryteriów cząstkowych są gorsze od innych przedmiotów oceny (optymalizacja w sensie Pareto). Koncepcja optymalności w sensie Pareto jest bardzo ogólna, ale nie ma zastosowania w przypadku zwodniczej agregacji ocen cząstkowych (por. tab. 1).
- Taksonomiczne metody oceny. Cechą charakterystyczną tych metod jest dążenie do uniezależnienia oceny od systemu wartościowania ocenającego. Odniesieniem porównawczym są cechy diagnostyczne całego zbioru przedmiotów oceny, poddane odpowiedniej obróbce statystycznej. Przykładem takiej metody jest zaproponowana przez Z. Hellwiga Wielokryterialna Analiza Porównawcza WAP<sup>8</sup>, w której jedno kryterium cząstkowe (lub częściowo zagregowane) przyjmuje się jako kryterium

<sup>8</sup> Hellwig Z.: Taksonometria ekonomiczna i jej osiągnięcia, zadania i cele. Akademia Ekonomiczna, Kraków 1990.

wiodące, a pozostałe kryteria oceny wykorzystywane są do sprawdzenia dopuszczalności rozwiązania<sup>9</sup>.

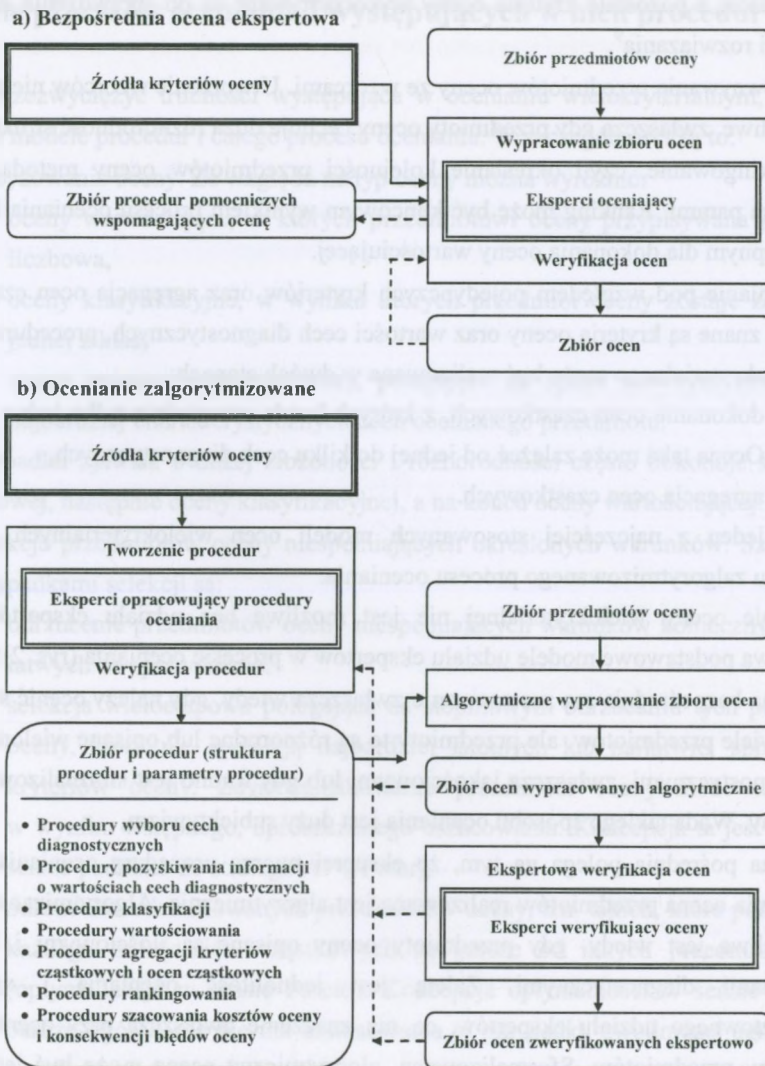
- Porównywanie przedmiotów oceny ze wzorcami. Utworzenie wzorców nie zawsze jest możliwe, zwłaszcza gdy przedmioty oceny cechuje duża różnorodność strukturalna.
- Rankingowanie, czyli określanie kolejności przedmiotów oceny metodą porównywania parami. Ranking może być końcowym wynikiem procesu oceniania lub etapem wstępnym dla dokonania oceny wartościującej.
- Ocenianie pod względem pojedynczych kryteriów oraz agregacja ocen cząstkowych. Gdy znane są kryteria oceny oraz wartości cech diagnostycznych, procedura oceniania wielokryterialnego może być realizowana w dwóch etapach:
  - dokonanie ocen cząstkowych, z których każda uwzględnia tylko jedno kryterium. Ocena taka może zależeć od jednej do kilku cech diagnostycznych,
  - agregacja ocen cząstkowych.

Jest to jeden z najczęściej stosowanych modeli ocen wielokryterialnych, zwłaszcza w przypadku zalgorytmizowanego procesu oceniania.

Dokonanie oceny wielokryterialnej nie jest możliwe bez udziału ekspertów. Można wyróżnić dwa podstawowe modele udziału ekspertów w procesie oceniania (rys. 2):

- ocena bezpośrednia ma zastosowanie zwłaszcza wtedy, gdy należy ocenić stosunkowo niewiele przedmiotów, ale przedmioty te są różnorodne lub opisane wieloma cechami diagnostycznymi, zwłaszcza jakościowymi lub gdy trudno jest sformalizować kryteria oceny. Wadą takiego sposobu oceniania jest duży subiektywizm,
- ocena pośrednia polega na tym, że eksperci tworzą procedury oceniania, a bezpośrednia ocena przedmiotów realizowana jest algorytmicznie. Algorytmizacja oceniania możliwa jest wtedy, gdy przedmioty oceny opisane są ilościowymi i logicznymi cechami diagnostycznymi. Zaletą jest jednolitość oceniania i ograniczenie kosztownego udziału ekspertów, co ma znaczenie zwłaszcza przy ocenianiu dużej liczby przedmiotów. Sformalizowana, algorytmiczna ocena może być jednak mniej trafna, zwłaszcza wtedy, gdy przedmiot oceny ma specyficzne cechy indywidualne, które nie zostały uwzględnione przy tworzeniu procedury oceniania.

<sup>9</sup> Hawkins J., Blakeslee S.: op.cit.



Rys. 2. Rola ekspertów w procesie oceniania

Fig. 2. The role of experts in the evaluation process

Źródło: Opracowanie własne.

Ważnymi instrumentami oceniania zalgorytmizowanego są funkcje wartościujące (tab. 1) oraz funkcje agregujące oceny cząstkowe. Najczęściej stosuje się funkcje wartościujące jednej zmiennej, które dla każdej cechy diagnostycznej wyznaczają ocenę cząstkową. W stosunkowo prostych modelach oceniania stosuje się też funkcje wartościujące wielu zmiennych,



np. funkcje liniowe, które wyznaczają oceny zagregowane. Funkcje agregujące oceny cząstkowe mają postać podobną do funkcji oceniających wielu zmiennych (tab. 1).

#### 4. Optymalizacja procesu oceniania wielokryterialnego

Liczność uwarunkowań i modeli oceniania sprawia, że istnieją duże możliwości optymalizacji procesu oceniania wielokryterialnego. Optymalizacja dotyczy zarówno nakładów związanych z ocenianiem jak i jakości ocen.

Głównymi składnikami kosztów oceniania są koszty pozyskiwania informacji o ocenianych obiektach (wiedzy faktograficznej) oraz koszty związane z udziałem ekspertów oceniających.

Pozyskiwanie wiedzy faktograficznej wiąże się z pewnymi nakładami (koszty, czas pozyskiwania informacji). Nakłady, jakie trzeba ponieść na poznanie faktów są zróżnicowane. Zróżnicowane jest też prawdopodobieństwo, że dany fakt będzie miał duży wpływ na ocenę obiektu, np. zdyskwalifikowanie niezależnie od innych cech obiektu. W wielu przypadkach możliwe jest zastosowanie pewnych procedur optymalizujących pozyskiwanie wiedzy faktograficznej<sup>10</sup>.

W pewnych wypadkach koszty związane z udziałem ekspertów można ograniczyć przez pozyskanie wiedzy ekspertowej i zarejestrowanie w bazie wiedzy systemu ekspertowego w celu wielokrotnego jej wykorzystania (por. rys. 2b).

W jakości oceny można wyróżnić wiele składowych, m.in. dokładność, obiektywizm, poprawność formalną, trafność odwzorowania systemu wartości. Cechy te można w pewnym stopniu kształtować przez wybór odpowiednich modeli oceniania.

Optymalizacja procesu oceniania, uwzględniająca układ licznych uwarunkowań i licznych modeli nie jest łatwa. Dlatego celowe jest opracowanie odpowiednich procedur wspomaganych przez system ekspertowy<sup>11</sup>. Komputerowe wspomaganie procesu oceniania zostanie przedstawione w następnych publikacjach autora.

<sup>10</sup> Por. Zoleński W.: Koncepcja systemu ekspertowego wspomagającego pozyskiwanie wiedzy. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 70. Politechnika Śląska, Gliwice 2014.

<sup>11</sup> Por. Zoleński W.: Koncepcja narzędzia informatycznego wspomagającego realizację procesów biznesowych w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn. Zeszyty Naukowe, nr 763, s. Ekonomiczne Problemy Usług, nr 105. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2013.

## 5. Podsumowanie

Wielokryterialna ocena zjawisk złożonych jest ważnym elementem problemów decyzyjnych. Prawidłowe zaprojektowanie procesu oceniania, efektywnego i zapewniającego dobrą jakość oceny, wymaga uwzględnienia licznych uwarunkowań i dokonania wyboru odpowiednich modeli oceniania. Przedstawione w artykule koncepcje zostały zastosowane w Systemie Wspomagającym Zarządzanie w zakresie Zarządzania Wiedzą w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn<sup>12</sup>.

## Bibliografia

1. Dohn K.: Metoda identyfikacji cech istotnych do oceny procesu produkcyjnego. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 60. Politechnika Śląska, Gliwice 2012.
2. Dohn K., Gumiński A., Matuszek M., Zoleński W.: Model wspomagania zarządzania w zakresie zarządzania wiedzą w polskich przedsiębiorstwach budowy maszyn. Difin, Warszawa 2013.
3. Grzegorzczak A.: Psychiczna osobliwość człowieka. Scholar, Warszawa 2003.
4. Gumiński A.: Narzędzia informatyczne stosowane w zarządzaniu zasobami ludzkimi w górnictwie węgla kamiennego. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 53. Politechnika Śląska, Gliwice 2010.
5. Hawkins J., Blakeslee S.: Istota inteligencji. Helion, Gliwice 2006.
6. Hellwig Z.: Taksonometria ekonomiczna i jej osiągnięcia, zadania i cele. Akademia Ekonomiczna, Kraków 1990.
7. Kukuła K.: Metoda unitaryzacji zerowanej. PWN, Warszawa 2000.
8. Matuszek M.: Problem wyboru dostawcy na etapie analizy zamówienia w środowisku produkcji na zamówienie. Zeszyty Naukowe, nr 702, s. Ekonomiczne Problemy Usług, nr 87. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2012.
9. Matuszek M., Zoleński W.: Selected models of multi-criteria evaluations in the system supporting management in the area of knowledge management. "Information Systems in Management", Vol. 1(4) 2012. WULS Press, Warsaw 2012.

<sup>12</sup> Dohn K., Gumiński A., Matuszek M., Zoleński W.: Model wspomagania zarządzania w zakresie zarządzania wiedzą w polskich przedsiębiorstwach budowy maszyn. Difin, Warszawa 2013.

10. Zoleński W.: Koncepcja narzędzia informatycznego wspomagającego realizację procesów biznesowych w przedsiębiorstwach przemysłu budowy maszyn. Zeszyty Naukowe, nr 763, s. Ekonomiczne Problemy Usług, nr 105. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2013.
11. Zoleński W.: Koncepcja systemu ekspertowego wspomagającego pozyskiwanie wiedzy. Zeszyty Naukowe, s. Organizacja i Zarządzanie, z. 70. Politechnika Śląska, Gliwice 2014.

## Abstract

The multi-criteria assessment of complex phenomena is the important part of decision problems. The proper design of the assessment process, ensuring efficient and high quality assessment requires the consideration of a number of conditions and the selection of appropriate of assessment models. The conceptions presented in this article are used in the information system supporting knowledge management in mechanical engineering industry companies.