

# WYBRANE NARZĘDZIA GRUPOWEGO WSPOMAGANIA DECYZJI W ZARZĄDZANIU MIASTEM

Mirosław DYTCHAK, Grzegorz GINDA, Mirosław KWIESIELEWICZ

**Streszczenie:** Zarządzanie współczesnym miastem wiąże się z rozwiązywaniem szeregu zagadnień decyzyjnych. Z uwagi na złożony, wieloaspektowy charakter przedmiotu mają one wielokryterialną naturę i wiążą się z występowaniem licznych czynników trudno mierzalnych. Ponadto, z uwagi na zróżnicowany kontekst decyzji i wymaganą wiedzę, w przygotowywanie decyzji zaangażowanych jest wiele podmiotów. W pracy przedstawiono wybrane możliwości grupowego wspomaganie decyzji, związane z zastosowaniem metody analitycznego procesu hierarchicznego/analitycznego procesu sieciowego, które można potencjalnie użyć do sprawnego wspomaganie decyzji grupowych w zarządzaniu miastem.

**Słowa kluczowe:** miasto, zarządzanie, decyzja, wspomaganie, grupa, AHP/ANP.

## 1. Wstęp

Zarządzanie współczesnym miastem stanowi poważne wyzwanie. Dzieje się tak z uwagi na jego złożoność i konieczność uwzględniania licznych współzależności, występujących między czynnikami, warunkującymi efekty podejmowanych decyzji [1]. Zrównoważone zarządzanie rozwojem miasta wymaga uwzględniania szeregu zagadnień o zróżnicowanym charakterze, obejmujących czynniki otoczenia gospodarczego, społecznego i środowiskowego. Właściwe ujęcie wpływu uwarunkowań lokalnych wymaga więc uwzględniania wiedzy z licznych dziedzin, obejmujących przykładowo: urbanistykę, gospodarkę przestrzenną, ekonomikę miasta, technikę, ekologię, a także socjologię, psychologię społeczną, etc. Szerokie zapotrzebowanie na wiedzę objawia się także w ramach jej poszczególnych dziedzin np. w przypadku zagadnień związanych z infrastrukturą komunalną. Konieczność uwzględnienia w trakcie podejmowania decyzji, dotyczących rozwoju i funkcjonowania miasta, tak szerokiego zakresu tematyki stanowi przesłankę celowości wykorzystania wiedzy i doświadczenia ekspertów, specjalizujących się w powyższych dziedzinach. Ponadto, decyzje podejmowane w trakcie zarządzania miastem rodzą konsekwencje wśród różnych, dotykanych nimi interesariuszy. W ogólnym interesie leży jak najszersze zaspokojenie ich interesów. Realizacja powyższych postulatów stanowi istotną przesłankę celowości rozpoznania i stosowania metod wspomaganie grupowego procesu decyzji w zarządzaniu miastem.

## 2. Wybrane narzędzia wielokryterialnego wspomaganie decyzji grupowych

### 2.1. Wybór metody wspomaganie decyzji

Istnieje szereg metod wspomaganie decyzji. W odniesieniu do najczęściej spotykanego przypadku oceny zestawu, zawczasu zdefiniowanych wariantów wykorzystywana jest technika wieloatrybutowej (wielokryterialnej) oceny decyzji (ang. multi-attribute decision

analysis, MADA, ew. ang. multi-criteria decision analysis, MCDA). Pokażna liczba dostępnych metod sprawia, że trudno dokonać właściwego wyboru najlepszej spośród nich. Decyduje o tym bowiem nie jedno, ale wiele różnych aspektów, obejmujących zarówno charakter rozważanego zagadnienia decyzyjnego, możliwości narzędzia, jego percepcję, elastyczność i łatwość użytkowania. Wybór metody jest więc sam w sobie zagadnieniem wielokryterialnym. Istnieją przy tym metody, o sprawdzonym, uniwersalnym charakterze. Jedną z najbardziej popularnych jest analiza hierarchiczna procesów/analiza sieciowa procesów (AHP/ANP) [2, 3]. Jej przydatność została zweryfikowana praktycznie w trakcie rozwiązywania zróżnicowanych zagadnień decyzyjnych, także o społeczno-gospodarczym charakterze [4,5]. Wykorzystuje ona thurstonowską [6], psychometryczną koncepcję porównań parami, dzięki czemu pozwala łatwo ujmować wpływ aspektów trudno mierzalnych. Ma ona prosty i zrozumiały charakter i dostarcza mechanizmów bezpośrednio wspomagających proces grupowego wspomaganie decyzji. Ma więc wszelkie znamiona narzędzia użytecznego dla wspomaganie procesu podejmowania decyzji, związanych z zarządzaniem miastem.

Jego użyciu w tym celu sprzyja dostępność szeregu sposobów wspomaganie grupowych decyzji. Przykładowo, w pracy [7] wyróżnia się w tym kontekście następujące możliwości: 1. Budowanie zgody między ekspertami. 2. Kompromis lub głosowanie. 3. Agregacja indywidualnych ocen. 4. Agregacja indywidualnych preferencji. 5. Agregacja indywidualnych struktur preferencji. 6. Rozpatrywanie ocen przedziałowych. Dostępne są także monografie na ten temat [8].

W dalszej części opracowania przedstawiono metody realizujące te możliwości. Szczególną uwagę poświęcono przy tym standardowym agregacji ocen i preferencji, zastosowaniu narzędzi optymalizacyjnych. Uwzględniono także inne, niestandardowe koncepcje agregowania wag i preferencji.

## **2.2. Podstawowe sposoby agregacji ocen i preferencji**

Zgodnie z sugestiami Formana i Peniwatego [9], sposób agregacji ocen rozpatrywanych atrybutów, dostarczonych przez licznych ekspertów w znacznej mierze zależy od sposobu przyporządkowywania przez nich ocen. Wyróżniają oni przy tym dwa zasadnicze przypadki organizacji prac zespołu ekspertów.

Pierwszy polega na współpracy przy ocenie relacji między atrybutami rozpatrywanej grupy. W wyniku wymiany opinii, poszczególni eksperci przyporządkowują relacjom znaczenia (AHP) lub wpływu na realizację celu analizy (ANP), określone oceny, które są następnie uśredniane. Zwykle używa się do tego średniej geometrycznej ocen dostarczonych przez poszczególnych ekspertów. Z uwagi na możliwość braku spójności danych, istnieje przy tym możliwość rezygnacji z części ocen (kłopotliwych z uwagi na zgodność pełnego zestawu ocen). Jeśli porównania parami dotyczą grupy  $n$  atrybutów to macierz ocen dla  $k$ -tego eksperta przyjmuje postać zapisaną w postaci zależności (1).

$$\mathbf{A}^{(k)} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12}^{(k)} & a_{13}^{(k)} & \cdots & a_{1n}^{(k)} \\ a_{12}^{(k)-1} & 1 & a_{23}^{(k)} & \cdots & a_{2n}^{(k)} \\ a_{13}^{(k)-1} & a_{23}^{(k)-1} & 1 & \cdots & a_{3n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1n}^{(k)-1} & a_{2n}^{(k)-1} & a_{3n}^{(k)-1} & \cdots & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Zagregowana na podstawie ocen  $a_{ij}^{(k)}$ , dostarczonych przez każdego z  $K$  ekspertów, macierz ocen  $\mathbf{R}$  zawiera elementy o wartościach wyznaczanych w oparciu o następujący wzór:

$$r_{ij} = \sqrt[k]{\prod_k a_{ij}^{(k)}}. \quad (2)$$

Wynikające stąd wartości wag wyrażających preferencje względem kolejnych atrybutów można wyznaczyć np. dzięki zastosowaniu, jednej z najbardziej polecanych metod: metody logarytmicznych najmniejszych kwadratów (ang. logarithmic least squares method, LLSM) [10], znanej bardziej pod nazwą metody średniej geometrycznej ocen (ang. simple geometric mean, SGM). Wartości wag atrybutów wynoszą:

$$p_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n r_{ij}}. \quad (3)$$

Ze względów praktycznych, związanych z agregacją rankingów cząstkowych wymaga się na ogół, by wagi (3) sumowały się do jedności. Dlatego też dodatkowo może zaistnieć konieczność przeprowadzenia ich normalizacji:

$$\bar{p}_i = \frac{p_i}{\sum_{j=1}^n p_j}. \quad (4)$$

Ważnym elementem metody AHP/ANP jest weryfikacja zgodności (spójności) ocen w ramach poszczególnych macierzy. Służą temu wartości odpowiednich wskaźników. W przypadku metody SGM wykorzystuje się w tym celu geometryczny wskaźnik spójności (ang. geometric consistency index,  $GCI$ ) [11] o progowych wartościach nieprzekraczalnych ( $GCI_{\text{dop}}$ ) zestawionych w tab.1.

$$GCI = \frac{2}{(n-1) \cdot (n-2)} \sum_{i < j} \ln^2 r_{ij} \leq GCI_{\text{dop}}. \quad (5)$$

Drugi sposób wyznaczania zagregowanych ocen wiąże się z całkowitą autonomią poszczególnych ekspertów w dokonywaniu ocen. W tym przypadku bardziej adekwatne

wydaje się agregowanie rankingów, otrzymywanych przez osobno działających ekspertów. Ranking budowany przez k-tego eksperta otrzymuje się na podstawie formuły:

$$p_i^{(k)} = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}^{(k)}}. \quad (6)$$

Tab.1. Dopuszczalne wartości wskaźnika GCI [10]

|             |        |        |       |
|-------------|--------|--------|-------|
| $N$         | 3      | 4      | > 4   |
| $GCI_{dop}$ | 0,3147 | 0,3526 | 0,370 |

Do przetworzenia preferencji ekspertów względem rozważanej grupy atrybutów można także wykorzystać model wierszowej średniej arytmetycznej (ang. average normalisation AN lub simple normalised column sum metod, SNCS), polegającej na sumowaniu znormalizowanych kolumn macierzy ocen. Wstępnie przeprowadzona, kolumnowa normalizacja macierzy ocen  $A^{(k)}$  zapewnia przy tym uzyskanie znormalizowanych wartości preferencji. Do weryfikacji spójności ocen wykorzystuje się koncepcję współczynnika zgodności ocen Saaty'ego ( $c.r. < 0,10$ ). W tym celu przybliża się maksymalną wartość własną macierzy ocen  $\lambda_{max}$ , korzystając jedynie z sum kolumnowych macierzy ocen i wynikowych wyznaczonych preferencji. Ostateczną postać rankingów atrybutów definiuje wektor powstały przez dodanie wektorów preferencji, odpowiadających poszczególnym ekspertom:

$$P = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K P^{(k)}. \quad (7)$$

Osobne zagadnienie praktyczne związane jest z możliwością potencjalnego zróżnicowania znaczenia opinii poszczególnych ekspertów. Wydaje się bowiem, że z uwagi na szczególne okoliczności np. charakter przedmiotu decyzji lub zasób wiedzy eksperta, zróżnicowanie takie ma głęboki sens. Można tego dokonać, stosując ważone postacie odpowiednich formuł agregacyjnych.

Wartości wag  $v^{(k)}$ , wyrażające zróżnicowanie znaczenia ekspertów poszczególnym można określać na różne sposoby. Można w tym celu użyć odrębnego modelu AHP/ANP, wykorzystującej kryteria merytoryczne: poziom wiedzy, doświadczenie, przeszła skuteczność w przeszłości, zdolność przekonywania, zaangażowanie itp. [12]. Można w tym celu także użyć wektorów preferencji, definiujących rankingi ekspertów, uzyskanych na podstawie ocen, dostarczonych indywidualnie przez tych samych ekspertów. Ostateczne wartości wag, odpowiadających poszczególnym ekspertom, można wtedy wyznaczyć np. dzięki rozwiązaniu zagadnienia własnego macierzy złożonej z kolumnowych wektorów  $\bar{v}^{(k)}$ , określających znormalizowane wektory znaczenia ekspertów, wyznaczone przez poszczególnych ekspertów [13]:

$$v = \bar{W} \cdot v, \quad \bar{W} = [\bar{v}^{(1)} \quad \bar{v}^{(2)} \quad \dots \quad \bar{v}^{(K)}]_{K \times K}^T. \quad (8)$$

Za istotną wadę powyższej metody jest powszechnie uznawany fakt konieczności użycia do ważenia opinii ekspertów na temat ich rankingów wartości wag, identycznych

z wykorzystywanymi przy wyznaczaniu merytorycznych (dotyczących rzeczywistych atrybutów przedmiotu decyzji) rankingów.

Mając wyznaczone wartości wag  $v^{(k)}$  można wyznaczyć wartości końcowych preferencji atrybutów, korzystając z poniższych zależności. Pierwsza z nich dotyczy przypadku agregacji indywidualnych ocen ekspertów przy użyciu formuły (2):

$$r_{ij} = \prod_k (a_{ij}^{(k)})^{v^{(k)}}. \quad (9)$$

Natomiast dwie następne (10) można stosować w przypadku indywidualnego ustalania preferencji przez poszczególnych ekspertów:

$$P_i = \prod_k (p_i^{(k)})^{v^{(k)}}, \quad P_i = \sum_k v^{(k)} p_i^{(k)}. \quad (10)$$

### 2.3. Metody wykorzystujące narzędzia optymalizacji do wyznaczania preferencji

Metody należące do tej grupy wykorzystują zasadniczo technikę programowania matematycznego, najczęściej w ujęciu programowania liniowego (PL). Przykładowo, w jednej z najświeższych prac [14] przedstawiono interesujący sposób poszerzenia możliwości wyznaczania preferencji w AHP. Wykorzystywany jest w tym celu specjalnie skonstruowany model analizy obwiedni danych (ang. data envelopment analysis, DEA), sprowadzalny do postaci modelu PL. Każdemu atrybutowi z grupy  $n$  atrybutów odpowiada dedykowany program. Wyznaczenie preferencji  $p_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) dla poszczególnych atrybutów wymaga więc rozwiązania  $n$  modeli PL o następującej postaci:

$$\begin{aligned} p_i &= \sum_{j=1}^n \left[ \left( \sum_k v^{(k)} a_{ij}^{(k)} \right) \cdot z_j \right] \rightarrow \max \\ \sum_{j=1}^n \left( \sum_k \sum_{l=1}^n v^{(k)} a_{lj}^{(k)} \right) &= 1 \\ \forall_{l=1,2,\dots,n} \sum_{j=1}^n \left[ \left( \sum_k v^{(k)} a_{lj}^{(k)} \right) \cdot z_j \right] &\geq n \cdot z_l \\ \forall_{j=1,2,\dots,n} z_j &\geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Zmiennymi decyzyjnymi są  $z_j$ . Program (11) służy wyznaczeniu preferencji atrybutów na podstawie macierzy ocen, dostarczonych przez osobno działających ekspertów.

Do tej samej grupy podejść można zaliczyć metody stosujące koncepcję programowania celowego (ang. goal programming, GP), gdyż wiąże się ona z formułowaniem i rozwiązywaniem modeli PL. Przykładowo, w pracy [15] zaproponowano oryginalny sposób rozwiązywania zagadnień społecznego wyboru (głosowania), posługując się liniowym ważonym programowaniem celowym. Z kolei Bryson i Joseph wykorzystują podejście związane z logarytmicznym programowaniem celowym (ang. logarithmic goal programming model, LGPM) [16].

Interesujące możliwości daje także zastosowanie rozmytych ocen AHP/ANP

i rozmytego programowania liniowego. Na przykład w pracy Kwiesielewicz [18] przedstawiono obszernie zalety i wady różnych sposobów ustalania preferencji na podstawie ocen rozmytych dla grupowego wspomagania decyzji. Ciekawą koncepcję ustalania preferencji w grupowym zastosowaniu AHP/ANP przedstawił Mikhailov [19]. Użył on w tym celu matematycznego programowania rozmytego w postaci grupowego rozmytego programowania preferencji (ang. group fuzzy preference programming, GFPP). Przy wyznaczaniu preferencji wykorzystuje się podejście maksymalizujące poziom satysfakcji ekspertów ( $\lambda$ ) przy jednoczesnym spełnieniu rozmytych równości:

$$\frac{p_i}{p_j} \cong a_{ij}^{(k)}. \quad (12)$$

Odpowiedni program optymalizacyjny przyjmuje rozmytą postać liniową w ujęciu Zimmermanna, gdzie  $d_{ij}^{(k)}$  wyraża dopuszczalny poziom spełnienia równości (12):

$$\begin{aligned} & \lambda \rightarrow \max \\ & \forall_{i=1,2,\dots,n-1} \quad \forall_{j=2,3,\dots,n > i} \quad d_{ij}^{(k)} \cdot \lambda \pm [p_i - a_{ij}^{(k)} p_j] \leq d_{ij}^{(k)} \\ & \sum_{i=1}^n p_i = 1; \quad \forall_{i=1,2,\dots,n} p_i > 0 \end{aligned} \quad (13)$$

#### 2.4. Inne metody wyznaczania grupowych preferencji

W dalszym ciągu niniejszej pracy zostaną przedstawione inne, mniej konwencjonalne metody grupowego wspomagania decyzji z wykorzystaniem metody AHP/ANP. Ciekawą procedurę łączenia opinii grupy ekspertów opracowali Wang i inni [19]. W ich ujęciu poszczególni eksperci wykorzystują, zalecaną przez Saaty'ego metodę wyznaczania preferencji wykorzystującą wektor własny, skojarzony z maksymalną wartością własną macierzy ocen. Następnie tworzone są skupienia ekspertów. Wykorzystuje się w tym celu cosinusową miarę odległości między wektorami preferencji, uzyskanymi przez poszczególnych ekspertów ( $\theta$  oznacza kąt między wektorami preferencji  $i$ -tego i  $j$ -tego eksperta  $\mathbf{p}^{(i)}, \mathbf{p}^{(j)}$ ):

$$d_{ij} = \cos \theta = \frac{\mathbf{p}^{(i)} \cdot \mathbf{p}^{(j)}}{|\mathbf{p}^{(i)}| \cdot |\mathbf{p}^{(j)}|}. \quad (14)$$

Ekspertów łączy się w skupienia wykorzystując kryterium dolnego progu skupienia  $d_0$ :  $d_{ij} > d_0$ . Po podzieleniu ekspertów na odpowiednią liczbę skupień przystępuje się do ustalania wag ekspertów. Odpowiadają one stosunkowi liczebności grupy ( $\Phi^{(k)}$ ) do której został przydzielony dany,  $k$ -ty ekspert, do sumy liczebności skupień poszczególnych ekspertów (obliczonej na podstawie liczebności macierzystych grup poszczególnych ekspertów, uwzględnianej niezależnie dla każdego eksperta z osobna):

$$v^{(k)} = \frac{\Phi^{(k)}}{\sum_{j=1}^K \Phi^{(j)}}. \quad (15)$$

Na uwagę zasługują także liczne prace zespołu Moreno-Jiméneza, które warto przytoczyć, z uwagi na zróżnicowanie wykorzystywanych w nich podejść, reprezentatywne dla rozpatrywanej grupy metod. Przykładowo, w pracy [20] zaproponowano metodę grupowego wspomaganie decyzji w AHP/ANP, którą nazywają *agregacją indywidualnych struktur preferencji* (ang. aggregation of individual preference structures, AIPS). Ma ona wieloetapowy charakter i polega kolejno na:

1. Wyznaczeniu znormalizowanych preferencji względem  $n$  atrybutów, odrębnie rozpatrywanych przez każdego z ekspertów.
2. Określeniu dla każdego z ekspertów probabilistycznego rozkładu struktury preferencji, jako rozkładu prawdopodobieństwa  $n!$  możliwości rankingów (struktur preferencji dla  $n$  ocenianych atrybutów).
3. Pomiarze odległości w ramach poszczególnych par ekspertów.
4. Wyznaczeniu względnego, ogólnego znaczenia poszczególnych rankingów.
5. Syntezie ogólnego znaczenia poszczególnych atrybutów.

W trakcie wyznaczania preferencji istnieje możliwość stosowania nieprecyzyjnych i niekompletnych danych. Przy wyznaczaniu odległości między wynikami uzyskanymi przez poszczególnych ekspertów wykorzystuje się nie tylko wartości ich preferencji, ale także miarę podobieństwa rankingów pod względem pozycji atrybutów. Względne znaczenie rankingów oddaje miara jego średniej obecności wśród poszczególnych ekspertów. Ostatecznie, identyfikowana jest struktura rankingów, reprezentatywna dla rozpatrywanej grupy ekspertów i wyznaczone wartości ogólnej preferencji dla poszczególnych atrybutów.

Pośród zasadniczych zalet AIPS można wyróżnić możliwości: ujmowania wpływu ludzkiej niepewności, wykorzystania podobieństw i różnic w poglądach poszczególnych ekspertów, ujmowania niejawnych współzależności między ocenianymi atrybutami i związanego z nimi natężenia preferencji decydenta.

Inna propozycja zespołu [21] wiąże się z zastosowaniem do wyznaczenia preferencji atrybutów procedury estymacji bayesowskiej, która staje się szczególnie użyteczna w przypadku zagadnień z dużą liczbą ekspertów. W celu określenia wstępnego rozkładu preferencji wykorzystuje hierarchiczne podejście bayesowskie. Pozwala ono identyfikować jednorodnie grupy ekspertów, charakteryzujących się określonymi wzorcami zachowań odnośnie rangowania rozpatrywanych atrybutów. Metoda składa się z dwóch kroków:

1. Globalnej analizy przestrzeni modelu dzięki użyciu procesów narodzin i śmierci.
2. Analizy lokalnej z zastosowaniem próbkowania.

Cytowana już wcześniej praca [7] dostarcza narzędzi wspomagających poszukiwania zgody w grupowym wspomaganie decyzji. Wykorzystuje się w tym celu zasadniczą cechą AHP/ANP, polegającą na możliwości pomiaru zgodności zestawów ocen. Wykorzystano tam także koncepcje struktury preferencji oraz przedziałów stabilności (granic, w jakich mogą zmieniać się oceny, by nie dopuścić do przekroczenia progu niespójności danych). Dzięki ich zastosowaniu można zbudować (w wieloetapowym procesie, wykorzystującym programowanie matematyczne) macierz spójności zgody (ang. consistency consensus matrix, CCM). Określa ona jądro zgodności, identyfikujące ogólnie akceptowane rozwiązanie rozpatrywanego zagadnienia. Dostarcza również możliwości pozyskiwania

dotatkowej wiedzy na temat rozwiązania rozpatrywanego zagadnienia. W celu redukcji, zbyt dużej, liczby ekspertów można zastosować analizę skupień, a następnie użyć do budowy CCM ocen, agregowanych w ramach poszczególnych skupień.

Powyższe idee wykorzystano także praktycznie w pracy [22], gdzie do wspomaganie poszukiwań zgody między ekspertami zaproponowano wykorzystanie, specjalnie skonstruowanego arkusza kalkulacyjnego.

Dzięki wykorzystaniu dorobku teorii gier, możliwe jest także wzbogacanie analizy wielokryterialnej. Przykładowo, praca [23] opisuje możliwość zastosowania kryterium minimalnego żalu w poszukiwaniach zgody między ekspertami.

Natomiast w pracy [24] podjęto próbę pełniejszego wykorzystania niepewności, zawartej w ocenach przydzielanych przez ekspertów. W tym celu posłużono się rozkładami prawdopodobieństwa, respektującymi zasadę odwrotności ocen. Dzięki ich zastosowaniu można przykładowo badać wrażliwość rezultatów deterministycznych modeli AHP/ANP oraz modelować zróżnicowanie ocen w grupowym wspomaganie decyzji. Uwzględniono przy tym przedziałowy charakter ocen.

Nawiązując do tematyki odjętej w pracy [22] należy zwrócić uwagę na fakt obecności problematyki graficznego wspomaganie grupowych decyzji w pracach innych autorów. Przykładowo, w pracy [25] przedstawiono możliwość interpretacji wyników uzyskanych dzięki zastosowaniu AHP/ANP przy użyciu dwuwymiarowej mapy Sammona. Dzięki jej zastosowaniu można pogłębiać analizę, identyfikując charakter i przydatność opinii zaangażowanych ekspertów. W powyższej pracy można znaleźć także odwołania do szeregu zastosowań praktycznych metody do grupowego wspomaganie decyzji.

Omawiając niekonwencjonalne podejścia do grupowego wspomaganie decyzji w AHP/ANP należy także wspomnieć o wkładzie w tym zakresie van der Honerta i Lootsmy, którzy używają specyficznego podejścia do agregowania ocen, multiplikatywnej odmiany metody [26, 27].

### **3. Podsumowanie i wnioski**

Charakter zagadnień decyzyjnych, spotkanych w zarządzaniu sprawami miastem, że przy ich rozwiązywaniu wymagane jest uwzględnianie obecności licznych interesariuszy i konfliktów interesów oraz trudno mierzalnej informacji. Dynamika zmian w otoczeniu sprawia, że szczególnie użyteczne stają się w tym przypadku elastyczne narzędzia wspomaganie decyzji. Powyższe czynniki sprawiają, że interesującą do rozwiązywania powyższych zagadnień metodą staje się metoda AHP/ANP, w wersji dostosowanej do wymogów grupowego przygotowywania decyzji.

Materiał przedstawiony w niniejszej pracy świadczy o istnieniu licznej grupy podejść, pozwalających na wykorzystanie zalet powyższej metody, a jednocześnie skutecznie wspomagających decyzje grupowe. Przedstawione narzędzia wspomaganie procesu grupowego podejmowania decyzji mają mniej lub bardziej złożony charakter. Zróżnicowanie stopnia ich złożoności idzie, na ogół, w parze z możliwościami uwzględniania różnych aspektów rozważanych zagadnień decyzyjnych. Wspomniane narzędzia tworzą więc arsenał metod pozwalających rozwiązywać zagadnienia grupowego podejmowania decyzji o różnym stopniu złożoności. Dzięki temu istnieje szeroka możliwość doboru podejścia dopasowanego do potrzeb, związanych z rozpatrywanymi zagadnieniami.

W przypadku większości z zaprezentowanych podejść, do wykonania odpowiednich obliczeń, wystarczy zastosowanie aplikacji arkusza kalkulacyjnego. W pracy ujęto jednak



i takie metody, które wymagają bardziej zaawansowanej wiedzy z dziedziny modelowania matematycznego i grupowego wspomaganie decyzji. W ich przypadku niezbędne staje się wykorzystanie usług wykwalifikowanych ekspertów. Z pewnością może się to jednak opłacić dzięki pełnemu uwzględnieniu we właściwy sposób dostępnej informacji, prowadzącej do wyboru najbardziej odpowiedniego wariantu rozwiązania (złożonej) decyzji.

Podsumowując, można stwierdzić, że przedstawione narzędzia stwarzają możliwość istotnego podwyższenia efektywności zarządzania miastem. Uławiają one bowiem pełniejszego wykorzystanie wiedzy ekspertów, w konsekwencji czego można także rozwiązywać bardziej złożone rodzaje zagadnień, związanych z zarządzaniem miastem.

## Literatura

1. Pełski W.: Zarządzanie zrównoważonym rozwojem miasta. Arkady, Warszawa 1999.
2. Saaty T.L.: The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York 1980.
3. Saaty T.L.: Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. RWS Publ., Pittsburgh 1996.
4. Dytczak M., Ginda G.: Benefits and costs in selecting fuel for municipality heating systems with the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 15, 2, 2006, s. 165–177.
5. Dytczak M., Ginda G.: Identification of Key Development Areas for the Opole Region [w:] Selvaraj Henry, Rawski Mariusz (red.) Proceedings. International Conference on Systems Engineering ICSEng 2008, Las Vegas, Nevada, USA, 19-21 August 2008, IEEE Computer Society, Las Vegas, USA, s. 486–491.
6. Thurston L.L.: A law of comparative judgement. *Psychological Review*, 34, 1927, s. 278–286.
7. Moreno-Jiménez J.M., Aguarón J., Escobar T.M.: The Core of Consistency in AHP-Group Decision Making. *Group Decision and Negotiation*, 17, 2008, s. 249–265.
8. Saaty T.T., Peniwati K.: Group Decision Making: Drawing Out and Reconciling Differences. RWS Publ., Pittsburgh 2007.
9. Forman E., Peniwati K.: Aggregating individual judgments and priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 108, 1999, s. 165–169.
10. Crawford G., Williams C.: A note on the analysis of subjective judgement matrices. *Journal of Mathematical Psychology*, 29, 1985, s. 387–405.
11. Aguarón J., Moreno-Jiménez J.M.: The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research*, 147, 2003, s. 137–145.
12. Saaty T.L.: Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publ., Pittsburgh 1994.
13. Ramanathan R., Ganesh L.S.: Group Preference Aggregation Methods Employed in AHP: An Evaluation and Intrinsic Process for Deriving Member's Weightages. *European Journal of Operational Research*, 79, 1994, s. 249–265.
14. Wang Y.-M., Chin K.-S.: A new data envelopment analysis method for priority determination and group decision making in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 195, 2009, s. 239–250.
15. Gonzáles-Pachón J., Romero C.: Distance-based consensus methods: a goal

- programming approach. *Omega*, 27, 1999, s. 341–347.
16. Bryson N., Joseph A.: Generating consensus priority point vectors: a logarithmic goal programming approach. *Computers and Operations Research*, 26, 1999, s. 637–643.
  17. Kwiesielewicz M.: Analityczny hierarchiczny proces decyzyjny. *Nierozmyte i rozmyte porównania parami*. PAN, IBS, Warszawa 2002.
  18. Mikhailov L.: Group prioritization in the AHP by fuzzy preference programming method. *Computers and Operations Research*, 31, 2004, s. 293–301.
  19. Wang M., Lu Y., Zhang J.: Software outsourcing risk management: establishing outsourcee evaluation item systems. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 7, 2006, s. 1092–1098.
  20. Escobar M.T., Jiménez J.M.: Aggregation of Individual Preference Structures in AHP-Group Decision Making. *Group Decision and Negotiation*, 16, 2007, s. 287–301.
  21. Gargallo P., Moreno-Jiménez J.M., Salvador M.: AHP-Group Decision Making: A Bayesian Approach Based on Mixtures for Group Pattern Identification. *Group Decision and Negotiation*, 16, 2007, s. 485–506.
  22. Moreno-Jiménez J.M., Aguarón J.J., Pirla A.R., Lanuza A.T.: A Spreadsheet Module for Consistent Consensus Building in AHP-Group Decision Making. *Group Decision and Negotiation*, 14, 2005, s. 89–108.
  23. Moreno-Jiménez J.M., Aguarón J., Escobar M.T.: Decisional Tools for Consensus Building in AHP-Group Decision Making. [W:] 12th Mini Euro Conference, Brussels 2002.
  24. Moreno-Jiménez J.M., Escobar M.T.: Reciprocal distributions in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 123, 2000, s. 154–174.
  25. Condon E., Golden B., Wasil E.: Visualizing group decisions in the analytic hierarchy process. *Computers and Operations Research*, 30, 2003, s. 1435–1445.
  26. Van der Honert, R.C., Lootsma F.A.: Group preference aggregation of the multiplicative AHP. The model of the group decision process and Pareto optimality. *European Journal of Operational Research*, 96, 1996, s. 363–370.
  27. Van der Honert, R.C.: Decisional Power in Group Decision Making: A Note on the Allocation of Group Member's Weights in the Multiplicative AHP and SMART. *Group Decision and Negotiation*, 10, 2001, s. 275–286.

Dr hab. inż. Mirosław DYTCZAK, prof. PO  
 Dr inż. Grzegorz GINDA  
 Katedra Badań Operacyjnych w Zarządzaniu  
 Politechnika Opolska  
 45-047 Opole, ul. Waryńskiego 4  
 tel./fax.: (0-77) 454 35 33 / 453 04 71  
 e-mail: mdytczak@gmail.com  
 gginda@gmail.com

Dr inż. Mirosław KWIESIELEWICZ  
 Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Elblągu  
 82-200 Elbląg, ul. Wojska Polskiego 1  
 e-mail: mkwies@ely.pg.gda.pl