

APEKS – metoda podejmowania decyzji

APEKS – a method of decision making

Jan Szybka^{1, A-J} , Sylwester Pabian^{2, G-I} 

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

² Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie, Wydział Politechniczny, Katedra Elektroniki, Telekomunikacji i Mechatroniki, ul. Mickiewicza 8, 33-100 Tarnów, Polska

Artykuł oryginalny

Abstrakt

Metoda APEKS została opracowana w latach siedemdziesiątych XX wieku. Posiada ona szerokie zastosowanie w podejmowaniu decyzji. W artykule scharakteryzowano metodę APEKS, która jest metodą wielokryterialną i składa się z dziesięciu kroków. Przedstawiono zastosowanie tej metody na przykładzie wyboru samochodu. Analizowano problem wyboru samochodu osobowego, uwzględniając sześć kryteriów oceny: zużycie paliwa, moc, cena, roczne koszty eksploatacji, walory estetyczne oraz walory użytkowe. Postępując zgodnie z metodą APEKS, analizę zakończono wyborem najlepszego wariantu. Wykorzystano metodę wymuszonych decyzji, polegającą na indywidualnym, wzajemnym porównaniu wszystkich kryteriów. Służy do tego wariant APEKS, który posiada wszystkie najlepsze cechy wariantów do wyboru. Dowodzi to, że APEKS jest wariantem wyidealizowanym oraz fikcyjnym.

Abstract

The APEKS method was developed in the 1970s. It has a wide range of applications for making a decision. The article describes the APEKS method, which is a multi-criteria method and consists of 10 steps. The application of this method was presented in the example of car selection. The problem of choosing a passenger car was analyzed taking into account 6 evaluation criteria: fuel consumption, power, price, annual operating costs, aesthetic values, and utility values. Following the APEKS method, the analysis was completed with the selection of the best variant, using the forced decision method, consisting of an individual comparison of all criteria with one another. The APEKS variant is used for this, which has all the best features of the variants to choose from. This indicates that APEKS is an idealized and fictional variant.

Słowa kluczowe

- APEKS
- metody podejmowania decyzji
- metoda APEKS
- decyzje

Wkład autorów

- A – koncepcja pracy
- B – metodologia
- C – analiza formalna
- D – oprogramowanie
- E – przeprowadzenie badań
- F – ochrona danych
- G – wizualizacja
- H – pisanie – przygotowanie wersji wstępnej
- I – redakcja i rewizja
- J – administrowanie projektem

Korespondencja

Jan Szybka

e-mail: j_szybka@pwszstar.edu.pl
Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
Wydział Politechniczny
Katedra Elektroniki, Telekomunikacji
i Mechatroniki
ul. Mickiewicza 8
33-100 Tarnów, Poland

Informacje o artykule

Historia artykułu (Article history)

- Otrzymano (Received):
2021-09-09
- Zakceptowano (Accepted):
2021-09-29
- Opublikowano (Published):
2021-09-30

Wydawca (Publisher)

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie
(University of Applied Sciences in Tarnow)
ul. Mickiewicza 8, 33-100 Tarnow, Poland

Licencja (User license)

© by Authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License CC-BY-SA.

Finansowanie (Financing)

This research did not received any grants from public, commercial or non-profit organizations.

Konflikt interesów (Conflict of interests)

Nie zadeklarowano konfliktu interesów.

Wstęp

Podjęcie decyzji jest nieodłącznym elementem realizowania wszelkich działań w szeroko rozumianym obszarze techniki. Znaczenie umiejętnego dokonywania wyborów widoczne jest już na etapie projektowania obiektów technicznych, kiedy to analiza i wybór wariantów rozwiązań konstrukcyjnych (koncepcji) możliwych do realizacji, rozstrzyga o końcowym wyniku projektu. Również w samym procesie wytwarzania nie rzadko ma miejsce wybór metod (technologii) wykonywania poszczególnych elementów obiektów technicznych. Podjęte decyzje mają nie tylko znaczenie ekonomiczne, ale także wpływają na jakość wyprodukowanych urządzeń. Podczas eksploatacji obiektów technicznych również podejmuje się różnorodne decyzje. Reasumując, podejmowanie decyzji jest istotnym elementem występującym na wszystkich etapach powstawania i użytkowania obiektów technicznych.

Decyzja oznacza postanowienie będące wynikiem dokonania wyboru [3]. Decyzje są efektem działań, które ujęte jako proces postępowania, w problematyce technicznej mogą podlegać algorytmizacji. Można je przedstawić w formie procedur postępowania stanowiących podstawę informacyjną procesów decyzyjnych, w których określone cechy i właściwości charakteryzujące obiekt techniczny zostały przyjęte jako kryterium wyboru najlepszych rozwiązań. Te cechy i właściwości stanowią wartości charakteryzujące relacje zachodzące pomiędzy ludźmi jako podmiotami działania a rzeczywistością w sytuacji, w której rozważają oni związki obiektów z własnymi potrzebami i celami działania.

Każdy obiekt techniczny posiada jakość, określaną jako zespół cech i właściwości charakteryzujących go w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Określenie jakości [4] jest wiele, jednak pomijając aspekty filozoficzne, przyjmuje się, że ze względu na odbiorcę (najczęściej przyszłego użytkownika) można sprowadzić ją do ogółu cech i właściwości wyrobu lub usługi, które decydują o możliwościach wyrobu lub usługi do zaspokajania stwierdzonych i przewidywanych potrzeb (PN-EN ISO 9000:2015-10). W takim ujęciu rozważane są cechy, które są niezmiennie w czasie eksploatacji (dane identyfikacyjne obiektu, marka, model itp.) oraz właściwości, których wartości zmieniają się w czasie użytkowania, jak np. moc silnika (decydują o tym procesy zużycia, starzenia i zmęczenia). Zarówno cechy, jak i właściwości mogą mieć charakter jakościowy (wtedy ocena ich ma charakter subiektywny) i ilościowy (są mierzalne, czyli są obiektywne z dokładnością przeprowadzenia pomiarów ich wartości).

W przedstawionym powyżej podejściu do jakości obiektów technicznych przedstawiono metodę APEKS (opracowaną w latach siedemdziesiątych XX wieku) jako procedurę prowadzącą do wyboru (decyzji) najlepszego wariantu rozwiązania konstrukcyjnego lub strategii realizowania działań technicznych spośród dostępnych, możliwych do zastosowania koncepcji wyboru.

Charakterystyka metody APEKS

Klasyczną pozycją literatury dotyczącą podobnych metod do APEKS-u jest opracowanie Romualda Kolmana zatytułowane *Ilościowe określanie jakości* [1], w której podział zaprezentowanych metod wyznaczenia ostatecznej wartości globalnego wskaźnika jakości można sprowadzić do metod addytywnych i multiplikatywnych.

W metodach addytywnych wyróżnione wartości ocen w zastosowanych kryteriach jakościowych i ilościowych są sumowane, a w metodach multiplikatywnych są iloczynami tych wartości. Jeżeli wartości ocen kryterialnych mają różne jednostki (cena, moc itp.) to uzyskany końcowy wynik nie jest bezwymiarowy. Świadczy to o „niedoskonałości” tych metod.

Stosowane są również metody symulacyjne typu AHP, ANP, ELECTRE III czy też PROMETHEE II [7], ale procedura uzyskania wyniku finalnego jest zaprogramowana i często może być niedostępna dla użytkownika (uwaga nie dotyczy metody AHP). Metoda APEKS jest łatwa w praktycznym zastosowaniu ponieważ ma prostą procedurę postępowania i może być wykorzystana zarówno w procesach projektowania, jak też w rozwiązywaniu problemów z zakresu eksploatacji obiektów technicznych.

W metodzie APEKS uzyskany wynik jest bezwymiarowy i może być procentową oceną każdego z analizowanych wariantów. Do realizacji wybierany jest ten wariant, który ma najwyższą ocenę. Przeprowadzana jest również analiza wartości ocen każdego z kryteriów. Na wstępnym etapie istnieje możliwość poprawienia tych cech lub właściwości, które mają niskie wartości ocen.

Metoda APEKS składa się z dziesięciu kroków. Postępując zgodnie z procedurą, uzyskuje się wynik oceny, który sprowadzony jest do wartości procentowych charakteryzujących poziom jakości w odniesieniu do idealnego, fikcyjnego wariantu, którym jest APEKS [4, 5, 6].

Procedura postępowania w metodzie APEKS:

Krok 1

Zestaw listę wariantów

W_n, W_p .

Krok 2

Zestaw listę mieszanych, ilościowych i jakościowych kryteriów ocen (zachowaj warunek niepowtarzalności i jednoznaczności kryteriów)

k_1, \dots, k_6 .

Krok 3

Narysuj makietę macierzy decyzyjnej, zgodnie ze wzorem przedstawionym jako tabela 1.

Tabela 1. Macierz decyzyjna metody APEKS, przy kryteriach oceny

Warianty W_i ($i = 1, \dots, 8$)	W_1 (a_{1-o})	W_2 (a_{2-o})	...	W_8 (a_{8-o})	Wariant APEKS w_A (a_{ij})	Współczynniki wagi kryteriów w_j
Kryteria						
k_1	kryteria ilościowe				wartości ekstremalne (to co najlepsze, jako punkt odniesienia)	
k_2						
k_3						
k_4						
k_5	kryteria jakościowe					
k_6						
						$\Sigma w_j = 1,00$

Wariant APEKS jest wariantem fikcyjnym.

Krok 4

Określ wskaźniki wagi (w_j) mieszanych kryteriów ocen ($W_1 \div W_8$). Wykorzystaj do tego metodę wymuszonych decyzji.

Krok 5

Oszacuj wartości ocen ilościowych dla poszczególnych wariantów a_{ij} . Wykorzystaj do tego dane techniczno-ekonomiczne lub wyniki przeprowadzonych badań. Przykład oszacowania przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Oszacowane wartości ocen ilościowych

Kryteria	Możliwe wymuszone decyzje Liczba możliwych wymuszonych decyzji $L = n(n-1)/2 = 8(8-1)/2 = 28$								Suma decyzji $d(\Sigma, 1^n)$	Wskaźniki wagi $w_i = d/L$
	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	2/3	2/4	...		
k_1	0	0	0	1	1					
k_2	1					1	0	...		
k_3		1				0				
k_4			1				1			
k_5				0				...		
k_6					0					
										$\Sigma = 1,00$

Oceń kryteria, porównując je między sobą: ważniejsze – 1, mniej ważne – 0. Sumuj do jedynki i wyznaczaj wagi według wzoru. Suma ma być zawsze równa 1.

Krok 6

Oszacuj wartości ocen jakościowych dla poszczególnych wariantów (a_{ij}). Uczyni to, korzystając:

- a) ze znormalizowanej gry hazardowej von Neumanna-Morgensterna;
- b) z metody Achoffa-Churchmana;
- c) z własnej intuicji na skali 10-punktowej.

Krok 7

Oszacuj wartości ocen jakościowych i ilościowych dla fikcyjnego wariantu zwanego APEKS (a_{ij}). Przeprowadź to, wybierając z oszacowanych dotąd dla poszczególnych wariantów te wartości ocen ilościowych i jakościowych, które w świetle uwzględniających wymagań posiadają najkorzystniejsze wartości.

Krok 8

Dla uwzględnionych wariantów wylicz ich względne procentowe wartości krytyczne. Przeprowadź to według wzoru na względne procentowe wartości oszacowań:

$$c_{ij} = \left[\left(\frac{a_{ij}}{a_{.ij}} \right)^{\pm 1} \cdot 100 \right]^{w_j} \tag{1}$$

UWAGA: Znak + (plus) stosowany jest jeżeli kryterium jest maksymalizowane, a znak – (minus) jeżeli minimalizowana jest wartość kryterium.

$$F_i = \prod_{j=1}^{j=6} \left[\left(\frac{a_{ij}}{a_{.ij}} \right)^{\pm 1} \cdot 100 \right]^{w_j} \tag{2}$$

Krok 9

Wybierz do realizacji ten wariant, który ma największą względną procentową wartość krytyczną.

Krok 10

Przeprowadź analizę względnych procentowych wartości oszacowań (c_{ij}) i wskaż, które z cech optymalnego wariantu wymagałyby polepszenia, w celu podwyższenia jego walorów.

Przykład obliczeniowy

Przykład obliczeniowy dotyczy wyboru pojazdu samochodowego, który użytkownik planuje zakupić. Analizuje przy tym to, który z nich uzyska najwyższe wartości

w świetle sformułowanych kryteriów, które przedstawiono poniżej.

Kryteria ocen:

- k_1 – zużycie paliwa (l/100km),
- k_2 – moc (KM),
- k_3 – cena (zł),
- k_4 – roczne koszty eksploatacji (zł),
- k_5 – walory estetyczne (skala ocen od 1 do 10),
- k_6 – walory użytkowe (skala ocen od 1 do 10).

Analizowane są samochody używane o umiarkowanych cenach.

Użytkownik wybiera spośród czterech samochodów oznaczonych jako W_1 , W_2 , W_3 i W_4 . Specyfikacja poszczególnych samochodów została zamieszczona w tabeli 3.

Tabela 3. Wartości poszczególnych wariantów w świetle kryteriów ocen

$k_j \setminus W_i$		W_1	W_2	W_3	W_4	Wariant APEKS a_{Aj}	Współczynnik wagi kryteriów w_j
		a_{1j}	a_{2j}	a_{3j}	a_{4j}		
k_1	Zużycie paliwa (l/100km)	6	10	8	7	6	10010 $\Sigma k_1 = 2$
k_2	Moc (KM)	160	165	105	85	165	00010 $\Sigma k_2 = 1$
k_3	Cena (zł)	60000	35000	26000	12000	12000	11111 $\Sigma k_3 = 5$
k_4	Roczne koszty eksploatacji (zł)	2000	3000	1500	1200	1200	11010 $\Sigma k_4 = 3$
k_5	Walory estetyczne (1-10)	9	8	7	6	9	00000 $\Sigma k_5 = 0$
k_6	Walory użytkowe (1-10)	7	8	7	6	8	11011 $\Sigma k_6 = 4$

Obliczenie wskaźników wagi kryteriów ocen przedstawiono w tabeli 4.

Suma decyzji wymuszonych:

$$L = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{6(6-1)}{2} = 15 \quad (3)$$

Tabela 5 przedstawia względne procentowe wartości oszacowań poszczególnych wariantów.

Tabela 4. Metodą wymuszonych decyzji wyliczenie wskaźników wagi kryteriów ocen

Kryteria	Możliwe wymuszone decyzje					Suma decyzji	Wskaźniki wagi $w_i = d/L$
	Liczba możliwych wymuszonych decyzji						
	1 k_1/k_2	2 k_1/k_3 k_2/k_3	3 k_1/k_4 k_2/k_4 k_3/k_4	4 k_1/k_5 k_2/k_5 k_3/k_5 k_4/k_5	5 k_1/k_6 k_2/k_6 k_3/k_6 k_4/k_6 k_5/k_6		
k_1 Zużycie paliwa	1	0	0	1	0	2/15	0,1333
k_2 Moc	0	0	0	1	0	1/15	0,0667
k_3 Cena	-	1 1	1	1	1	5/15	0,3333
k_4 Roczne koszty eksploatacji	-	-	1 1 0	1	0	3/15	0,2000
k_5 Walory estetyczne	-	-	-	0 0 0 0	0	0/15	0,0000
k_6 Walory użytkowe	-	-	-	-	1 1 0 1 1	4/15	0,2667

Tabela 5. Względne procentowe wartości oszacowań c_{ij} poszczególnych wariantów

$k_j \setminus W_i$	W_1	W_2	W_3	W_4	Wariant APEKS c_{Aj} (%)	Współczynnik wagi kryteriów w_j
	c_{1j} (%)	c_{2j} (%)	c_{3j} (%)	c_{4j} (%)		
k_1 Zużycie paliwa	1,8476	1,7259	1,7781	1,8099	1,8476	0,1333
k_2 Moc	1,3568	1,3596	1,3192	1,3007	1,3596	0,0667
k_3 Cena	2,7141	3,2483	3,5866	4,6409	4,6409	0,3333
k_4 Roczne koszty eksploatacji	2,2679	2,0912	2,4022	2,5119	2,5119	0,2000
k_5 Walory estetyczne	1	1	1	1	1	0,0000
k_6 Walory użytkowe	3,2956	3,4151	3,2956	3,1629	3,4151	0,2667
Względne procentowe wartości krytyczne F_{wi} (%)	50,85	54,44	66,60	73,22		

Względna procentowa wartość krytyczna dla wariantu APEKS wynosi $F_{w_i} = 100\%$. Najwyższą ocenę 73,22% uzyskał pojazd oznaczony jako wariant W_4 i to on powinien zostać obiektem zainteresowania potencjalnego użytkownika.

Wnioski

Ocena wielokryterialna wymaga nie tylko właściwego doboru kryteriów, ale również określenia ważności kryteriów i oceny ich wpływu na wynik końcowy. W APEKS-ie wykorzystano w tym celu metodę wymuszonych decyzji, polegającą na indywidualnym, wzajemnym porównaniu wszystkich kryteriów [2]. Wariant APEKS jest wyidealizowany i posiada wszystkie najlepsze cechy, co oznacza, że w rzeczywistości jest wariantem fikcyjnym. Względem APEKSU porównywane są wszystkie analizowane warianty.

Możliwości zastosowania tej metody są szerokie. Wieloletnie doświadczenia potwierdzają jej użyteczność najczęściej w projektowaniu maszyn, w optymalizacji procesów eksploatacyjnych oraz w planowaniu przedsięwzięć organizacyjno-technicznych [3, 4, 5, 6]. Metoda APEKS znajduje liczne zastosowania w pracach dyplomowych (inżynierskich i magisterskich) oraz w pracach doktorskich.

Metoda ma charakter autorski, została opracowana w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisław Staszica w Krakowie przez Jana Szybkę, współautora tej publikacji, a jej wartość weryfikowana była wielokrotnie w prowadzonych analizach naukowych. Stosowana

była lokalnie, głównie w procesach kształcenia, a zaprezentowanie jej w niniejszej publikacji ma na celu udostępnienie jej szerszej grupie odbiorców.

Przypisy

- [1] Kolman R. Ilościowe określanie jakości. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne; 1973.
- [2] Crum LW. Analiza wartości. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne; 1973.
- [3] Szybka J, Pilch R. APEKS – metoda wspomagająca ocenę działań. W: Salomonowicz T, redaktor. Niekonwencjonalne metody oceny trwałości i niezawodności: XXXIV Zimowa Szkoła Niezawodności: Szczyrk 2006. Radom: Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji ITE; 2006.
- [4] Szybka J. Zastosowanie metody APEKS do oceny wskaźnika jakości sterowania eksploatacją. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Automatyka. 1983;67:113–119.
- [5] Gałuszka Z, Szybka J. Przydatność oceny metodą APEKS do podejmowania optymalnych decyzji przy mieszanych kryteriach ocen. Zeszyty Naukowe AGH. Elektryfikacja i Mechanizacja Górnictwa. 1977;83:41–50.
- [6] Heinrich M, Jasica G. Wielokryterialna ocena jakości wyrobu z uwzględnieniem etapów projektowania, wytwarzania i eksploatacji. Problemy Eksploatacji. 2009;3:8596.
- [7] Polak R. Modele symulacyjne w wielokryterialnej analizie procesu transportu urobku w kopalniach podziemnych. Praca doktorska. Kraków: Instytut Gospodarki Surowcami i Energią Polskiej Akademii Nauk; 2021.