

**AHP - analityczny
proces hierarchiczny.
Budowa i analiza
modeli decyzyjnych
krok po kroku**

Wstęp

Problematyka wspomagania decyzji towarzyszy człowiekowi od początków jego istnienia. Tym, jak dokonywać właściwych wyborów, interesowali się już ludzie w starożytności, czego dowodem jest słynna wyrocznia w Delfach. W starożytnej Grecji również narodziło się pojęcie demokracji, której podstawą było głosowanie. To grupowe podejmowanie decyzji można zaobserwować do dziś w różnych kulturach. Niemniej jednak pierwsze metodyczne podejście do wspomagania procesów decyzyjnych pojawiło się znacznie później – był to rachunek prawdopodobieństwa. W roku 1563 Girolamo Cardano jako jeden z pierwszych podjął się określenia szans na wygraną w kości. Podobnym zagadnieniem zajmował się Galileusz w swojej pracy *Rozważania nad grą w kości* (wydana dopiero w 1718 roku), a także Blaise Pascal i Pierre de Fermat w serii pisanych do siebie w roku 1654 listów.

Przykładem najbardziej zbliżonym do idei współczesnych metod wspomagających podejmowanie decyzji jest słynny list Benjamina Franklina¹, napisany w 1772 roku do znanego angielskiego chemika i filozofa, Josepha Priestleya. Na prośbę naukowca o radę dotyczącą pewnej decyzji, jaką miał podjąć, Franklin odpisał w ten oto sposób [Labaree, 1956]:

Szanowny Panie!

W tak ważnej dla Pana sprawie, gdy oczekuje Pan mojej porady, nie mogę – z braku wystarczających przesłanek – doradzić Panu, co wybrać, ale mogę doradzić, jak wybrać.

Kiedy stajemy przed trudnymi wyborami, ich trudność polega na tym, że w trakcie rozważań nie mamy w głowie jednocześnie wszystkich argumentów za i przeciw; czasem jawią się jedne argumenty, innym razem drugie, podczas gdy te pierwsze znikają z pola widzenia. Dlatego na zmianę targają nami różne cele i motywy, a nas przytłacza niepewność.

Aby temu zaradzić, mój sposób to podzielenie kartki na dwie kolumny, z których pierwsza to „Za”, a druga to „Przeciw”. Następnie trzy lub cztery dni przeznaczam na rozmyślanie, podczas których w każdej z tych kolumn wpisuję krótkie uwagi dotyczące motywów, jakie przychodzą mi do głowy na korzyść określonego wyboru lub przeciwko niemu. Gdy w taki oto sposób mam wszystkie argumenty przed oczami, szacuję ich poszczególne wagi. Kiedy znajdę dwa, po jednym z każdej strony, które

¹ Benjamin Franklin (1706–1790) – uczonec, filozof, wynalazca (np. piorunochronu), polityk, współautor amerykańskiej „Deklaracji niepodległości”.

wydają się równoważne, skreślam obydwie. Kiedy po stronie „Za” znajdę argument równy wartości dwóch argumentów po stronie „Przeciw”, skreślam wszystkie trzy. Jeśli natomiast uznam, że dwa argumenty przeciw równoważą się z trzema argumentami za, skreślam wszystkie pięć. Kontynuując ten tok postępowania, udaje mi się osiągnąć równowagę. Gdy po jednym lub dwóch kolejnych dniach rozważań nic nowego i znaczącego nie przychodzi mi do głowy w odniesieniu do tych dwóch stron argumentów, dokonuję wyboru.

Mimo iż wagi poszczególnych argumentów nie mogą być traktowane z precyzją równą wielkościom algebraicznym, to kiedy każdy z nich rozważę w ten właśnie sposób, oddzielnie i względem siebie, mając jednocześnie wszystkie przed oczami, myślę, że potrafię dokonać trafniejszej ich oceny i zmniejszam ryzyko podjęcia pochopnej decyzji. W istocie zatem widzę ogromną korzyść takiego równania, które można nazwać „moralną” lub „roztropną algebrą”.

Życząc z całego serca dokonania właściwego wyboru, pozostaję oddany.

Benjamin Franklin.

W tym liście Franklin pragnął przekazać, że podejmowanie złożonych decyzji wymaga specjalnego, metodycznego podejścia, polegającego na rozważaniu kolejno poszczególnych aspektów („kryteriów”) danego problemu i określeniu ich relatywnej wagi. Takie podejście stanowi fundament wszystkich wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji, zwanych również wielokryterialną analizą porównawczą (ang. *Multiple-Criteria Decision Analysis*, MCDA). „Nasz umysł nie jest w stanie ogarnąć wszystkich informacji wchodzących w skład problemu decyzyjnego, a w szczególności tych elementów, które się nawzajem wykluczają. Dlatego wszelkie osądy oparte jedynie na intuicji są niewystarczające – potrzebują wspomagania” [Hogarth, 1987].

W odpowiedzi na nowe wyzwania współczesnej gospodarki i związane z tym oczekiwania wobec decydentów w drugiej połowie XX wieku powstały liczne wielokryterialne metody wspomaganie decyzji. Wiele z nich jest opartych na skomplikowanych procedurach formalnych i wymaga znajomości bardziej zaawansowanych zagadnień matematycznych. Często bowiem zostały one zaadaptowane spośród metod stosowanych w naukach technicznych. Do najbardziej znanych i najczęściej wymienianych w literaturze MCDA należą m.in.: ELECTRE, PROMETHEE & GAIA, UTA, TOPSIS, MACBETH, VDA. Nieco odmiennym narzędziem, opartym na opiniach ekspertów, jest AHP/ANP.

Metody AHP/ANP – w języku polskim znane jako analityczny proces hierarchiczny, hierarchiczna analiza procesu lub analiza hierarchiczna procesu (ang. *Analytic Hierarchy Process*) oraz analityczny proces sieciowy (ang. *Analytic Network Process*) – zostały zaproponowane w latach siedemdziesiątych XX wieku przez amerykańskiego matematyka Thomasa L. Saaty’ego, profesora Uniwersytetu w Pittsburghu.

Historia metody AHP zaczyna się już w latach sześćdziesiątych, kiedy Saaty realizował projekty dla Amerykańskiej Agencji Kontroli Zbrojeń i Rozbrojenia. Stosunkowo wysoki budżet pozwolił mu na zatrudnienie znanych w świecie

ekonomistów oraz naukowców w zakresie teorii gier i użyteczności. Najbardziej prominentne nazwiska z zespołu to m.in. Gérard Debreu, John Harsanyi i Reinhard Selten – wszyscy trzej zostali później laureatami Nagrody Nobla². Mimo tak mocnego zespołu Saaty nie był w pełni usatysfakcjonowany rezultatami projektu. Jako przyczyny „porażki” podał z jednej strony wysoki stopień ogólności i abstrakcyjności modeli decyzyjnych zaproponowanych przez naukowców, a z drugiej fakt, że system obrony Stanów Zjednoczonych został w dużej mierze przygotowany przez prawników, nieświadomych w pełni jego działania [Saaty, 1996]. Kilka lat później, już jako wykładowcę w Wharton School, Saaty’ego w dalszym ciągu dręczył brak praktycznego, systematycznego podejścia do podejmowania decyzji i wyznaczania priorytetów. To właśnie zmotywowało go do stworzenia prostego narzędzia wspomagającego decydentów w podejmowaniu złożonych decyzji [Forman i in., 2001].

W pierwszej kolejności została rozwinięta metoda AHP, polegająca na przedstawieniu problemu decyzyjnego w postaci struktury hierarchicznej, na szczycie której znajduje się cel decyzyjny, pod nim wpływające na niego kryteria, a na samym dole tego układu – warianty decyzyjne. Jednak natura niektórych problemów decyzyjnych nie zawsze odpowiada takim założeniom struktury hierarchicznej, bardziej przypominając sieć wzajemnych powiązań i współzależności. Było to powodem, dla którego kilka lat później zaproponowano kolejne narzędzie: analityczny proces sieciowy (ANP). O ile w przypadku hierarchii zakłada się, że elementy w poszczególnych grupach są od siebie niezależne, o tyle sieci dopuszczają każdy rodzaj i kierunek wzajemnych relacji pomiędzy elementami w dowolnych grupach. Ta „młodsza siostra” AHP oparta jest jednak na tych samych regułach i podstawach matematycznych, dlatego też często postrzegana jest jako rozszerzenie bądź generalizację AHP, hierarchię uważając za szczególny przypadek sieci. Dodajmy, że praktycznie każdy podręcznik dotyczący metody ANP rozpoczyna się od wyjaśnienia podstaw AHP.

Prostota i przystępność tych narzędzi dla przeciętnego użytkownika (niemającego wykształcenia matematycznego) sprawiła, że za ich pomocą rozwiązywano wiele problemów decyzyjnych w organizacjach zarówno rządowych, jak i komercyjnych [Saaty, 2008a; Forman i in., 2001]. Najbardziej znamienne przykłady takich zastosowań to Departament Obrony Stanów Zjednoczonych, który używał analitycznego procesu hierarchicznego do podejmowania decyzji w tak istotnym obszarze, jak obronność kraju. Innym przykładem jest Amerykańska Nuklearna Komisja Regulacyjna, która wykorzystwała AHP do alokacji 100 mln dol. na realizację konkretnych projektów. Narzędzia te były również stosowane przez NASA oraz ERDEC (ang. Edgewood Research Development and Engineering Center). Z kolei

² Gérard Debreu (1921–2004) – laureat Nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii w 1983 r. za wprowadzenie nowych metod analizy do teorii ekonomii; John Charles Harsanyi (1920–2000) oraz Reinhard Selten (ur. 1930) wraz z Johnem Forbesem Nashem Jr. otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie ekonomii w 1994 r. za osiągnięcia w zakresie teorii gier.

do przedsiębiorstw prywatnych, które na podstawie tych metod podejmowały decyzje, zaliczyć można m.in.: IBM, Xerox, British Airways, Forda oraz BC Ferry Corporation, jedną z największych kompanii promowych na świecie. Posłużmy się przykładami. Firma IBM w 1990 roku otrzymała Nagrodę Baldridge'a³ m.in. za użycie AHP w projektowaniu komputera AS400; BC Ferry Corporation stosuje metodę AHP do podejmowania tak różnorodnych decyzji, jak wybór paliwa, ubezpieczycieli oraz dostawców innych niezbędnych do funkcjonowania produktów i usług; w roku 2001 rząd turecki wykorzystał AHP/ANP do wyboru najlepszej lokalizacji do odbudowy miasta Adapazari, zniszczonego przez trzęsienie ziemi.

Do ogromnej popularności AHP w ostatnich dekadach, oprócz zademonstrowanych i przetestowanych możliwości aplikacyjnych w podejmowaniu ważnych decyzji politycznych i gospodarczych, przyczyniły się także wszechstronność, uniwersalność i elastyczność tych metod. Można je bowiem stosować właściwie w każdym obszarze nauki i praktyki, także w połączeniu z innymi, dowolnymi metodami i technikami wspomagającymi podejmowanie decyzji.

Celem tej monografii jest przedstawienie problematyki procesu podejmowania decyzji z wykorzystaniem metody AHP. Drugim – nie mniej ważnym – jest zaprezentowanie i wyjaśnienie, krok po kroku, działania analitycznego procesu hierarchicznego. AHP można potraktować zarówno jako samodzielną metodę wspomagającą podejmowanie decyzji (większość problemów da się przedstawić za pomocą struktury hierarchicznej), jak i jako fundament do zdobywania dalszej wiedzy na temat działania jej rozszerzonej wersji – ANP, a nawet jako punkt wyjścia do innych metod i technik analizy decyzyjnej. Autorzy niniejszej książki systematycznie i szczegółowo omawiają kolejne etapy AHP, począwszy od formułowania problemu decyzyjnego, poprzez zasady konstrukcji i analizy modeli hierarchicznych, aż po bardziej zaawansowane aplikacje tej metody i sposoby radzenia sobie z jej najczęstszymi problemami.

Intencją autorów było stworzenie podręcznika dla osób zainteresowanych metodą AHP i jej wykorzystaniem w nauce i praktyce, w szczególności dla studentów i wykładowców. W kolejnych rozdziałach tej książki zaprezentowane zostały poszczególne etapy procesu podejmowania decyzji z wykorzystaniem techniki AHP.

W rozdziale pierwszym w sposób ogólny przedstawiono podstawowe pojęcia związane z decyzjami, podejmowaniem decyzji i wspomaganiem tego procesu. Jego celem jest przede wszystkim pokazanie, w jaki sposób należy formułować problem i cel decyzyjny. Podjęto też temat uzasadnienia wyboru metody wspomagającej podejmowanie decyzji. W tym miejscu należy postawić sobie pytanie, czy w ogóle istnieje potrzeba użycia jakiegokolwiek techniki wspomagającej decyzje. Aby ułatwić odpowiedź, autorzy przedstawili różne rodzaje decyzji i zaproponowali

³ Nagroda im. Malcolma Baldridge'a ustanowiona została w 1987 r. i jest przyznawana corocznie przez prezydenta Stanów Zjednoczonych za osiągnięcia w zakresie zarządzania jakością. Zob. <http://www.nist.gov/baldrige/> (14 marca 2014) lub <http://www.baldrigepe.org/foundation/> (14 marca 2014).

specjalne macierze, pomocne przy określeniu czy i jakie narzędzie zastosować w rozwiązywaniu danego problemu decyzyjnego.

Podstawowym etapem AHP jest budowa modelu decyzyjnego, którym w przypadku tej metody jest struktura hierarchiczna. Temu zagadnieniu został w całości poświęcony rozdział drugi. Model hierarchiczny pozwala na zebranie w jednym miejscu wszystkich czynników wpływających na cel decyzyjny, pozwalając tym samym uniknąć trudności, o których pisze w swoim liście Benjamin Franklin: decyzje są trudne dlatego, że w trakcie ich rozważań człowiek nie widzi jednocześnie wszystkich argumentów za i przeciw. Prawdopodobnie zbudowana hierarchia pozwoli nie tylko dostrzec wszystkie aspekty problemu decyzyjnego, ale także uporządkować je w jednorodny zbiór porównywalnych ze sobą elementów. Warto dodać, że etap budowy modelu hierarchicznego jest w literaturze traktowany jako coś oczywistego. Niewiele informacji poświęconych jest procesowi definiowania i grupowania jego elementów, a przecież budowa modelu hierarchicznego to najbardziej kreatywny etap AHP, wymagający zaangażowania dużej ilości czasu i zasobów (np. udział ekspertów z różnych dziedzin). Dlatego rozdział ten szczególnie omawia zasady tworzenia poprawnej struktury hierarchicznej, dodając na końcu specjalną „checklistę”, służącą do walidacji jej poprawności.

Model hierarchiczny należy w następnej kolejności poddać analizie polegającej na porównaniu wszystkich par elementów utworzonych w ramach poszczególnych grup, używając do tego tzw. dwubiegunowej, fundamentalnej dziewięciostopniowej skali. Tego dotyczy rozdział trzeci, w którym skoncentrowano się na zagadnieniach związanych ze wspomnianą skalą oraz z procedurą pozyskiwania danych pierwotnych od ekspertów. Przedstawiono w nim charakterystykę i podstawy stosowania dziewięciostopniowej fundamentalnej skali porównań, zaprezentowano zasady tworzenia zestawień par elementów w ramach struktury hierarchicznej oraz omówiono praktyczne kwestie związane z konstruowaniem kwestionariusza, np. sposób prezentacji i formułowania pytań. Poruszono także kwestie dotyczące doboru respondentów do badań, pozyskiwania od nich ocen na podstawie porównań utworzonych par elementów oraz wprowadzania wyników tych ocen do macierzy. Należy dodać, że pozyskiwanie informacji do analizy modelu hierarchicznego to etap, który generuje najwięcej problemów w całej metodzie AHP. Jednym z nich jest omówiony szeroko w rozdziałach piątym i siódmym problem niezgodności ocen, który powoduje, że wyznaczone ostateczne wyniki nie mogą być uznane za wiarygodne.

Kolejnym etapem AHP jest obliczenie wartości współczynników wagowych (priorytetów, wag). Rozdział czwarty przybliży Czytelnikowi matematyczną stronę AHP przede wszystkim od strony praktycznej, prezentując szczegółowo – krok po kroku – cztery różne sposoby obliczania priorytetów: za pomocą specjalistycznego oprogramowania, a także z wykorzystaniem rachunku macierzowego, średniej geometrycznej oraz średniej arytmetycznej. Każdy z tych sposobów został omówiony na konkretnych, bliskich Czytelnikowi przykładach problemów decyzyjnych, jak choćby wybór telefonu komórkowego czy najlepszego miejsca

na wakacyjny wyjazd. Celem zwiększenia przejrzystości prezentowanych algorytmów obliczeniowych w sposób jedynie bardzo ogólny potraktowano twierdzenia matematyczne stanowiące fundament metody AHP, natomiast odwołano się do obszernej literatury w tym zakresie, szczególnie do książek autora metody AHP.

Wyznaczenie wartości współczynników wagowych nie kończy analizy. Dla każdej macierzy porównań przeprowadza się analizę jej jakości, czyli weryfikację zgodności (logiczności), która odzwierciedla rzetelność i kompetencje ekspertów. Pomiaru tej zgodności w metodzie AHP dokonuje się za pomocą specjalnego współczynnika, zwanego współczynnikiem zgodności CR (ang. *consistency ratio*). Podobnie jak priorytety, CR można obliczyć, korzystając z programu komputerowego lub wykonać działania „ręcznie”. W rozdziale piątym, posługując się konkretnymi przykładami, omówiono różne sposoby obliczania oraz interpretacji współczynnika CR. Niektóre z nich stanowią kontynuację przykładów z rozdziału czwartego. Warto jednak podkreślić, że możliwość kontroli logiczności analizy modelu AHP za pomocą specjalnego współczynnika należy uznać za ogromną zaletę tej metody. Dzięki temu można się również przekonać, jak rzetelnie respondent odpowiadał na zadane pytania. Oprócz pomiaru zgodności w rozdziale piątym przedstawiono także analizę wrażliwości (ang. *sensitivity analysis*), za pomocą której można sprawdzić, jak wrażliwe są wartości otrzymanych współczynników wagowych na zmiany poszczególnych ocen.

Po otrzymaniu poprawnych wartości współczynników wagowych badacz musi zmierzyć się z kolejnym problemem, jakim jest agregacja wyników w przypadku decyzji grupowych. Jak powszechnie wiadomo, ważne i złożone decyzje – do rozwiązywania których służą wielokryterialne metody podejmowania decyzji – nigdy nie są podejmowane jednoosobowo. Bardzo często wymagają one zaangażowania wieloosobowych zespołów złożonych z ekspertów z różnych dziedzin. Konsekwencją tego mogą być rozbieżne opinie i poglądy, co sprawia, że trudno jest wypracować wspólne stanowisko. Rozdział szósty jest w całości poświęcony decyzjom grupowym i agregacji wyników AHP pochodzących od wielu respondentów. W metodzie AHP proponowane są dwa sposoby agregacji ocen: agregacja indywidualnych osądów (ang. *aggregation of individual judgments*, AIJ) oraz agregacja indywidualnych priorytetów (ang. *aggregation of individual priorities*, AIP). AIJ ma miejsce na etapie dokonywania porównań parami i stosowana jest w przypadku, gdy grupa podejmuje decyzję wspólnie, w tym samym miejscu i czasie, AIP natomiast polega na łączeniu wartości współczynników wagowych pochodzących od niezależnych respondentów. Dobór metody agregacji wyników zależy zatem od sposobu pozyskiwania danych. Innymi kwestiami, zaprezentowanymi w tym rozdziale, są liczebność grup eksperckich oraz podział i znaczenie ich kompetencji. Warto zwrócić uwagę, że etap agregacji ocen grupowych jest nierzadko pomijany w raportowaniu prac badawczych z wykorzystaniem metod AHP/ANP. Być może jest to związane z nieznanością tej problematyki przez badaczy, którzy często dokonują tych ocen sami. Intencją autorów książki jest przekazanie odpowiedniej wiedzy w tym zakresie, tak aby w przyszłości nikt nie pomijał tego ważnego zagadnienia w swoich działaniach badawczych.

Rozdział siódmy, ostatni, nie tylko stanowi podsumowanie rozważań zawartych w całej monografii, ale także szczegółowo odnosi się do najczęściej omawianych w literaturze wad i zalet metody AHP. Główny nacisk położono na wspomniane już problem niezgodności wyników oraz inwersję rang, a, co najważniejsze, przedstawiono różne sposoby radzenia sobie z tymi problemami w praktyce. W kontekście zalet metody AHP podkreślano jej elastyczność, uniwersalność i wszechstronność, można ją bowiem stosować do rozwiązywania różnych kategorii problemów decyzyjnych, w różnych obszarach, a nawet w połączeniu z innymi metodami wspomaganie decyzji. Jako przykłady bardziej zaawansowanych możliwości zastosowania AHP zilustrowano analizę korzyści i kosztów oraz planowanie analityczne.

Na końcu książki został zamieszczony krótki aneks, odwołujący się do tzw. aksjomatów metody AHP. Zostały one wydodrębnione z głównej treści książki, ponieważ dotyczą różnych etapów tej metody, dlatego w poszczególnych rozdziałach można spotkać odwołania do tych pojęć.

Każdy rozdział rozpoczyna swoiste motto nawiązujące do jego tematyki. Cytaty te pochodzą z różnych źródeł – tym sposobem autorzy chcieli pokazać, że problematyka podejmowania decyzji i wspomaganie procesu decyzyjnego przewijała się w różnych kontekstach i epokach. Jednocześnie należy podkreślić, że we współczesnym świecie procesy podejmowania decyzji i wielokryterialne metody wspomagające analizę problemów decyzyjnych to nie tylko niezwykle popularny, ale przede wszystkim bardzo istotny nurt w dziedzinie zarządzania. Zarządzanie bowiem opiera się na nieustannym podejmowaniu decyzji, które stają się coraz bardziej skomplikowane i wieloaspektowe. A zatem umiejętność stosowania MCDA w praktyce to jedno z najważniejszych wyzwań stojących przed współczesnymi menedżerami.

W niniejszej książce znajdują się liczne przykłady odnoszące się zarówno do modeli hierarchicznych, jak i do obliczeń – w większości przypadków zostały one opracowane przez autorów książki, częściowo zaczerpnięte z innych źródeł. Autorzy w wielu miejscach odwołują się do dorobku twórcy AHP, literaturę tę traktując jako podstawowe źródło wiedzy na temat opisywanej metody. Dlatego przy wprowadzaniu jakichkolwiek nowych pojęć dotyczących AHP w nawiasach podane zostały ich nazwy w języku angielskim. Ponadto podręcznikowe wyjaśnienia działania metody na różnych jej etapach zostały wzbogacone przez autorów wynikami ich własnych doświadczeń i obserwacji, wynikających z prowadzonych w tym zakresie wieloletnich badań.

W trakcie gromadzenia materiałów i pisania niniejszej książki autorzy wielokrotnie konsultowali się z twórcą metody AHP, profesorem Thomasem L. Saatym. Na koniec wyraził on swoją akceptację dla tej pracy i postanowił zarekomendować książkę jako wyczerpujący podręcznik dotyczący metody AHP.

[Przejdź do księgarni →](#)



ksiegarnia.beck.pl