

Henryk KRAWCZYK<sup>1</sup>, Andrew TARGOWSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Gdańska, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki

<sup>2</sup>Western Michigan University, USA

## **MĄDRE PODEJMOWANIE DECYZJI W SYTUACJACH PROBLEMATYCZNYCH POPRAWIAJĄCE WYBÓR ROZWIĄZAŃ**

**Streszczenie.** Przedstawiono klasyfikację problemów od precyzyjnie zdefiniowanych do intuicyjnie zrozumiałych. Dla złożonych problemów zaprezentowano nowy model wyboru rozwiązań uwzględniający ocenę ich zalet oraz wad. Rozpatrzono zarówno indywidualne jak i zespołowe procedury podejmowania takich decyzji. Zasugerowano występowanie nierozstrzygalnych sytuacji, które wymagają mądrych ludzkich działań. Sprowadzają się one często do wyboru właściwej metody uzgadniania ocen rozpatrywanych rozwiązań, jak też do otwartości pozwalającej na uwzględnienie w takiej ocenie, wszystkich racjonalnych kontrargumentów. Podkreślono, że świat wirtualny daje szansę na pozyskanie nowej wiedzy o tego typu działaniach co może ułatwić poznanie ludzkiej mądrości.

## **WISE DECISION-MAKING MODELS IN UNCLEAR PROBLEMATIC SITUATIONS, IMPROVED SOLUTION SELECTION**

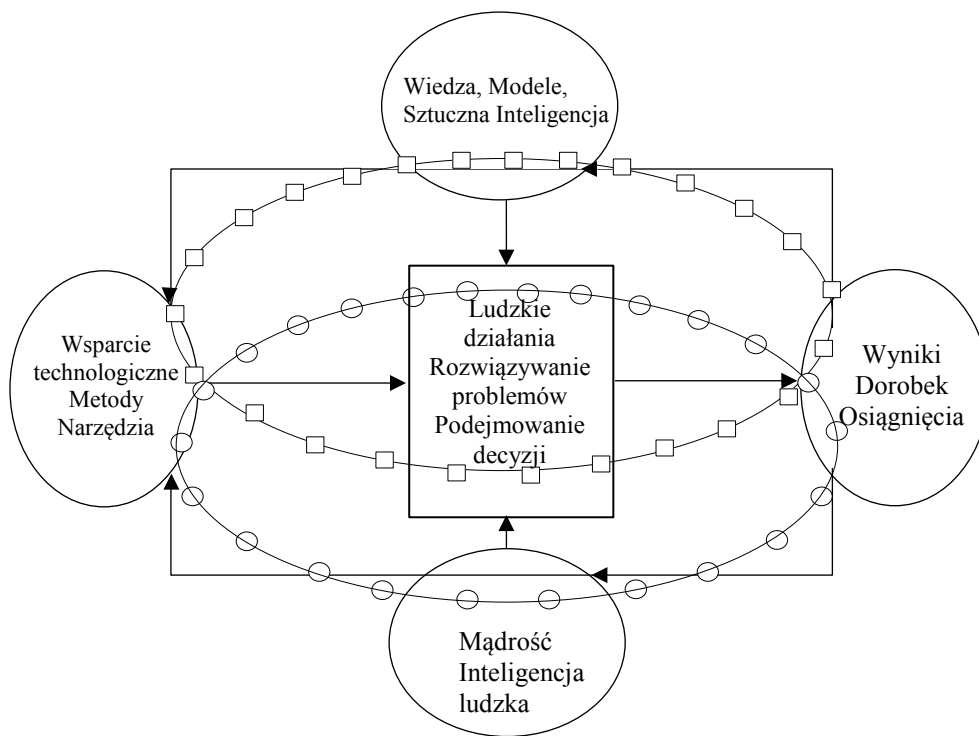
**Summary.** The proposition of problem classification, from strictly defined to almost intuitive ones, is given in the paper. A new model for selection of complicated problem solutions, based on evaluation of their advantages and disadvantages, is offered. Both individual and collective decision-making procedures are considered. In the majority of realistic spontaneous situations wise human activities are mandatory. It means that decision-makers could agree on the evaluation methodology of the considered solutions, and during that evaluation they must be open to accept the relative weight of all the rational opposing arguments. The paper also shows that the virtual world gives us a real chance to collect new knowledge about such activities, which can allow us to recognize what “wise” means.

### **1. Wprowadzenie**

Podjęcie decyzji wiąże się z różną działalnością człowieka. Dla każdego problemu stara się on znaleźć najlepsze rozwiązanie, w zależności od bieżących uwarunkowań (kontekstu) czy własnych doświadczeń, wykorzystując porady innych, czy własną intuicję. Procesy podejmowania decyzji zachodzą w mózgu człowieka i są

na tyle złożone, że nadal w pełni nieznane. Laureat Nagrody Nobla – Daniel Kahneman – wykazał, że człowiek decyduje szybko, bez namysłu, kiedy decyzje są proste i powtarzalne, a w innych przypadkach, po namyśle, rozwadze i analitycznej analizie [6]. Jeśli wskazane rozwiązanie, prowadzi w czasie do realizacji założonego celu, to stwierdza się, że to była mądra decyzja jego wyboru. Istnieją pewne zalecenia jak podejmować takie decyzje [12]. Kto podejmuje takie decyzje zasygnalizowano w pracy [8].

Wraz z rozwojem technologii informacyjnej [13] pojawiło się wiele narzędzi i inteligentnych systemów wspomagających człowieka w podejmowaniu jego decyzji [9,10]. Na ogół wykorzystuje się podejście naukowe, które zadany problem sprowadza do dobrze wyspecyfikowanego modelu i dla takiego modelu określa się dopuszczalne rozwiązania [7]. Przyjmując następnie własne kryteria oceny wybiera się, na ogół już automatycznie, najlepsze rozwiązanie.



Rys. 1. Ludzkie działanie w świecie rzeczywistym (○-○-○) i wirtualnym (□-□-□)

Problemy podejmowania decyzji ze świata rzeczywistego można transformować do świata wirtualnego. W ten sposób staje się łatwiejsze i tańsze wykonywanie różnego typu eksperymentów (np. inteligentny budynek zmienia się w wirtualny bliźniak), które dostarczają wiele nowych danych [5] ułatwiających dokonywanie wyborów. Na podstawie rozwijanych algorytmów wydobywania wiedzy oraz sztucznej inteligencji (naśladującej inteligencję człowieka) można formułować nowe, optymalne zasady podejmowania decyzji. Tego typu postępowanie, dzięki rozwojowi

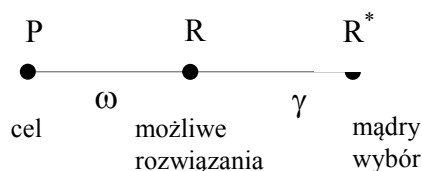
obliczeń wielkiej skali, okazało się na tyle skuteczne, że przyćmiło nawet rolę ludzkiej mądrości [8].

W świecie rzeczywistym bada się obecnie przede wszystkim ludzką inteligencję. Mniej więcej wiadomo jakie komponenty (procesy) ludzkiego mózgu sprawiają, że człowiek może komunikować się, uczyć się, rozwijać własną wiedzę czy tworzyć nowe modele i je poprawnie analizować. Okazuje się jednak, że człowiek nawet bardzo inteligentny nie musi być mądry. To oznacza, że może nie radzić sobie w wielu życiowych sprawach, gdzie problemy nie są tak dobrze określone i precyzyjnie zdefiniowane [12].

W artykule dokonano klasyfikacji problemów dla których poszukujemy rozwiązań oraz zaprezentowano metody decydujące o wyborze właściwych rozwiązań, w przypadku braku wystarczającej wiedzy, gdy nie mogą być wykorzystane znane deterministyczne podejścia. Metody te dotyczą rozwiązań dla których określono w pewien intuicyjny bądź profesjonalny sposób zarówno ich zalety jak i wady. Rozpatrzono przy tym indywidualne jak i zespołowe podejmowanie decyzji. Zaakcentowano te przypadki, w których mądrość ludzka odgrywa ciągle istotną rolę. Podano również jak gromadzić dane w świecie wirtualnym by móc analizować istotę mądrości.

## 2. Klasyfikacja problemów decyzyjnych

Sztuka życia polega na podejmowaniu trafnych decyzji, które umożliwiają osiągnięcie założonych celów. Istotne jest zauważenie pojawiającego się problemu (P) i następnie określenie możliwych jego rozwiązań (R) i na tej podstawie wybór najlepszego rozwiązania  $R^*$ . Innymi słowy poszukujemy odwzorowania  $\omega: P \rightarrow R$  oraz takiej funkcji decyzyjnej  $\gamma$ , że najlepsze rozwiązanie  $R^* = \gamma(R)$ . Rozpatrywaną sytuację ilustruje rysunek 2. Dla różnych klas problemów odwzorowania  $\omega$  mogą reprezentować różne algorytmy postępowania. Podobnie dla różnych możliwych zbiorów rozwiązań można formułować różne zasady wyboru ( $\gamma$ ) najodpowiedniejszego z nich. Przyjęty model reprezentuje więc zarówno pewne odwzorowania jak i pewne reguły podejmowania decyzji.



Rys. 2. Uproszczony model podejmowania decyzji

Przy realizacji różnych ludzkich przedsięwzięć można wyróżnić następujące klasy problemów:

- klasa I (PI) – do niej należą problemy precyzyjnie określone, dobrze formalnie zdefiniowane, dla których istnieją już jednoznaczne metody rozwiązania. Prostym przykładem jest znalezienie najkrótszej drogi między dwoma miastami, co dzisiaj wykorzystuje się w każdym programie planowania podróży.
- Klasa II (PII) są to problemy bardziej złożone niż PI, przy czym do znalezienia rozwiązania wymagają zdecydowanie większej mocy obliczeniowej. Do takich problemów należą, np. sortowanie ogromnych zbiorów danych czy modelowanie złożonych konstrukcji.
- Klasa III (PIII) dotyczy problemów zawierających pewne elementy niedeterministyczne. Dobrym tego przykładem są np. prognozowanie pogody, czy modelowanie zachowania się cząstek. Dzięki przyjętym uproszczeniom, można je czasem sprowadzić do problemów klasy P II.
- Klasa IV (PIV) zawiera problemy nie w pełni formalnie definiowalne, zawierająca w sobie pewne klasy znanych i nieznanymi podproblemów, często o przeciwstawnych charakterystykach, wymagające dodatkowej wiedzy do ich rozwiązania. Są to problemy dotyczące, np. opracowanie nowego produktu, czy przewidywanie tendencji zachowania się rynku.
- Klasa V (PV) – to złożone problemy życiowe nie w pełni formalnie definiowalne, ale również często tylko intuicyjnie wyczuwalne, których zauważenie wymaga zarówno dłuższego czasu obserwacji, jak również specjalistycznych umiejętności ludzkich. Na ogół w takich przypadkach niezbędna wiedza wymagana do sprecyzowania rozwiązania może być nie do zdobycia na aktualnym etapie rozwoju naukowego. Przykładami takich problemów mogą być określenie skutków zaniedbań ekologicznych, lub opracowanie efektywnych strategii rozwojowych danej organizacji czy wskazanego regionu.

Inną klasyfikację problemów można dokonać z uwagi na kategorie odpowiadającym im rozwiązań. W przypadku klasy problemów PI i PII ich rozwiązania są jednoznaczne i w pełni deterministyczne, często wymagające optymalizacji jednokryterialnej. W przypadku klasy problemów PIII możemy podać wiele wariantów rozwiązań o różnych, ale zgodnych charakterystykach. Rozwiązania dotyczące pozostałych klas problemów (PIV, PV) często dotyczą już optymalizacji wielokryterialnej (rozkład Pareto) nawet przy świadomym uproszczeniu analizowanych zjawisk czy procesów. Zadania wielokryterialne można sprowadzić do zadania jednokryterialnego przy założeniu parametryzacji wszystkich uwzględnianych kryteriów. Mogą wystąpić jednak trudności w dokonaniu odpowiedniej normalizacji wyróżnionych parametrów i właściwej agregacji funkcji celu. W konsekwencji uzyskujemy pewne subiektywne rozwiązanie bez możliwości porównania go z rozwiązaniami leżącymi w jego pobliżu, ale wyznaczonymi na podstawie trochę innych kryteriów. Odmienne podejście polega na znalezieniu pewnego zbioru rozwiązań z których każde będzie satysfakcjonujące. Prowadzi to do wyznaczenia tzw. rozwiązań niezdominowanych, dla których nie można polepszyć wybranego rozwiązania bez równoczesnego pogorszenia pozostałych. Pojawia się więc problem decyzji uzależnionych od wielu różnego typu czynników, których często nie da się

formalnie zapisać [4]. Wymaga to sporej intelektualnej zręczności by poradzić z takim problemem. Odwołując się do modelu z rysunku 2 możemy rozpatrywać różne warianty odwzorowania, gdy  $\omega$  oraz  $\gamma$  są znane lub nieznanne. W tabeli 1 wskazano które klasy problemów odpowiadają takim przypadkom.

Tabela 1

Odwzorowania a klasy problemów

$\omega$	$\gamma$	Klasa problemów
Znane	znane	PI, PII
Znane	nieznane	PIII
Nieznane	znane	PIV
Nieznane	nieznane	PV

W pracy przeanalizowano dość uproszczony model podejmowania decyzji dla klasy problemów PIV i PV. W szczególności ograniczono się do rozpatrzenia odwzorowania  $\gamma$ , które dotyczy podejmowania decyzji w przypadku wyboru najlepszego rozwiązania spośród wielu znalezionych już poprzednio rozwiązań.

### 3. Indywidualny model podejmowania decyzji

Przyjmujemy, że człowiek staje przed dylematem wyboru najlepszego rozwiązania  $R^*$  spośród istniejących propozycji  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ , przy czym każde rozwiązanie  $R_i$ ,  $i=1, 2, \dots, n$  zawiera pewne zalety ( $z_i$ ) i niestety pewne wady ( $w_i$ ). Dokonaną ocenę  $o_i$  rozwiązania  $R_i$  oznaczamy jako  $o_i = R(z_i, w_i)$ , gdzie  $z_i$  oznacza liczbę zalet zaś  $w_i$  liczbę wad. W ogólnym przypadku mogą to być listy zalet i wad wraz z oceną ich istotności dla każdego dokonującego wyboru właściwego rozwiązania. Wówczas porównywanie poszczególnych rozwiązań staje się bardziej złożone, niemniej nadal wykonalne.

Załóżmy na początek, że dokonujemy porównania tylko dwóch rozwiązań  $R_i$  i  $R_j$ . Wówczas zasady wyboru lepszego rozwiązania określa Tabela 2. Polegają one na niezależnym porównaniu (operacja  $\otimes$ ) zalet oraz wad tych rozwiązań. Jak wynika z tabeli 2, ocena jest prosta, gdy rozwiązania różnią się wyraźnie od siebie. Natomiast występują dwa przypadki nierozstrzygalne oznaczone znakiem zapytania. Stoimy przed dylematem wyboru rozwiązania o większych zaletach, ale też o większych wadach czy o mniejszych zaletach jak i mniejszych wadach. Wyjściem z sytuacji byłaby zmiana tego kryterium na jednokryterialne. Polega ono na wyborze rozwiązania o maksymalnej różnicy pomiędzy liczbą zalet i liczbą wad. Nie eliminuje to jednak sytuacji, gdzie takie różnice mogą być równe. Wówczas konieczne jest sformułowanie kolejnego kryterium wyboru. Wiąże się to z ciągłym zwiększaniem wiedzy o danym rozwiązaniu. Oczywiście im ta wiedza jest szersza tym wybór pomiędzy rozwiązaniami może okazać się lepszy. Takie postępowanie jest znane jako zasada kolejnego udoskonalania.

Jak wynika z tabeli 2, nawet przy tak prostych założeniach, występują dwa przypadki nierozstrzygalne oznaczone znakiem zapytania. Stoimy przed dylematem wyboru rozwiązania o większych zaletach, ale też o większych wadach czy

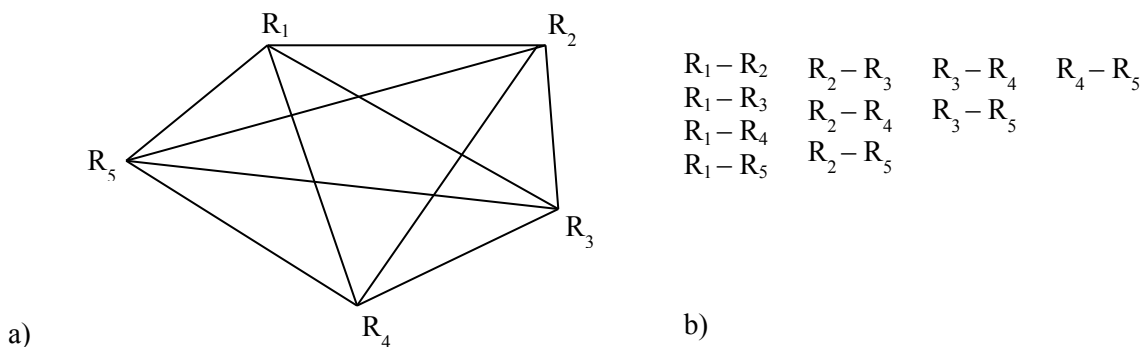
o mniejszych zaletach jak i mniejszych wadach. Wyjściem z sytuacji byłaby zmiana tego kryterium na jednokryterialne. Polega ono na wyborze rozwiązania o maksymalnej różnicy pomiędzy liczbą zalet i liczbą wad. Nie eliminuje to jednak sytuacji, kiedy takie różnice mogą być równe. Wówczas konieczne jest sformułowanie kolejnego kryterium wyboru. Wiąże się to z ciągłym zwiększaniem wiedzy o danym rozwiązaniu. Oczywiście im ta wiedza jest szersza tym wybór pomiędzy rozwiązaniami może okazać się lepszy. Takie postępowanie jest znane jako zasada kolejnego udoskonalania.

Tabela 2

Porównanie dwóch rozwiązań:  $R_i \otimes R_j$ 

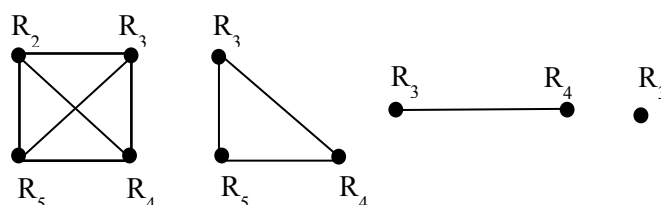
$z_i \otimes z_j$	$w_i \otimes w_j$	$\gamma(R)$
$z_i = z_j$	$w_i < w_j$	$R_i$
$z_i = z_j$	$w_i = w_j$	$R_i (R_j)$
$z_i = z_j$	$w_i > w_j$	$R_j$
$z_i > z_j$	$w_i < w_j$	$R_i$
$z_i > z_j$	$w_i = w_j$	$R_i$
$z_i > z_j$	$w_i > w_j$	?
$z_i < z_j$	$w_i < w_j$	?
$z_i < z_j$	$w_i = w_j$	$R_j$
$z_i < z_j$	$w_i > w_j$	$R_j$

Założmy dalej, że decydent powinien dokonać wyboru pomiędzy więcej niż dwoma rozwiązaniami. W takim przypadku analiza porównawcza polega na rozbudowie tabeli 2, która znacznie się komplikuje i pojawia się w niej znacznie więcej dylematów wyboru. Wówczas znacznie szybsze jest wykorzystanie analizy sekwencyjnej zamiast kombinacyjnej. Polega ona porównywaniu każdego dwóch rozwiązań. Zakładamy, że w każdym kroku pozwala to wyeliminować co najmniej jedno rozwiązanie, które jest najgorsze z porównywanych par rozwiązań. Na rysunku 3 zilustrowano takie postępowanie przy wyborze najlepszego rozwiązania spośród 5 możliwych:  $R = \{ R_1, R_2, R_3, R_4, R_5 \}$ .



Rys. 3. Sekwencyjny sposób porównywania rozwiązań a) graf porównań, b) sekwencja kolejnych porównań

Porównanie każdego rozwiązania z innymi można zilustrować za pomocą grafu zupełnego  $G\{R, E\}$  (patrz rysunek 4), gdzie wierzchołki tego grafu odpowiadają rozwiązaniom, ze zbioru  $R$ . Krawędzie zaś operacjom porównania, tzn.  $R_i \otimes R_j \Rightarrow \{z_i \otimes z_j, w_i \otimes w_j\}$ . W przypadku podejścia sekwencyjnego wybrane jedno rozwiązanie np.  $R_1$  porównujemy z innymi. Jest to pierwsza iteracja porównań, która eliminuje co najmniej jedno rozwiązanie. W naszym przypadku  $R_1$ . Następnie podobne czynności przyjmuje się dla grafu złożonego już z czterech wierzchołków. Tak postępujemy kolejno otrzymując graf złożony z trzech wierzchołków, z dwóch wierzchołków oraz finalnie z jednego. Wybranim rozwiązaniem jest w naszym przypadku  $R_3$ .



Rys. 4. Redukcja grafu poprzez eliminację pojedynczego rozwiązania

Chodzi o to by w wyniku takiego porównania, w każdej iteracji eliminowane było co najmniej jedno rozwiązanie. Zatem maksymalna liczba redukcji jest  $n-1$ , zaś w  $i$ -tej sekwencji dokonujemy co najwyżej  $(n-i)^2$  porównań, zatem w tym przypadku złożoność obliczeniowa wyniesie:

$$n \sum_{i=1}^{n-1} (n-i+1)^2 \approx 0 (n^3) \quad (1)$$

Rozpatrywany przypadek dotyczący wyboru rozwiązania przez jedną osobę, co może też oznaczać samodzielne podejmowanie decyzji przez lidera zespołu.

#### 4. Zespołowy model podejmowania decyzji

Rozpatrzmy obecnie model podejmowania decyzji, w którym dla rozpatrywanego problemu  $P$  wybiera się najlepsze rozwiązanie spośród wszystkich dostępnych rozwiązań. Takiego wyboru nie dokonuje tylko lider zespołu, a wszyscy jego członkowie ( $c_i$ ). Przez  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  oznaczmy taki zespół, gdzie  $m$  oznacza liczbę jego członków. W tym przypadku mamy kilka możliwości postępowania. Jednym z nich jest podejście w którym każdy z członków zespołu ocenia podzbiór  $k$  rozwiązań, gdzie  $k \leq n$ . Wybiera te, które jego zdaniem może ocenić w najbardziej wiarygodny sposób. W ten sposób potwierdza, że posiada wystarczającą wiedzę w tym zakresie. Taka ocena polega na ustaleniu rankingu analizowanych przez niego rozwiązań, przypisując im odpowiednie wagi z przedziału  $\langle 0,1 \rangle$ . Wybór rozwiązań przez poszczególnych członków zespołu może być przedstawiony jako graf  $H = H(C \cup R, A)$ . Jest to graf dwudzielny, gdzie jego wierzchołki reprezentują z jednej strony członków zespołu ( $C$ ), z drugiej zaś rozpatrywane rozwiązania ( $R$ ). Pomiędzy wierzchołkiem  $R_i$  a wierzchołkiem  $c_j$  istnieje krawędź  $a_{ij}$  wtedy i tylko wtedy, kiedy  $j$ -ty członek zespołu wskazuje rozwiązanie  $R_i$  jako jeden ze swoich priorytetowych wyborów. Na rysunku 5 przedstawiono model grafowy oceny rozwiązań przez zespół,

gdzie liczba członków zespołu wynosi 5, którzy dokonują wyboru spośród 6 rozwiązań.

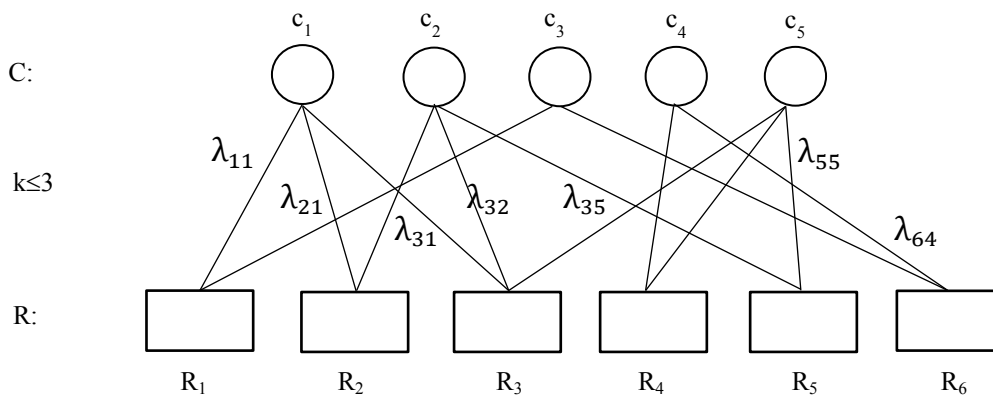
Niech każdy z członków zespołu ocenia wybrane rozwiązania zgodnie z własną ideą, przy czym zbiór (bądź liczba) zalet i wad jest z góry zadany. Poza tym wybranym rozwiązaniem przypisuje odpowiednie priorytety: od najwyższego do najniższego. Oznaczony przez  $\lambda_{ij}$ , priorytet dla rozwiązania  $R_i$  przypisany przez członka zespołu  $c_j$ , priorytet  $\lambda_{ij} \in \langle 0,1 \rangle$ . Na podstawie ocen rozwiązań, dokonanych przez członków zespołu, najlepsze rozwiązanie  $R^*$ , określone jest przez odwzorowanie  $\gamma$ . Jego wybór powinien być akceptowany przez wszystkich członków zespołu, co stanowi pewną formę głosowania [1]. Wybierane jest  $R^* \equiv R_i$  dla którego ogólna waga  $w_i$  przypisana w trakcie oceny rozwiązań jest najwyższa, tzn.:

$$R^* \equiv \{R_i \mid w_i = \max, i=1,2,\dots,n\}$$

gdzie :

$$w_i = \sum_{\{j \mid a_{ij} \in A\}} \lambda_{ij}$$

Ta formuła określa przyjęte odwzorowanie  $\gamma$ .



Rys. 5. Model oceny rozwiązań przez zespół (graf H)

Przyjmijmy, że dla rozpatrywanego grafu H z rysunku 5, macierz priorytetów  $\lambda = [\lambda_{ij}]$ ,  $i=1,2,\dots,n$ ,  $j=1,2,\dots,m$ , zawiera następujące wartości wag:

$$\lambda = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,8 & - & 0,3 & - & - \\ 0,5 & 0,6 & - & - & - \\ 0,4 & 0,5 & - & - & 0,3 \\ - & - & - & 0,6 & 0,4 \\ - & 0,7 & - & - & 0,7 \\ - & - & 0,6 & 0,6 & - \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Wówczas wektor ogólnych wag  $w = [w_i]$ ,  $i=1,2,\dots,n$ , przypisanych rozwiązaniom posiada następujące wartości wyliczone na podstawie macierzy  $\lambda$  :



$$w = \begin{array}{c|c} 1 & 1.1 \\ 2 & 1.1 \\ 3 & 1.2 \\ 4 & 1.0 \\ 5 & 1.4 \\ 6 & 1.2 \end{array}$$

Zatem: rozwiązanie wskazane przez zespół C to  $R_5$ , ponieważ posiada wagę o najwyższej wartości.

Taki sposób wyboru może być dyskusyjny, gdyż uwzględnia jedynie ogólnie zasugerowane zalety i wady odpowiadające rozwiązaniom. Bardziej rozsądnym wydaje się pozostawienie tej oceny poszczególnych członkom zespołu. Załóżmy więc, że rozwiązaniom  $R_i$  poszczególni członkowie zespołu mogą samodzielnie przypisywać odpowiednie zalety i wady, formułując dla każdego rozwiązania  $R_i$  podzbiory ocen  $O_i$ . Jest to zbiór wszystkich par wartości  $\langle z_i, w_i \rangle^j$  określany przez wybranych członków zespołu  $c_j \in C$  dla każdego  $R_i$ . I tak, zgodnie z rysunkiem 5 otrzymujemy:

$$\begin{aligned} O_1 &= \{ \langle z_1, w_1 \rangle^1, \langle z_1, w_1 \rangle^3 \} \\ O_2 &= \{ \langle z_2, w_2 \rangle^1, \langle z_2, w_2 \rangle^2 \} \\ O_3 &= \{ \langle z_3, w_3 \rangle^1, \langle z_3, w_3 \rangle^2, \langle z_3, w_3 \rangle^5 \} \\ O_4 &= \{ \langle z_4, w_4 \rangle^4, \langle z_4, w_4 \rangle^5 \} \\ O_5 &= \{ \langle z_5, w_5 \rangle^2, \langle z_5, w_5 \rangle^5 \} \\ O_6 &= \{ \langle z_6, w_6 \rangle^3, \langle z_6, w_6 \rangle^4 \} \end{aligned}$$

Oznacza to, że każdy członek zespołu może inaczej określić zalety i wady wybranych rozwiązań. Ponieważ przyjęto, że  $z_i$  oraz  $w_i$  określają jedynie liczbę zalet i wad, to możemy uśrednić te wielkości dla wyróżnionych powyżej ocen  $O_i$ . Te uśrednione wielkości oznaczamy przez  $\bar{z}_i, \bar{w}_i$ , zatem:

$$\begin{aligned} \bar{z}_i &= \frac{1}{deg(R_i)} \sum_{\{j|a_{ij} \in A\}}^{deg(R_i)} \langle z_i \rangle^j \\ \bar{w}_i &= \frac{1}{deg(R_i)} \sum_{\{j|a_{ij} \in A\}}^{deg(R_i)} \langle w_i \rangle^j \end{aligned}$$

gdzie:  $deg(R_i)$  jest stopniem wierzchołka  $R_i$  grafu H, a oceny  $\langle z_i \rangle^j, \langle w_i \rangle^j$  odpowiadają ocenie  $\langle z_i, w_i \rangle^j$ . Dysponując wiedzą o uśrednionych ocenach możemy wskazać najbardziej satysfakcjonujące rozwiązanie. Można również operując uśrednionymi wartościami zalet ( $\bar{z}_i$ ) oraz wad ( $\bar{w}_i$ ) dla każdego rozwiązania  $R_i$  uwzględnić priorytety ocen  $\lambda_{ij}$  przyjęte przez poszczególnych członków zespołu. Wówczas budując na bazie dokonanej oceny, graf porównań  $G(R,E)$  (rys. 3a), do znalezienia najlepszego rozwiązania możemy wykorzystać metodę opisaną w rozdz. 2. Tak więc zespołowy model podejmowania decyzji stanowi uogólnienie indywidualnego modelu podejmowania decyzji ponieważ dostarcza większą liczbę ocen dla poszczególnych rozwiązań. Złożoność obliczeniowa modelu zespołowego wynosi:  $O(mn^3)$ .

W powyższych rozważaniach założyliśmy, że członkowie zespołu podejmują całkowicie niezależnie decyzje dotyczące zalet i wad ocenianych rozwiązań. W rzeczywistości taką decyzję poprzedza na ogół wspólna dyskusja, która umożliwia wypracowanie zgodnej oceny dla każdego rozwiązania. Wówczas każdemu rozwiązaniu przypisuje się jedynie taką uzgodnioną ocenę. Proces uzgadniania może przebiegać mniej formalnie niż jak to zaprezentowano powyżej, przy wyliczaniu średniej oceny. Każdy z członków zespołu zgłasza swoją propozycję dotyczącą zalet i wad analizowanych rozwiązań. Następnie uzgadnia je z innymi członkami zespołu, którzy robią to samo. Stopniowo dokonuje się racjonalnych korekt, które mogą być akceptowane poprzez zwykłe głosowanie większościowe [2,3]. Tak wypracowana ocena może być następnie uwzględniana w sekwencyjnej metodzie wyboru najlepszego rozwiązania, podanej w rozdziale 2. W przypadkach braku rozstrzygnięć zespół może zorganizować dalszą dyskusję, dotyczącą bądź analizowanych zalet i wad rozwiązań, bądź tylko wybranego rozwiązania i ponownie na zasadzie ponownych negocjacji dokonać skorygowanego wyboru. Mądre podejście wymaga co najmniej następującego postępowania: przyjęcia odpowiednich wstępnych ocen oraz rzetelnej dyskusji ich dalszego udoskonalania.

## 5. Wnioski końcowe

W artykule ograniczono się do metod wyboru najlepszego rozwiązania spośród wielu dostępnych dla danego problemu, przy uwzględnieniu zalet i wad ocenianych rozwiązań. Wykazano, że istnieją przypadki, które nie są jednoznaczne i mogą być interpretowane w różny sposób. Wówczas można wskazać rozwiązania, które w przyszłości mogą okazać się trafne lub błędne. W tym pierwszym przypadku mówimy, że to był mądry wybór. Pojawia się pytanie czy istnieją skuteczne podejścia czy metody, które prowadzą do mądrego wyboru. Artykuł nie rozstrzyga tego dylematu, wskazuje jednak, że przemyślane działania minimalizujące liczbę przypadków trudno rozstrzygalnych, jest jak najbardziej zalecane. Uwzględnienie zalet i wad przy ocenie, mimo niepełnej wiedzy o rozwiązaniach, zobowiązuje decydenta do przemyślenia swojej opinii, do skonfrontowania jej z innymi, co eliminuje przypadkowe wybory. To zwiększa szansę wskazania właściwego rozwiązania zwłaszcza przy zespołowej metodzie podejmowania decyzji. Istotną sprawą staje się zarówno ocena poszczególnych rozwiązań, (rzetelne wskazanie wad i zalet), jak też zrozumienie argumentów innych członków zespołu (właściwe dokonania korekt), czy wybór odpowiedniej metody porównania rozwiązań (poprawne kryteria oceny). W przypadku niepełnej wiedzy oraz istniejących niejednoznaczności trudno jest wskazać najlepsze rozwiązanie w fazie oceny. Oznacza to dokonywanie pewnych korekt rozwiązania podczas jego realizacji. Z każdą korektą wiążą się nowe trudne decyzje. Im więcej korekt tym więcej takich decyzji, gdzie ponownie mądrość człowieka odgrywa bardzo istotną rolę, zwłaszcza przy wskazaniu właściwych propozycji zmian.

Zaprezentowana metoda uogólnionego głosownia bazuje na podejściu ilościowym w którym uwzględnia się liczbę zalet i wad dla każdego rozwiązania. Nie wnika się w ich istotę, co znacznie upraszcza system decyzyjny. Jakościowa charakterystyka zalet i wad byłaby jak najbardziej pożądana, ale wiąże się to już znacznie z większym

zapotrzebowaniem na wiedzę, w tym jak uwzględniane zalety i wady poszczególnych rozwiązań wpłyną na realizację założonych celów stawianych w rozpatrywanym problemie. Niestety dopiero zrealizowanie wskazanego rozwiązania może potwierdzić zasadność dokonanego wyboru, co oznacza, że podjętą decyzję można ocenić dopiero po pewnym czasie. Na ogół takie ludzkie czynności jak rozpoznawanie, kreowanie, czy modyfikowanie powinno być wsparte poprzez szerokie wykorzystanie technologii informacyjnych. Oferowane są informatyczne systemy zarządzania, jak DSS (Decision Support Systems), MCS (Management Control Systems), czy EMS (Expert Management Systems), które wspomagają podejmowanie decyzji przez człowieka. Co więcej różnego typu firmy doradcze, oferują różną pomoc i starają się dość uniwersalne systemy dopasować do potrzeb konkretnego decydenta. Na ogół i w takich przypadkach, nie jest łatwą sprawą dokonanie właściwego wyboru. Tak więc rozwiązywanie jednego problemu może spowodować potrzebę poszukiwania rozwiązań dla innych problemów. Mądrością jest jak zaradzić tego typu złożonym przypadkom.

Kreowany przez technologie informatyczne świat wirtualny stwarza coraz większe możliwości poznania atrybutów mądrości. Na rysunku 1 przedstawiono nowe możliwości wzbogacenia wiedzy o działalności człowieka. Wszelkie decyzje, które w przeszłości sprawdziły się przy realizacji różnego typu przedsięwzięć mogą być zapamiętywane i następnie analizowane. Taki ogromny zbiór informacji i wydobytej z niej wiedzy może nie tylko zapewnić rozwój sztucznej inteligencji ale również umożliwić głębsze poznanie ludzkiej mądrości. Badania naukowe dotyczące mądrości dotyczą na ogół nauk filozoficznych i akcentują znaczenie mądrości w życiu człowieka, czy całej społeczności. świata wirtualnego. Konwersja papierowych dokumentów na cyfrowe, kreowanie wirtualnych postaci, czy implementowanie cyfroniki do mózgu człowieka umożliwia rozwój sztucznej inteligencji, która dobrze zaprojektowana i zaimplementowana może wzmacniać naturalną inteligencję człowieka. Nie wystarczy jednak tylko sztuczna inteligencja, która ma wpływ na sprawność myślenia czy rozwiązywania formalnych problemów. W sytuacjach złożonych, problematycznych, gdy zawodzą podejścia formalne i istotne staje się odmienne spojrzenie na problem, na krytykę jego rozwiązań oraz wskazanie nowych uwarunkowań, czy ukrytych możliwości, potrzeba czegoś więcej. Należy więc też wspomagać mądre ludzkie działania. Mądrość decyduje nie o efektywności, a o skuteczności podejmowanych decyzji. Co więcej, jak twierdzą niektórzy filozofowie, świat bez mądrości nie może przetrwać. Powstaje więc pytanie czy podejmowane przez nas realizacje wybranych rozwiązań w zadanym okresie czasu kreują bilans pozytywny, tzn. mądre decyzje przewyższają błędne. Dla ludzi posiadających cechę mądrości jest to stwierdzenie prawdziwe, gdyż potrafią uczyć się na błędach. Dla całych społeczeństw zależy to od organizacji czy dominujących cech tej społeczności.

## LITERATURA

1. Babul Saheb P., Subbarao K., Phani Kumar S.: A Survey on Voting Algorithms Used In Safety, Critical Systems. International Journal Of Engineering And Computer Science, vol. 2, Issue 7, 2013, p. 2272-2275.

2. Bouras C., Katris N., Triantafillou V.: An Electronic Voting Service to Support Decision-making in Local Government, *Telematics and Informatics*, 2003, vol.20, p. 255-274.
3. Csar T., Lackner M., Pichler R., Sallinger E.: Winner Determination in Huge Elections with MapReduce, *Proc. of the Thirty First AAAO Conf. on Intelligence*, 2017, p. 451-458.
4. Goodwin A., Wright G.: *Decision Analysis for Management Judgment*, Wolfran-Kluwer, 2016.
5. Grieves M., Vickers J.: Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems, *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*, 2016, p.85-113.
6. Kahneman D.: *Thinking, Fast and Slow*. New Yourk. Farrae, Straus and Giroux, 2011.
7. Krawczyk-Bryłka B., Krawczyk H.: The preferable way of decision making in IT teams, *AGH Journal – Decision Making in Manufacturing and Services*. (in review process).
8. Krawczyk H., Targowski A.: Information Society Development Trends, from Data through Knowledge to Wisdom, *Task Quarterly*, vol.21, No.3, 2017, p. 197-207.
9. Mackenzie A., Pidd M., Rooksby J., Sommerville I., Warren I., Westcombe M.: Wisdom, Decision Support and Paradigms of Decision Making, *European Journal of Operational Research*, vol. 170, Issue 1, 2006, p. 156-171.
10. Melé D.: Practical Wisdom in Managerial Decision Making, *Journal of Management Development*, vol. 29, Issue 7/8, 2010, p.637-645.
11. Parhami B.: Voting algorithms, *IEEE Transactions on Reliability*, vol. 43, no. 4, 1994, p. 617-629.
12. Targowski A.: *Moc mądrości. Od idei do wartości*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2017.
13. Targowski A.: *Information Technology and societal Development*. Hershey&New York, IGI Global, 2009.