



Centrum Nauk
Decyzyjnych



SGH

Optymalizacja wielokryterialna – wczoraj i jutro. *Skrót wystąpienia.*

Tomasz Szapiro
ZWiAD, SGH

Metody i zastosowania badań operacyjnych XXIX, Będlewo, październik 2021

Agenda

- Subiektywnie o historii optymalizacji wielokryterialnej.
- Problemy generyczne - metodologia.
- Współczesne kierunki badań.
- Problemy wdrożeń
- Co dalej.

Istotne wyniki

Optymalizacja wielokryterialna – rozwiązania obiektywne (1972-1982)

- Pojęcie dominacji i redukcja problemu
- Techniki wyznaczania rozwiązań niezdominowanych
- Rozszerzenia – zadania rozmyte, przybliżone, nieliniowe
- Ściśle zdefiniowany obszar zastosowań

Interaktywna optymalizacja wielokryterialna – subiektywizm (1983-1992)

- Pojęcie restrukturyzacji i jej wsparcie
- Brak twierdzeń o istnieniu i warunków wystarczających
- Zestaw (klasyfikacja) metod interaktywnych
- Rozszerzony obszar zastosowań – bez strukturyzacji

Eksperymentalna (behawioralna) optymalizacja wielokryterialna (1993-2019)

- Modelowanie negocjacji, zależności i płci kulturowych, wsparcie decydenta

(Meta)heurystyczna optymalizacja wielokryterialna (2020 - ???)

- Rozszerzenia – metod metaheurystyczne i optymalizacja wielokryterialna

Historia na papierze – wybór subiektywny

- **Podręczniki**

- Roy D. Shapiro, Optimization Models for Planning and Allocation: Text and Cases in Mathematical Programming, Chapter 4. Multiple Criteria Decision Making, 173-228, GSBA, Harvard University, Wiley **1984**.
- T. Trzaskalik, Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym, PWE, **2006**

- **Monografie**

- E.Konarzewska-Gubała, Programowanie przy wielorakości celów, PWN, **1980**.
- P-L. Yu, Multiple Criteria Decision Making. Concepts, Techniques and Extensions, Plenum press, **1985**,
- R.E. Steuer, Multiple criteria optimization: theory, computation, and application, J. Wiley, New York, **1986**.
- Galas Z., Nykowski I., Żółkiewski Z., Programowanie wielokryterialne, PWE, **1987**.
- Podejście interaktywne we wspomaganiu podejmowania decyzji", Monografie i Opracowania, t. 338, Wydawnictwa Uczelniane SGPiS, **1991**

- **Osoby i metody**

- F.Ackerman, V.Belton, B.Roy, T.Saaty, R.Steuer, P-L.Yu, S.Zionts,
- W.Michałowski, I.Nykowski (Wielokryteriowe modele liniowe, Ekonomista, 4/1970, Przegląd Statystyczny 4/1966), W. Ogryczak, R.Słowiński, A.Wierzbicki,

Trzy problemy centralne oraz pewne grzechy

- **Niejawna substytucja w metodach typu MAUT, metrycznych i in.**
- **Niezmienniczość (niezależność od skalowania)**
- **Zmienność preferencji w czasie** (odwrócenia preferencji, niespójność czasowa, kolizje AHP)
- **Problemy zastosowań**
 - Interfejs użytkownik - analityk
 - Podejście typu „od śrubokręta do problemu?”
 - Zasilanie informacyjne

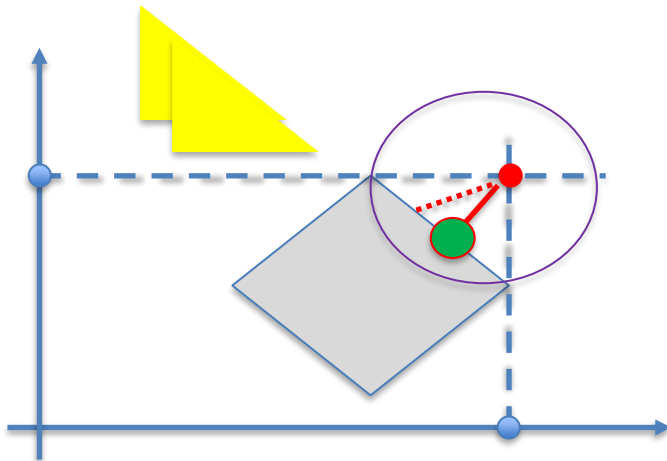
Niejawna substytucja

Rozważmy

$$F: X \rightarrow F(X), \text{ gdzie } X \subset \mathbb{R}^n \text{ oraz } F(X) \subset \mathbb{R}^m$$

Założmy, że

- X jest **niepusty** i zwarty (wymaga sprawdzenia, brak efektywnych algorytmów)
- F jest ciągła (brak odniesień do interpretacji ciągłości)
- Minimalizujemy odległość od punktu idealnego



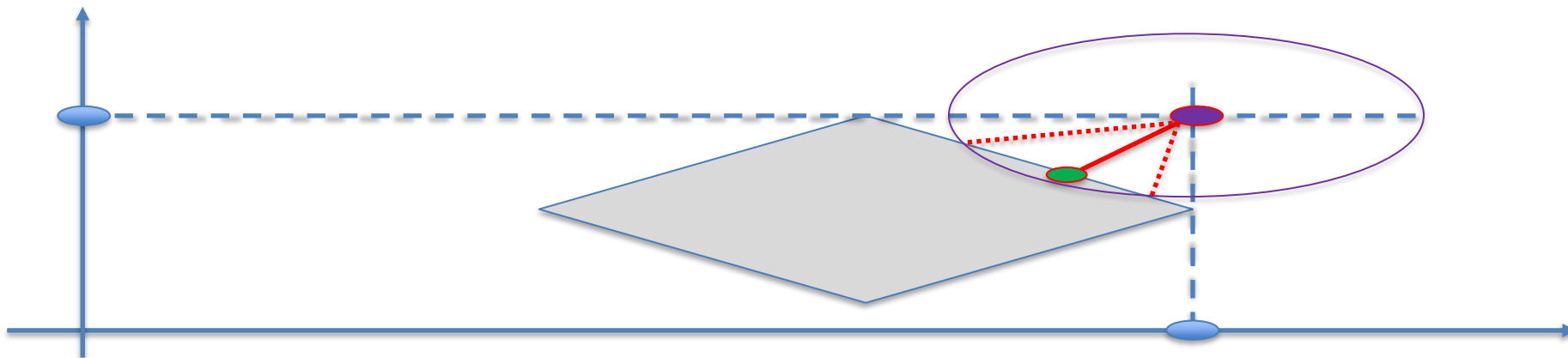
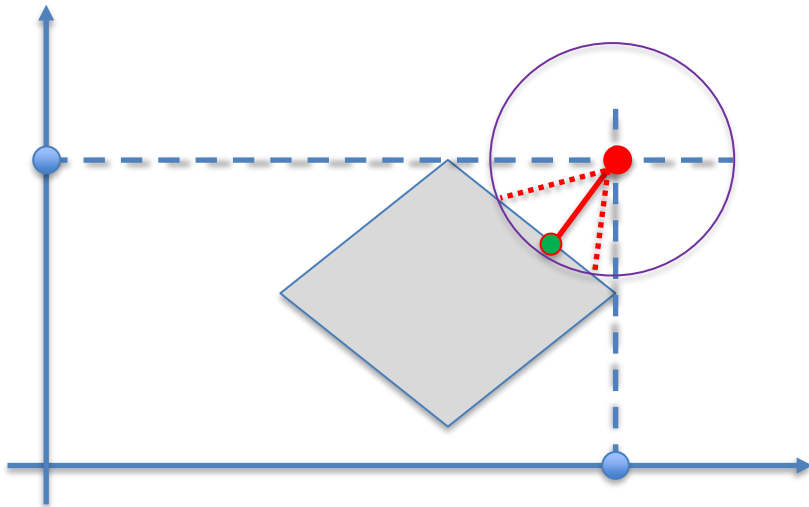
Wprowadzenie modelu preferencji
Wprowadzenie krzywych indyferencji
Kolizja z dominacją

Niezależne skalowanie

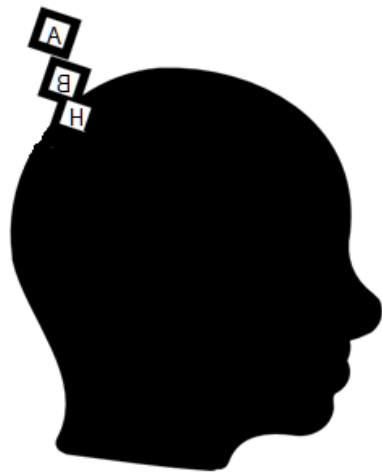
Czy $\arg \min U(ax,by) = \arg \min U(x,y)$?

Trzeba

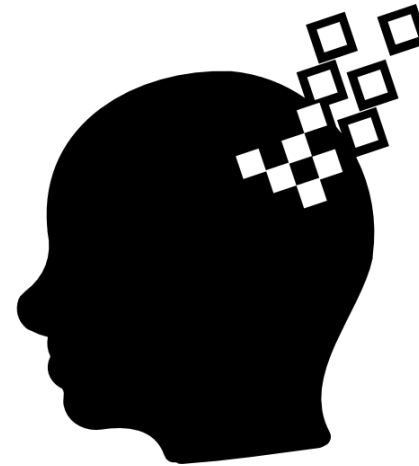
- sprawdzać niezależność od skali lub...
- badać niezmienniczość funkcji celu.



Problemy AHP



$$\begin{bmatrix} a_{11} = * & \dots & \frac{1}{a_{1N}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1N} & \dots & * \end{bmatrix}$$



- Ile elementów hierarchii AHP można porównać ze względu na jedno kryterium w ciągu godziny jeśli tempo indagowania to 4 pytania na minutę czyli 240 odpowiedzi na godzinę?
- Dla uproszczenia nie uwzględniamy pytań z odpowiedziami na diagonalu i zakładamy symetrię odpowiedzi tracąc zatem ocenę (nie)koherencji). Zatem
- $N(N-1)/2=240 \Rightarrow N(N-1)=480 \Rightarrow N^2-N-480=0$, $\Delta=1921$, $\text{sqrt}(\Delta)=43,83$, $N_1=1/2(1+43,83)<23$
- Przy tych założeniach dla 8 wariantów i jednego kryterium wystarczy 7 minut, ale 8 wariantów i cztery kryteria (bez podkryteriów) oznacza blisko pół godziny odpytywania, a przy dwóch podkryteriach każdego z czterech kryteriów potrzebna cała godzina. Dla problemów z praktyki te liczby kryteriów są małe, a czas bardzo długi.

Strumienie badań – przykłady konferencyjne

- Multi-objective/multi-criteria/multi-attribute decision making
- Multi-objective reinforcement learning
- Multi-objective planning and scheduling
- Multi-objective multi-agent decision making
- Multi-objective game theory
- Multi-objective/multi-criteria/multi-attribute utility theory
- Preference elicitation for MODeM
- Social choice and MODeM
- Multi-objective decision support systems
- Multi-objective metaheuristic optimisation (e.g. evolutionary algorithms) for autonomous agents and multi-agent systems
- Multi-objectivisation
- Explainable MODeM
- Applications of MODeM

Optymalizacja wielokryterialna buszuje po klasyce, zastosowaniach, rozszerzeniach.

Optymalizacja wielokryterialna korzysta z bardzo bogatego instrumentarium naukowego

Przykłady

- Klasyczny operator ważonej średniej wartości kryteriów
- Algorytmy przeszukiwania zbioru rozwiązań niezdominowanych (optimalnych w sensie Pareto)
- Hybrydowe metody metaheurystyczne
- Algorytmy genetyczne.
- Dyskretny wariant metody całek Choqueta.
- Porównania laboratoryjnych eksperymentów decyzyjnych

Pojawiają się teksty eklektyczne

Strumienie badań – tematyka artykułów

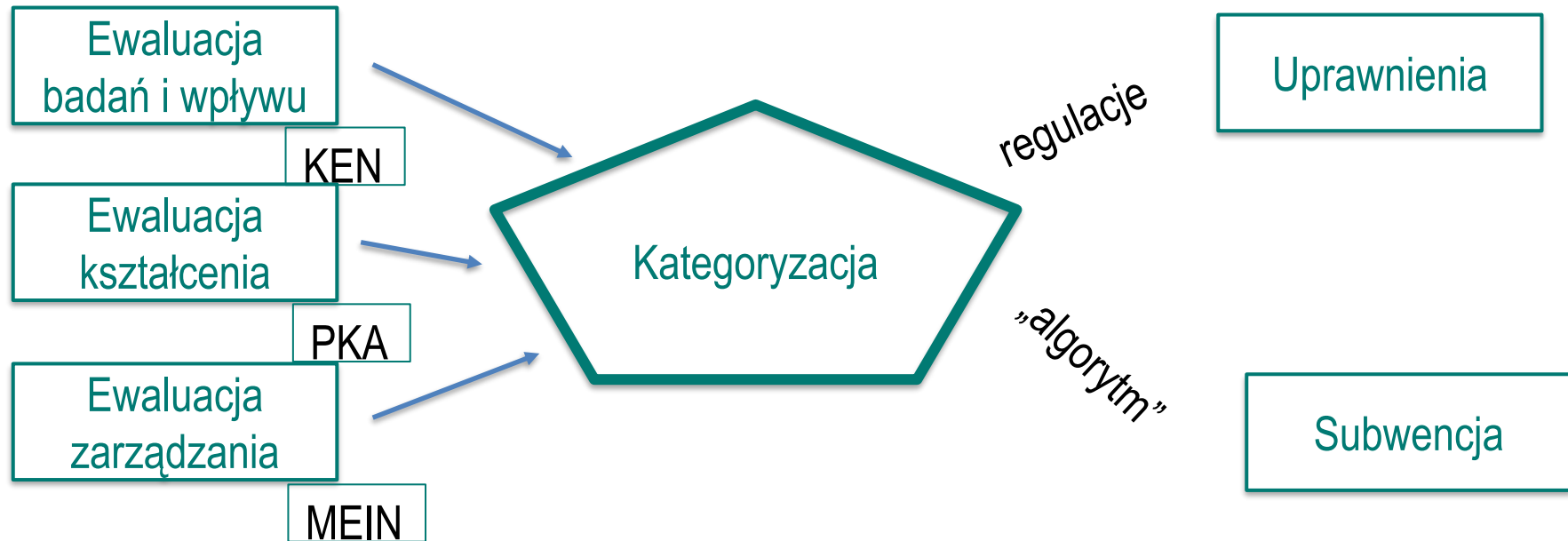
Metody optymalizacji

- Multiobjective Tabu Search, Simulated Annealing, Ant Colony optimization
- Multiple Objectives With Particle Swarm Optimization, Elitist Multi-objective Cat Swarm Optimization
- Support Vector Machines to Learn The Efficient Set in Multiple Objective Discrete Optimization
- Multiobjective Genetic Algorithms, Multiobjective Elitist GA with Restricted Mating
- Multiagent Systems Applied on Some Multiobjective Optimization Problems
- Multi-objective Multi-agent Decision Making: A Utility-based Analysis And Survey

Obszar optymalizacji

- Reliability Optimization
- Energy Efficiency, Telecommunication Networks
- Scheduling and Timetabling, Supply chain management problem
- Multiobjective, multiconstraint knapsack problems
- Multi-objective Algorithms For The Flowshop Scheduling Problem
- A Distributed Multiobjective Approach to Negotiations in Semi-Competitive Environments
- PHC-NSGA-II: A Novel Multi-objective Memetic Algorithm for Continuous Optimization
- An efficient Differential Evolution based algorithm for solving multi-objective optimization problems

Kilka uwag na koniec.



- Praktyka dostarcza szerokiej gamy złożonych problemów wielokryterialnych z rozwiązaniami rekomendowanymi przez grupy ekspertów (np. ewaluacja osiągnięć uczelni).
- Klasyczne wyniki optymalizacji wielokryterialnej nie są wykorzystywane do naukowej oceny proponowanych metod i algorytmów.
- Wyniki teoretyczne dla metod (meta)heurystyczne nie mają kanonu metodologicznego
- Warto poddać bardziej rygorystycznej metodologicznej analizie badania eksperymentalne
- Brak lub niedopracowanie oceny psuje optymalizację, a w szczególności - system decyzyjny!