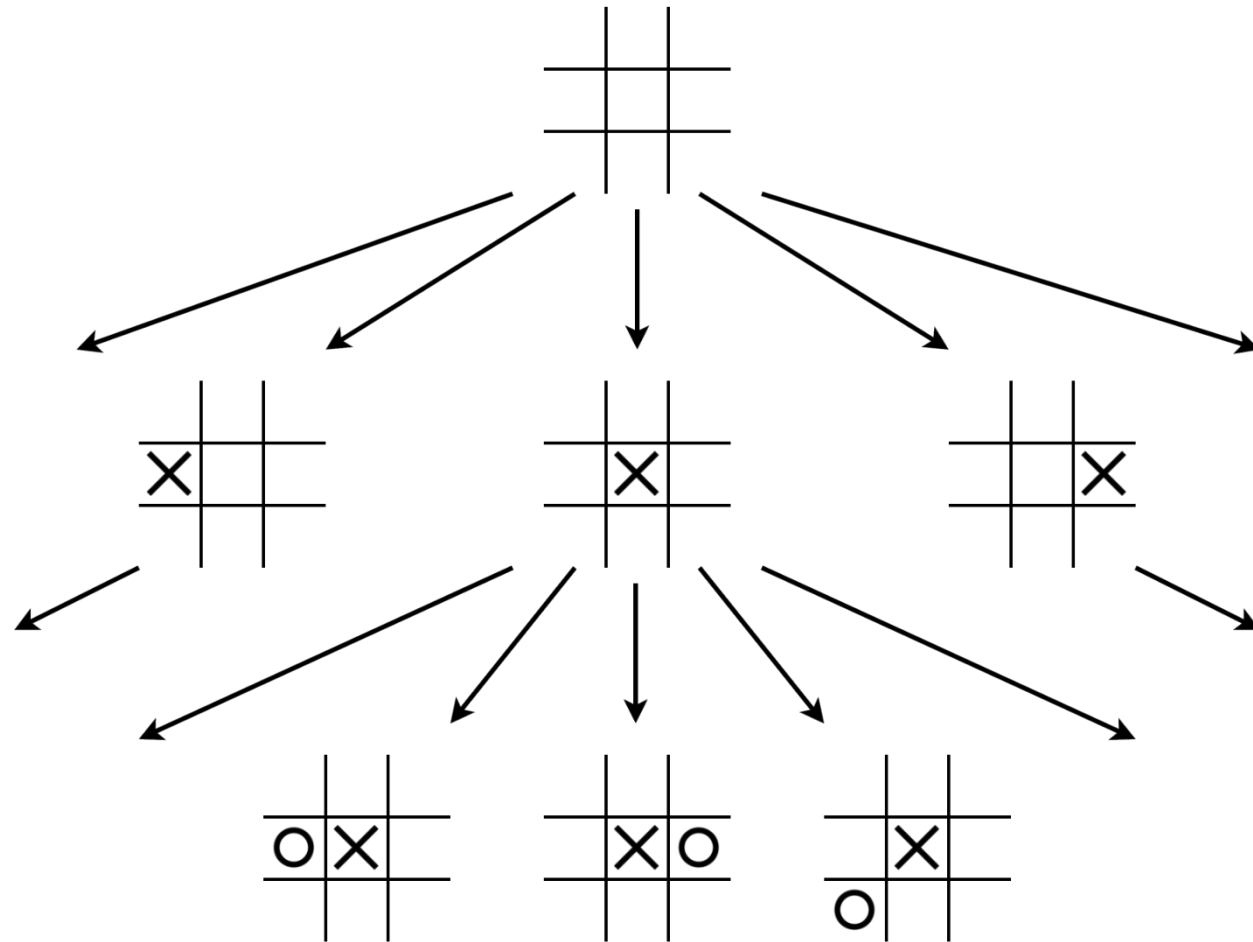


POŁĄCZENIE ALGORYTMÓW SYMULACYJNYCH
ORAZ DZIEDZINOWYCH METOD HEURYSTYCZNYCH
W ZAGADNIENIACH DYNAMICZNEGO PODEJMOWANIA DECYZJI

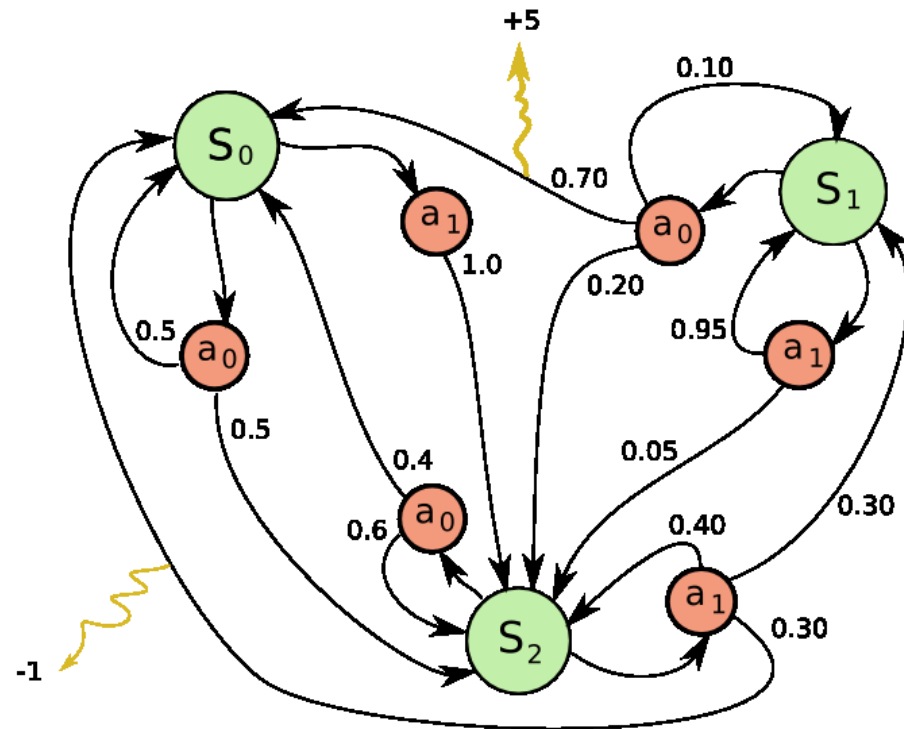
mgr inż. Karol Walędzik
k.waledzik@mini.pw.edu.pl

prof. dr hab. inż. Jacek Mańdziuk
j.mandziuk@mini.pw.edu.pl

GRA?



CZY COŚ WIĘCEJ?



DYNAMICZNE PROBLEMY DECYZYJNE?



MCTS + HEURYSTYKA = ?

- Uniwersalność
- Szerokie przeszukiwanie
- „Inteligentne próbkowanie”
- Dostrojenie do problemu
- Identyfikacja obiecujących kierunków
- Dzielnicowe ukierunkowanie

HIPOTEZY

1. Algorytmy symulacyjne, a w szczególności UCT, popularne głównie w obszarze gier, mogą być skuteczną metodą rozwiązywania złożonych dynamicznych problemów decyzyjnych – samodzielnie lub jako elementy podejścia hybrydowego.
2. Możliwe jest skonstruowanie podejścia hybrydowego łączącego metody symulacyjne oraz dziedzinowe metody heurystyczne, uzyskując metodę skuteczniejszą od każdego z tych podejść stosowanego samodzielnie.

CO DALEJ?

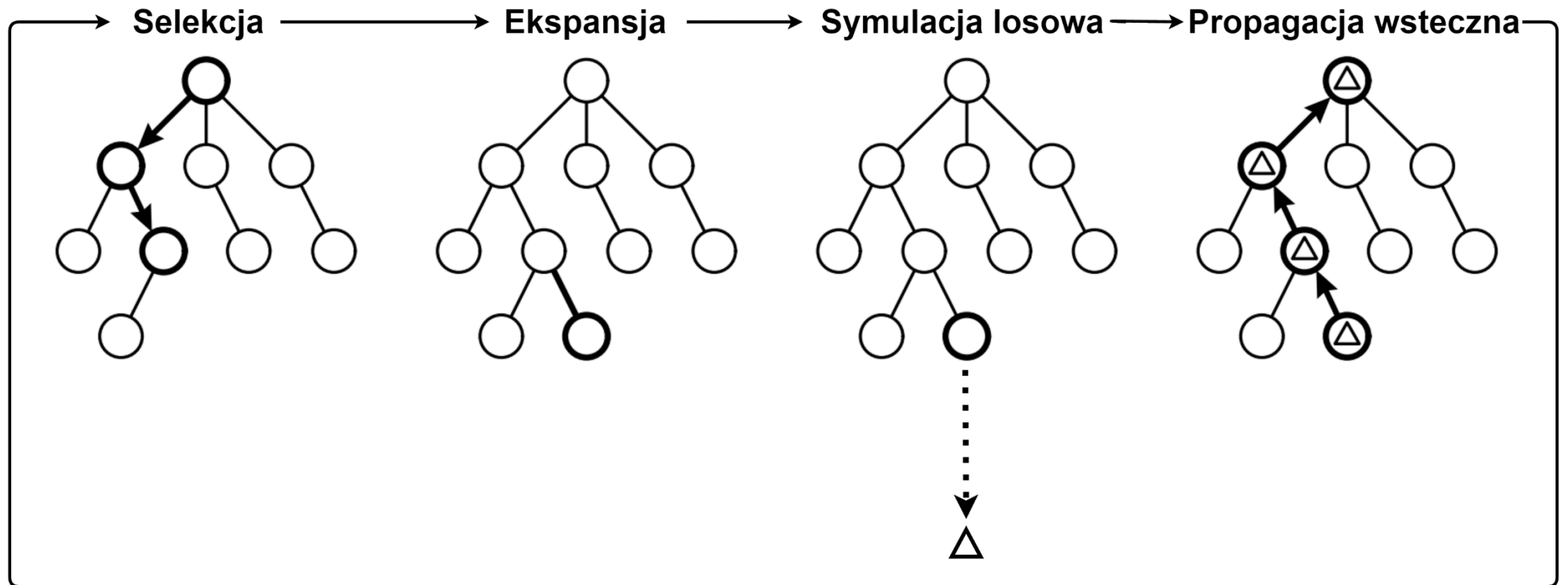
- Przeszukiwanie drzew metodą Monte Carlo (MCTS)
- Dynamiczne problemy decyzyjne
 - General Game Playing
 - Risk-Aware Project Scheduling Problem
- Wnioski
- Pytania



PRZESZUKIWANIE DRZEW METODĄ MONTE CARLO

MONTE CARLO TREE SEARCH (MCTS)

PRZESZUKIWANIE DRZEW METODĄ MONTE CARLO



UCT

(UPPER CONFIDENCE BOUNDS APPLIED TO TREES)

- Na bazie UCB1 dla problemu K-rękiego bandyty
- Polityka selekcji:

$$a^* = \operatorname{argmax}_{a \in A(s)} \left\{ Q(s, a) + c \sqrt{\frac{\ln N(s)}{N(s, a)}} \right\}$$

The image features a white background with decorative orange lines in the corners. On the left side, there are three parallel lines that form a right-angled corner shape. On the bottom right side, there are three parallel lines that form a diagonal shape extending towards the bottom right corner.

GENERAL GAME PLAYING

GENERAL GAME PLAYING



GAME DESCRIPTION LANGUAGE

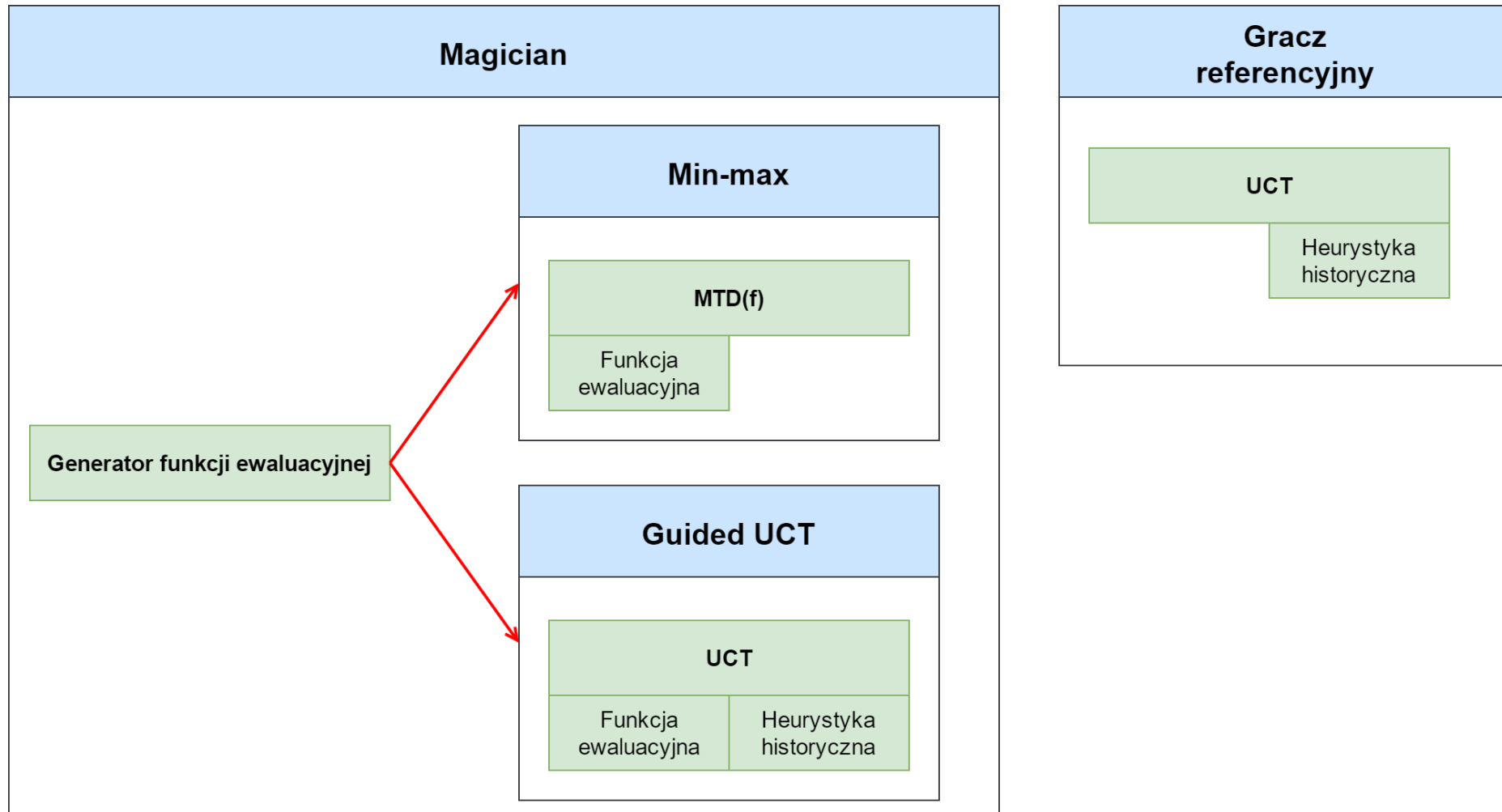
```
cell(1, 1, X)
cell(1, 2, b)
cell(1, 3, b)
cell(2, 1, b)
cell(2, 2, O)
cell(2, 3, b)
cell(3, 1, b)
cell(3, 2, b)
cell(3, 3, b)
control(white)
```

X		
	O	

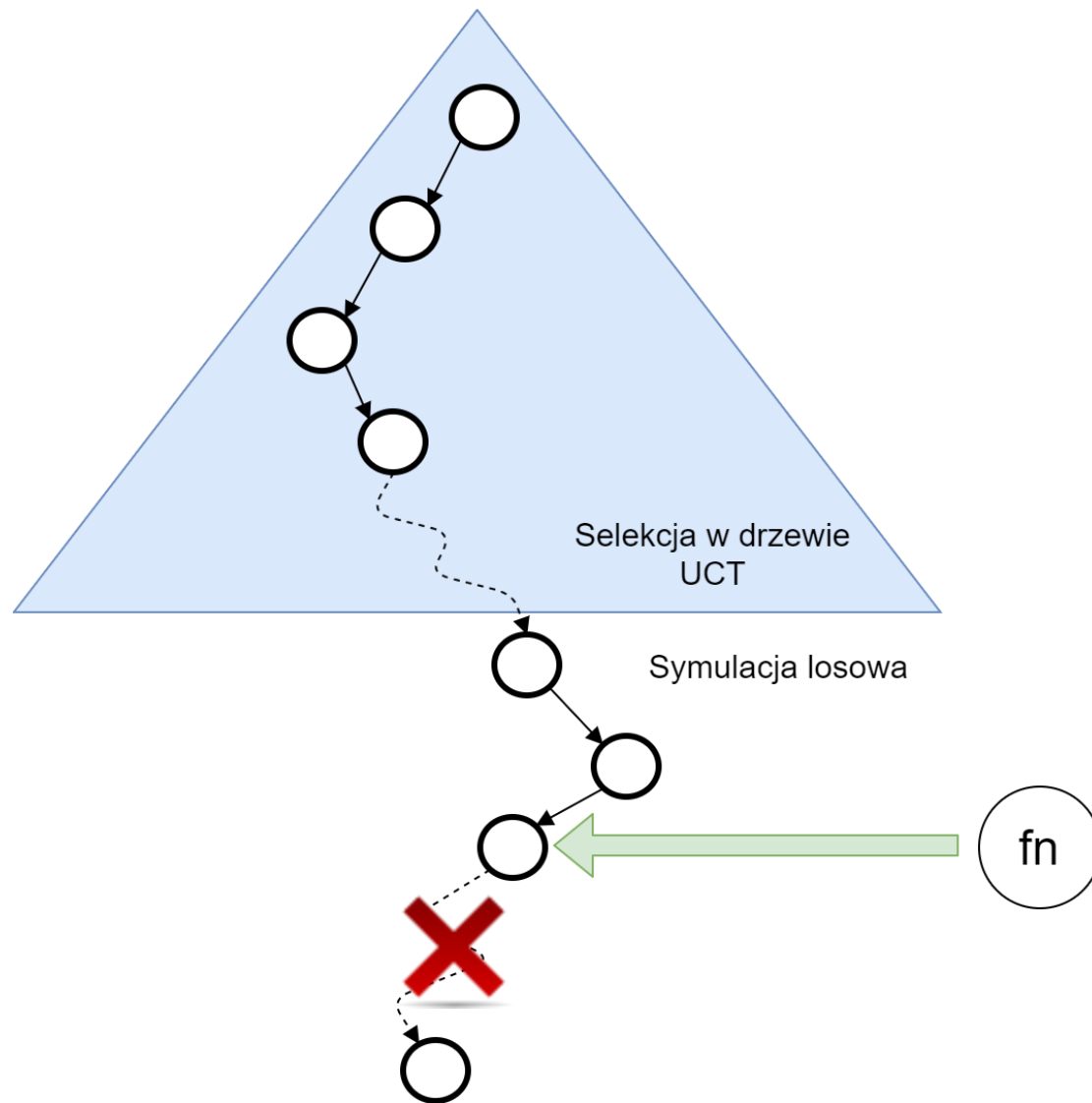


MAGICIAN

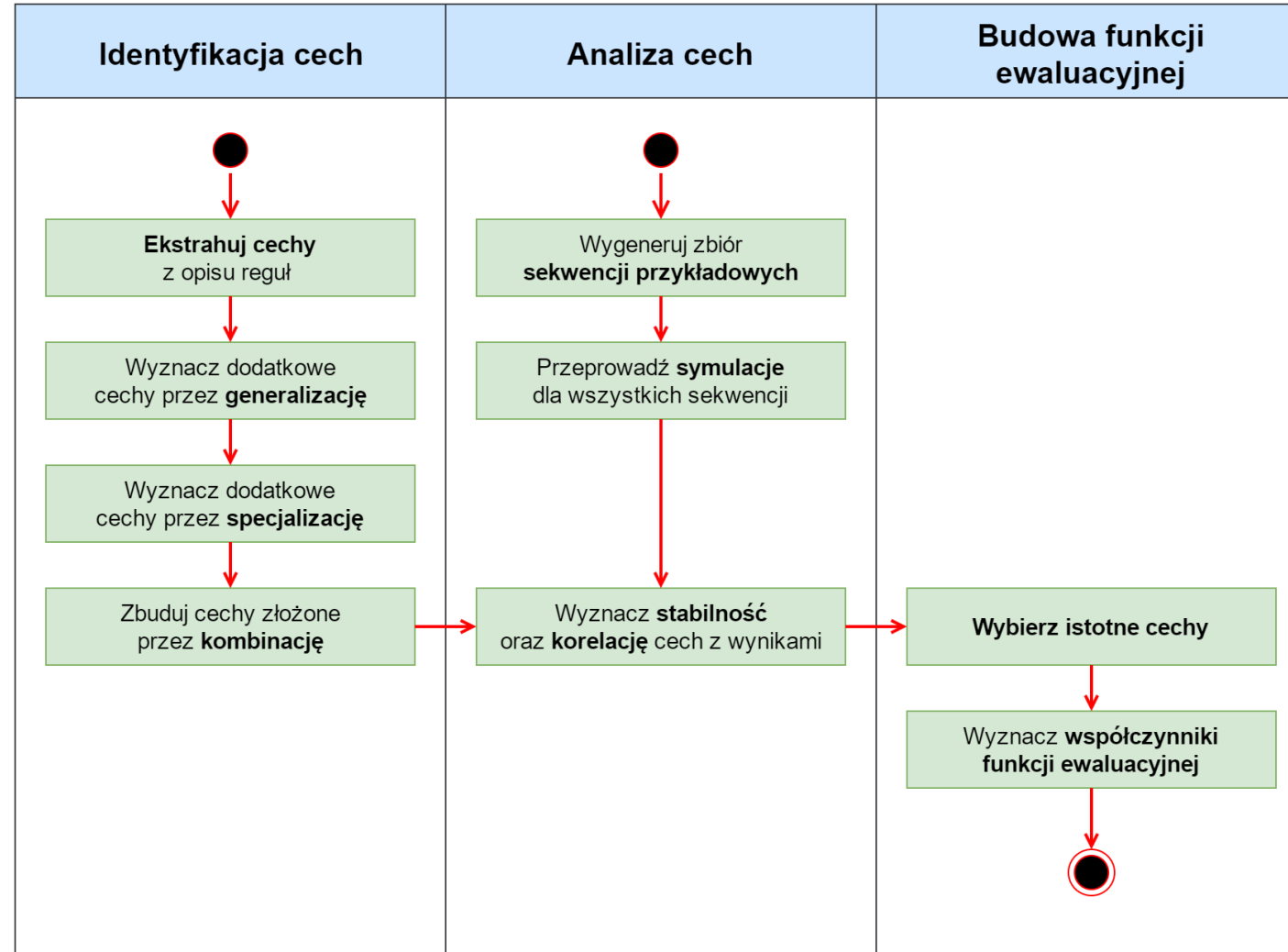
MAGICIAN



GUIDED UCT



FUNKCJA EWALUACYJNA



GAME DESCRIPTION LANGUAGE

```
cell(1, 1, X)  
cell(1, 2, b)  
cell(1, 3, b)  
cell(2, 1, b)  
cell(2, 2, O)  
cell(2, 3, b)  
cell(3, 1, b)  
cell(3, 2, b)  
cell(3, 3, b)  
control(white)
```

X		
	O	

PRZYKŁADOWA FUNKCJA EWALUACYJNA

$$\begin{aligned} &0,33*\text{cell}(2, 2, x) + \\ &-0,33*\text{cell}(2, 2, o) + \\ &-0,10*\text{cell}(?, 1, x) + \\ &0,10*(\text{cell}(2, ?, x)-\text{cell}(2, ?, o)) \\ &\dots \end{aligned}$$

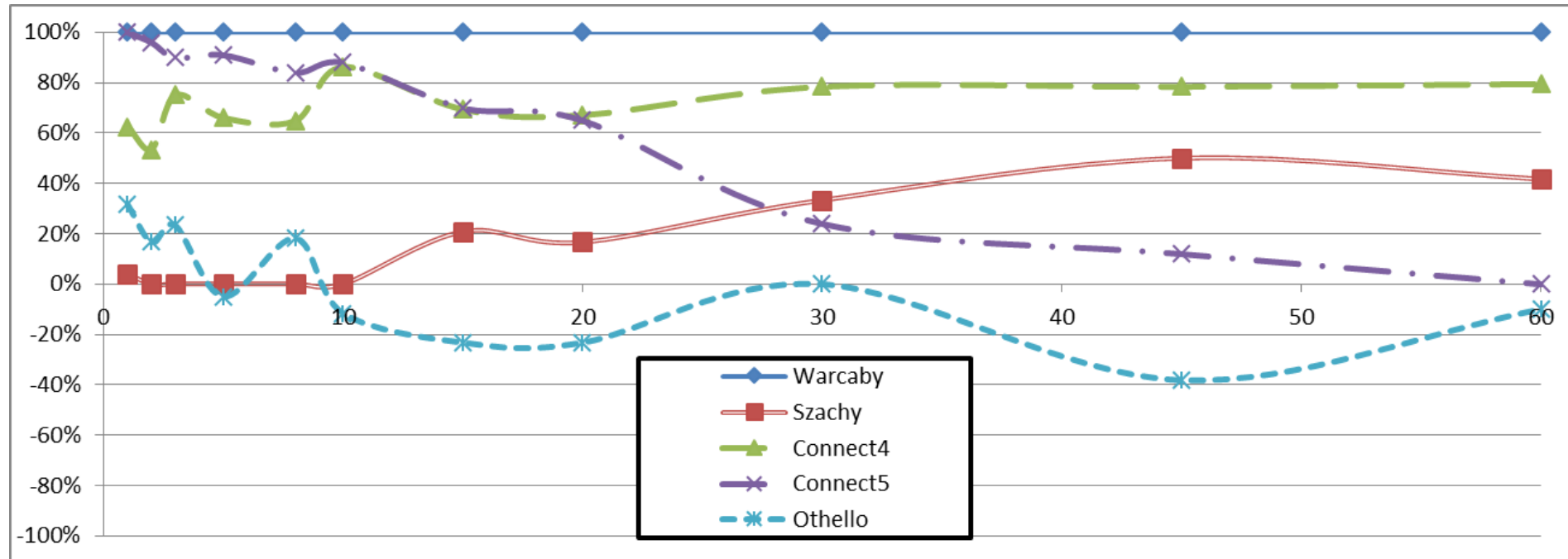


REZULTATY EKSPERYMENTALNE

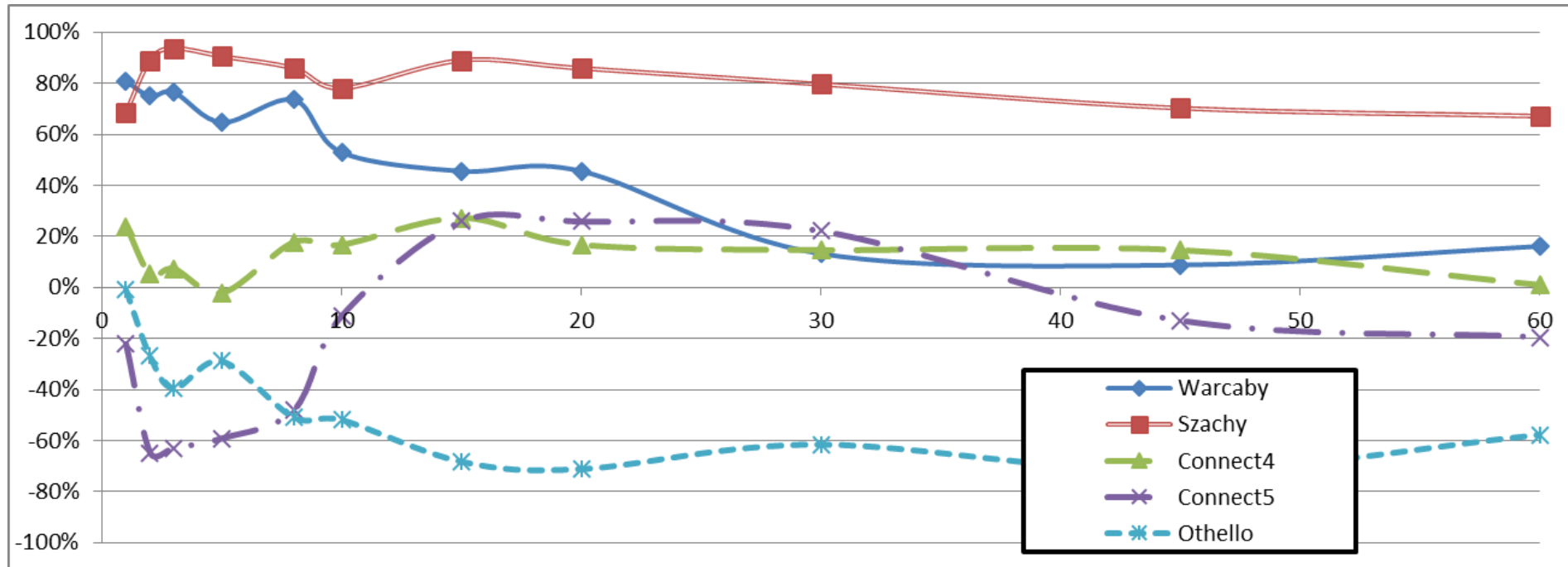
GRY

- Wybrane spośród 13 wstępnie ewaluowanych:
 - Szachy – najbardziej złożone
 - Warcaby – wyjątkowo dobre wstępne wyniki
 - Othello – najgorsze wstępne wyniki
 - Connect4, Connect5 (Go-Moku) – mieszane wyniki, średnia złożoność

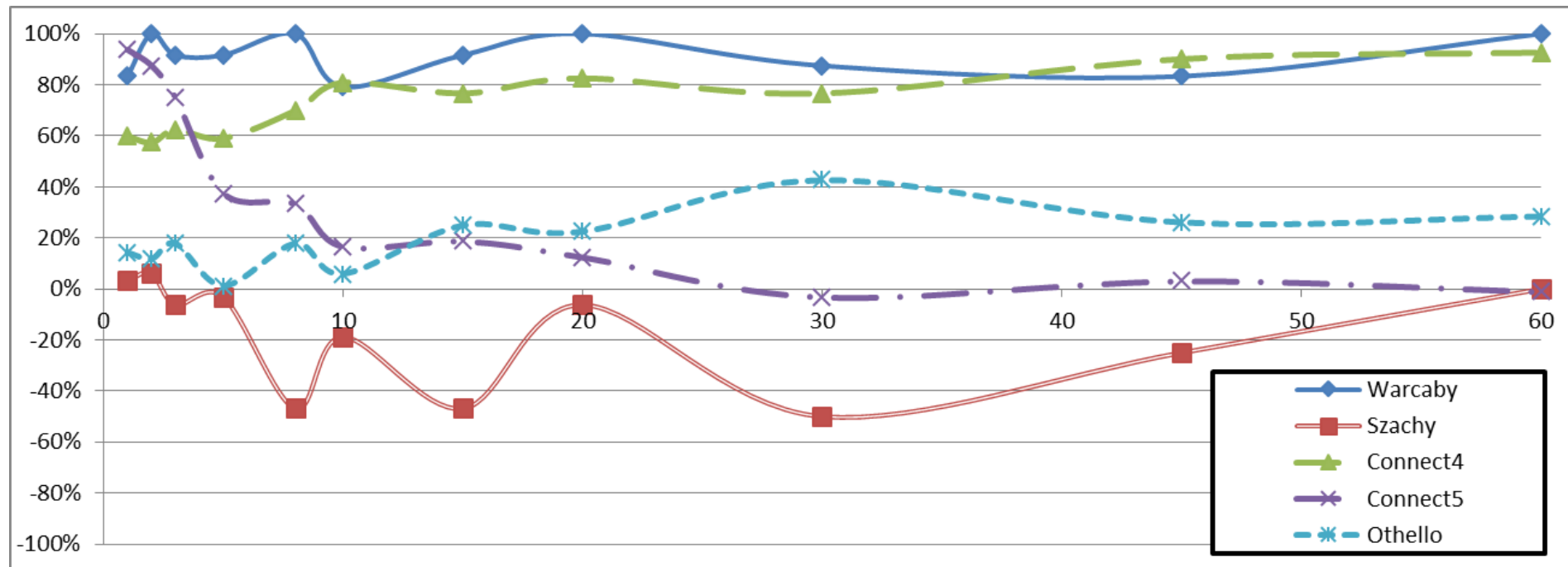
MTD(F) (MIN-MAX) vs. UCT



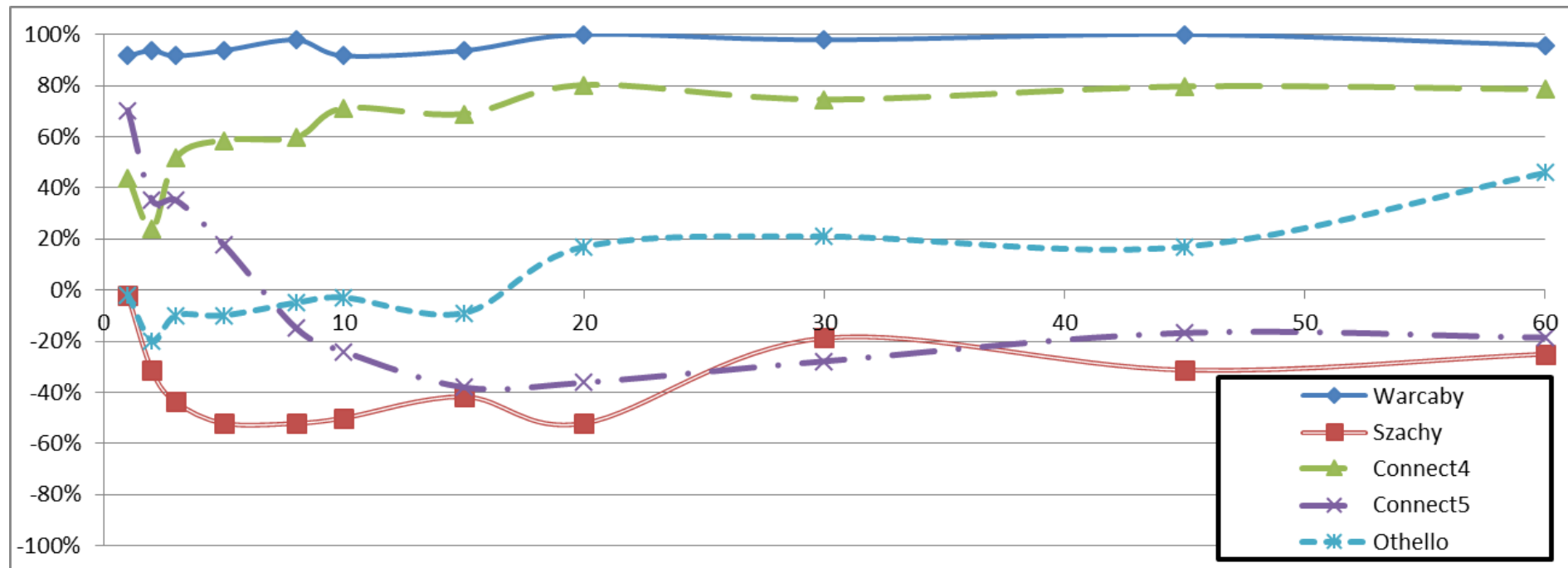
GUIDED UCT vs. UCT



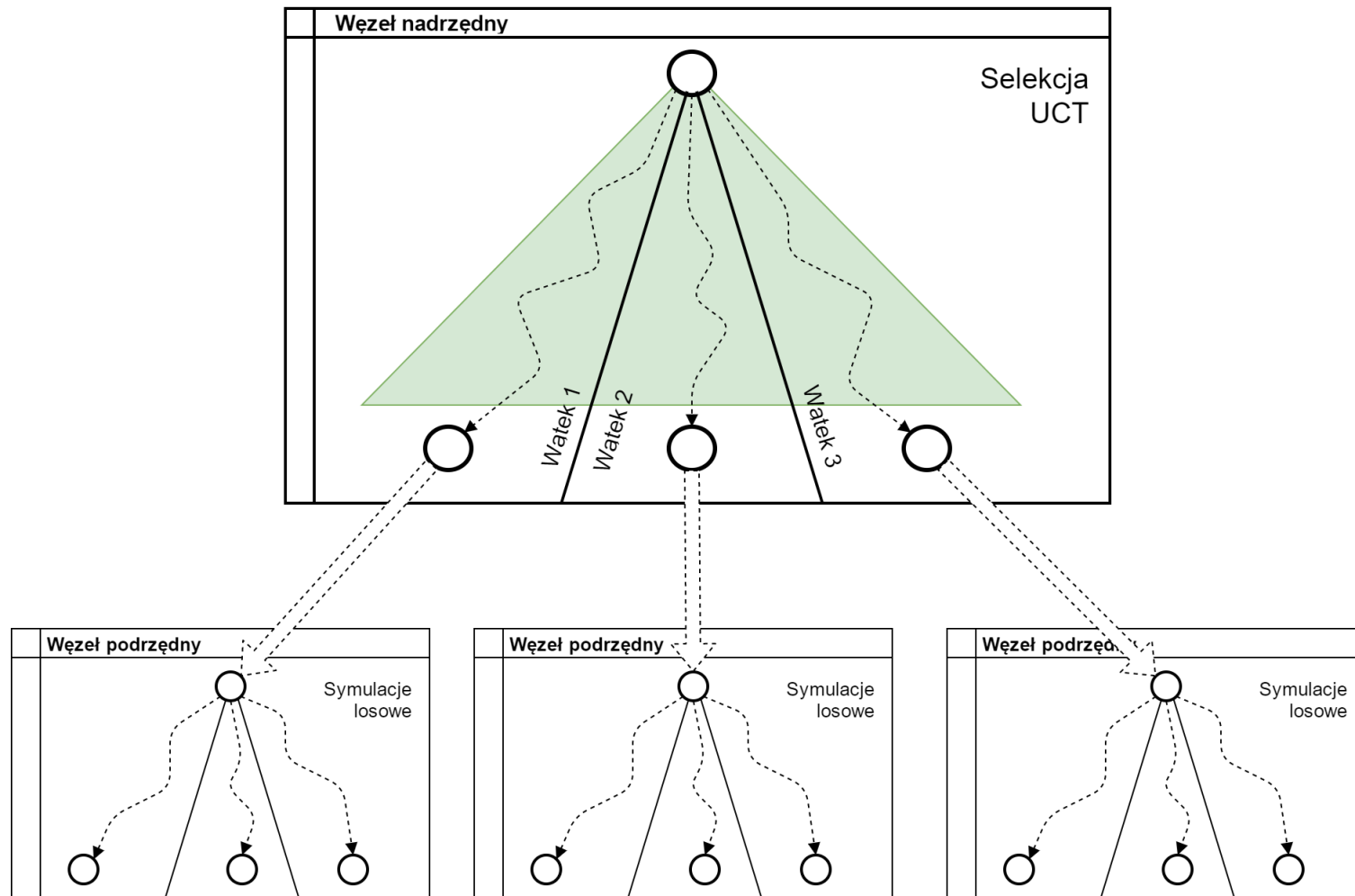
MTD(F) (MIN-MAX) VS. GUIDED UCT



MTD(F) (MIN-MAX) vs. WIELOWĄTKOWE GUIDED UCT



WERSJA TURNIEJOWA



SPOSTRZEŻENIA

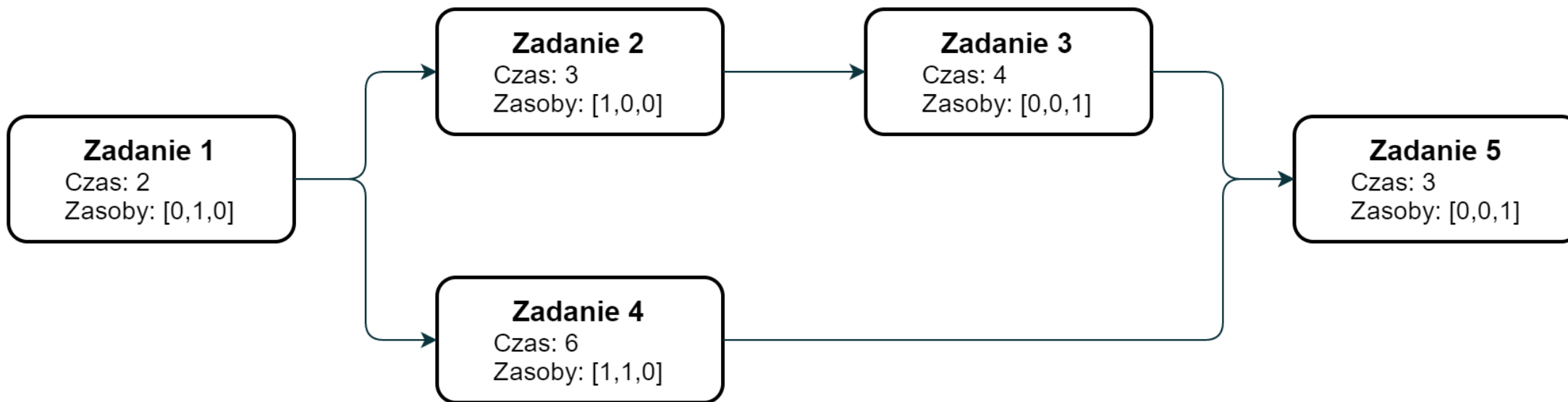
- Przynajmniej w części przypadków możliwa budowa skutecznej funkcji ewaluacyjnej
- Skuteczność algorytmów zależna od charakterystyki gry oraz limitów czasowych
- Oba algorytmy silniejsze niż referencyjne MCTS
- Istnieją problemy, dla których GUCT silniejsze niż MTD(f)



RISK-AWARE PROJECT SCHEDULING PROBLEM

PROBLEM HARMONOGRAMOWANIA
PROJEKTÓW Z UWZGLĘDNIENIEM RYZYK

PROBLEM HARMONOGRAMOWANIA PROJEKTÓW Z OGRANICZONYMI ZASOBAMI (RCPSP)



RISK-AWARE PROJECT SCHEDULING

$$\text{RAPSP} = \text{SRCPSP} + \text{RYZYKA} + \text{ODPOWIEDZI NA RYZYKA}$$

RYZYKO

- warunki materializacji
- prawdopodobieństwo materializacji
- efekt materializacji – transformacja stanu projektu

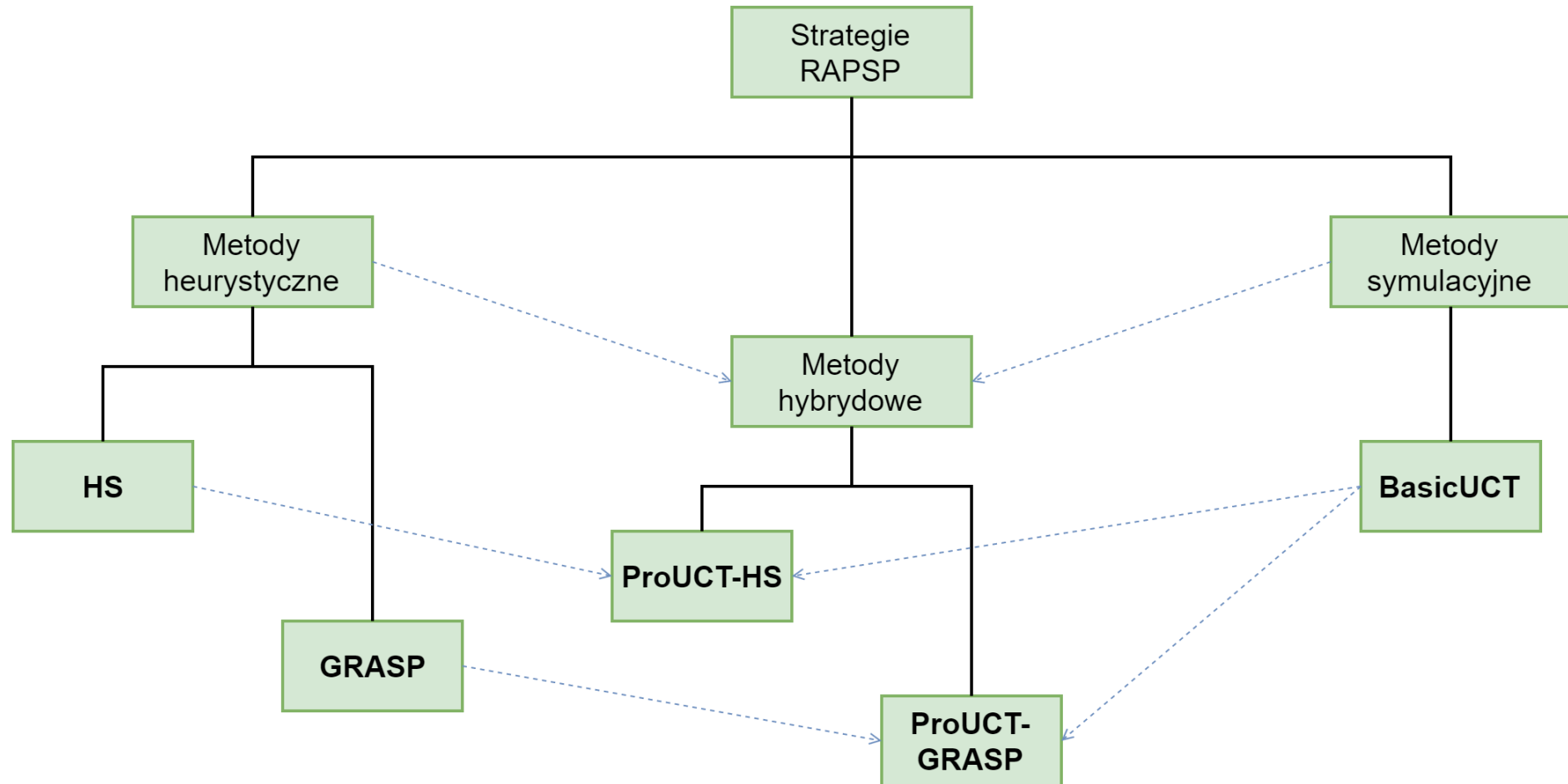
ODPOWIEDŹ NA RYZYKO

- specjalny rodzaj zadania
- realizacja nie jest konieczna do zakończenia projektu
- efekty realizacji



STRATEGIE RAPSP

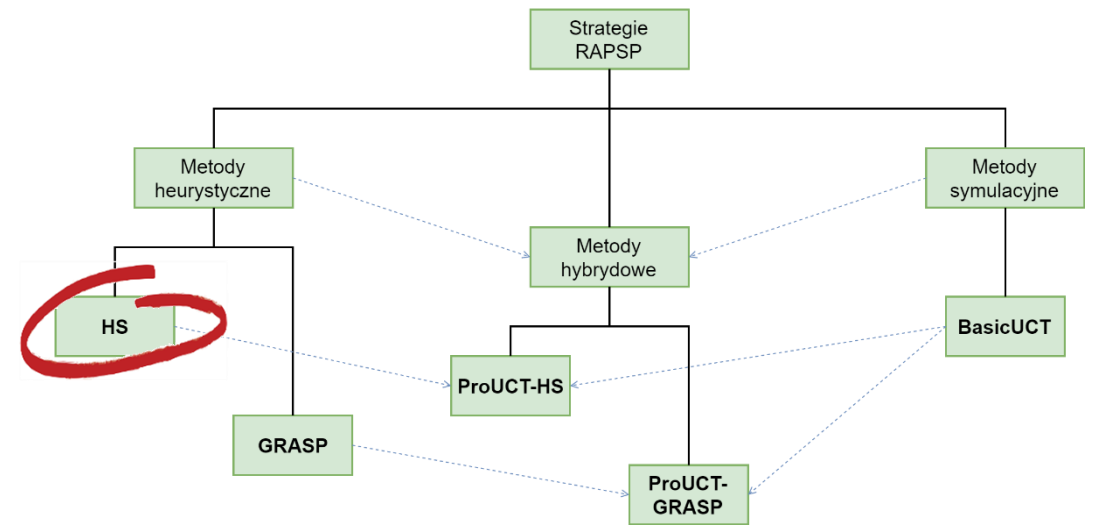
STRATEGIE RAPSP



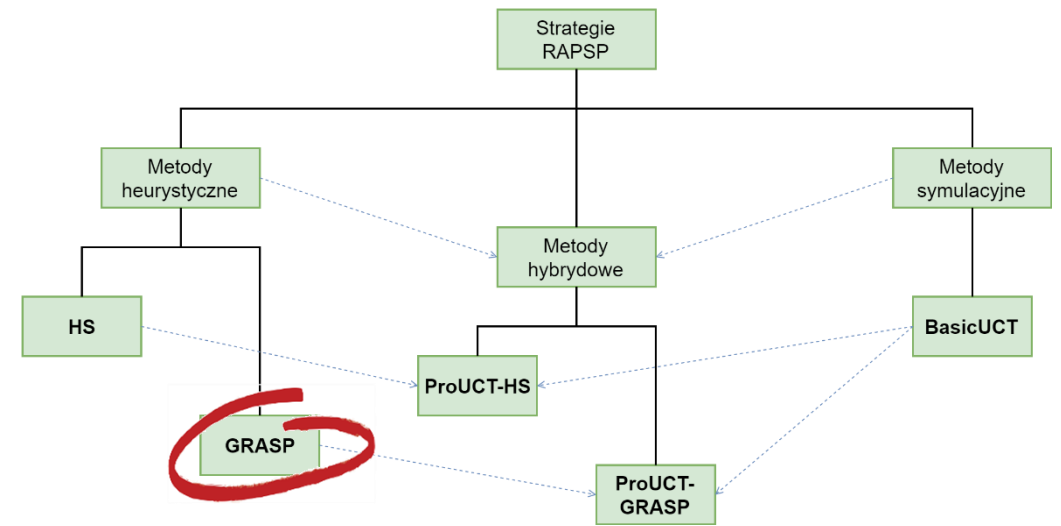
HEURISTIC SOLVER

- Harmonogram bazowy:

- lista odpowiedzi na ryzyko do natychmiastowego wykonania
- przypisanie czasów rozpoczęcia wszystkim zadaniom
- Konstrukcja:
 - reaktywnie w każdym punkcie decyzyjnym
 - na bazie deterministycznej wersji projektu
 - poprzez wypróbowanie dostępnych kombinacji odpowiedzi na ryzyko i funkcji priorytetyzujących zadania z równoległym schematem generowania harmonogramu

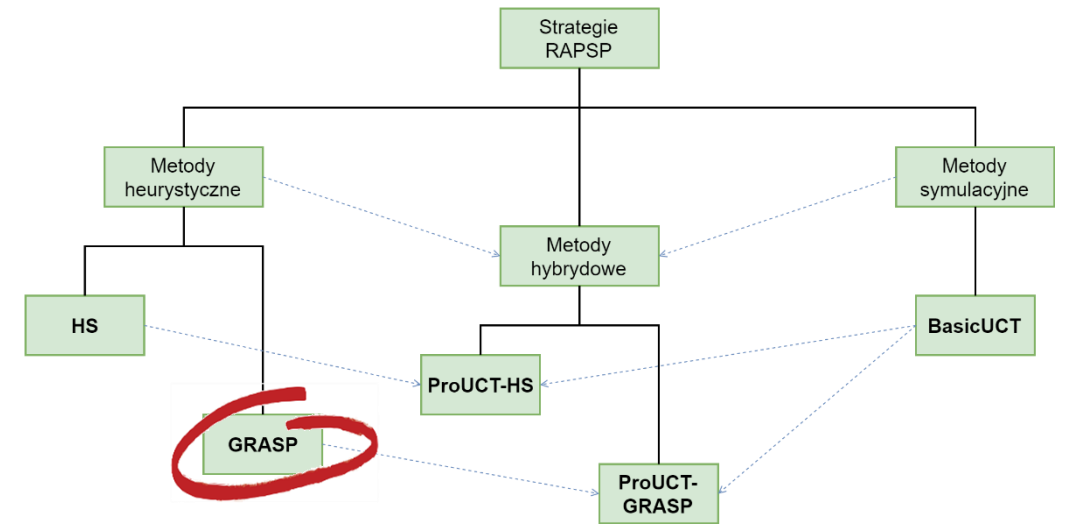
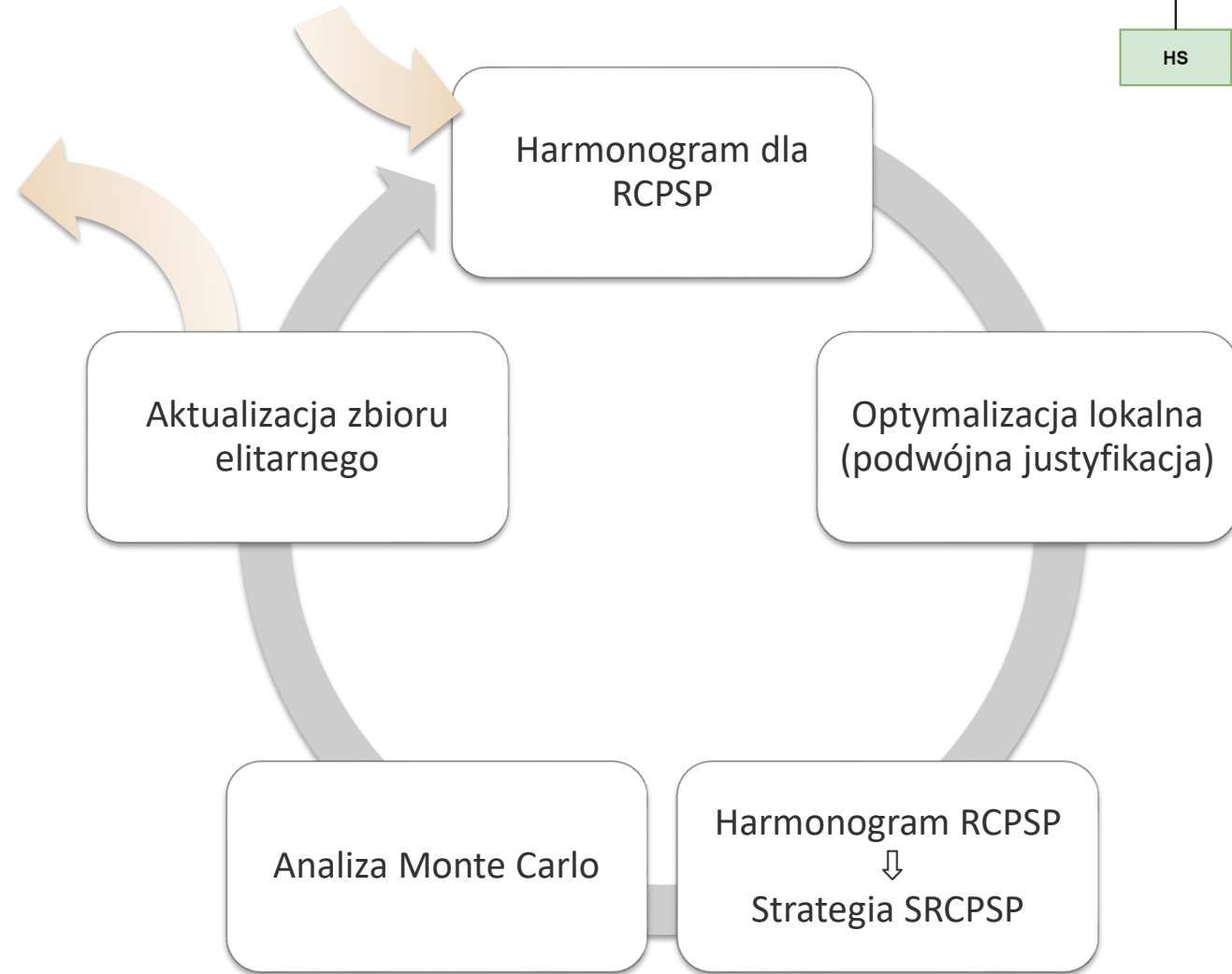


GRASP

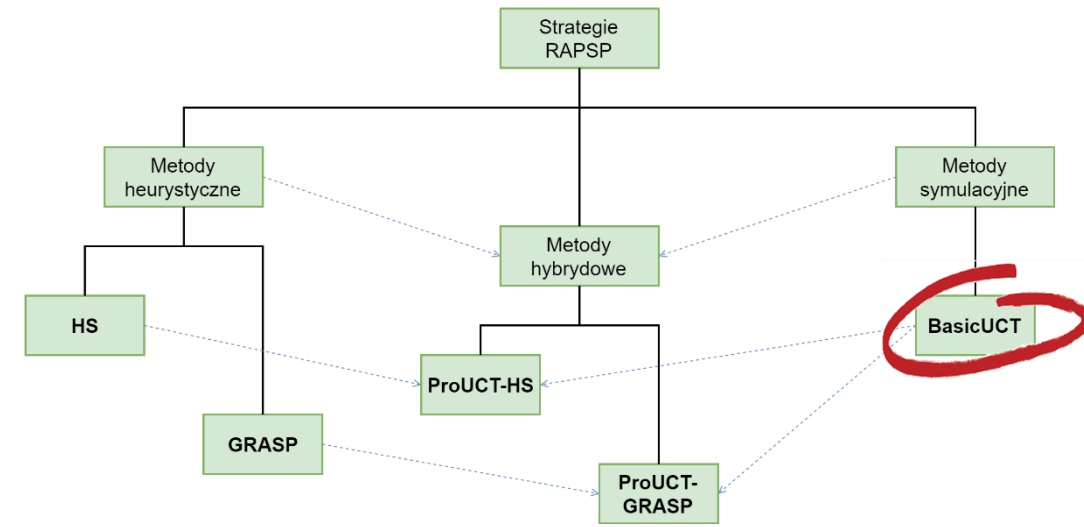
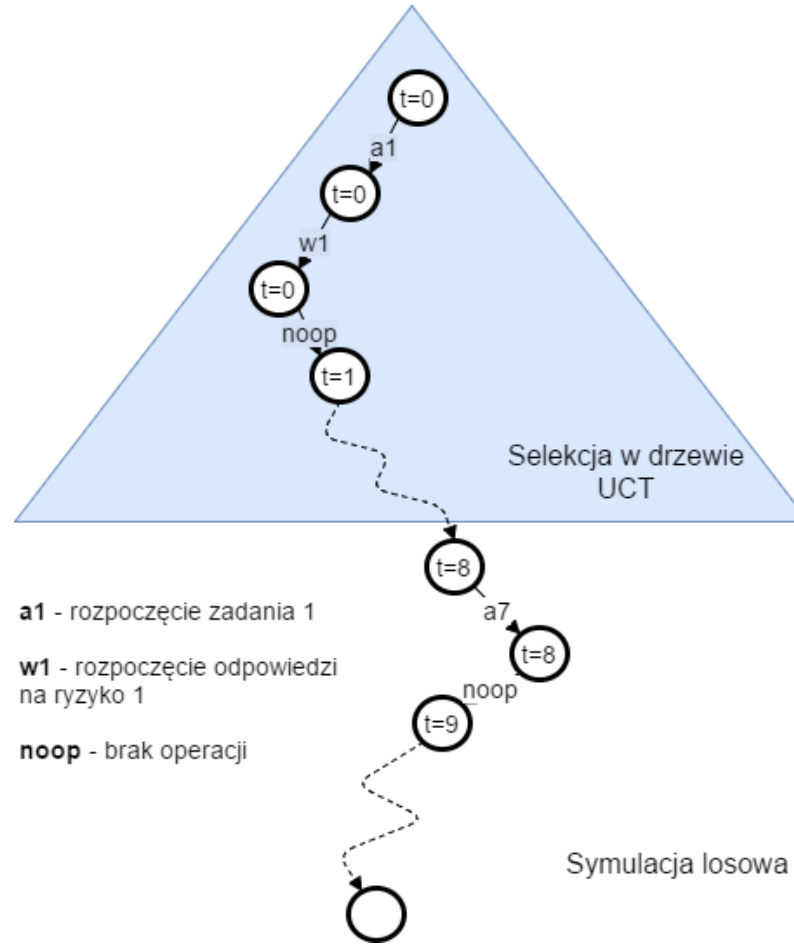


- Bazowa reguła:
 - lista odpowiedzi na ryzyko do natychmiastowego wykonania
 - lista priorytetyzująca zadań
 - Konstrukcja:
 - reaktywnie w każdym punkcie decyzyjnym
 - poprzez próby zastosowania różnych kombinacji odpowiedzi na ryzyka oraz GRASP

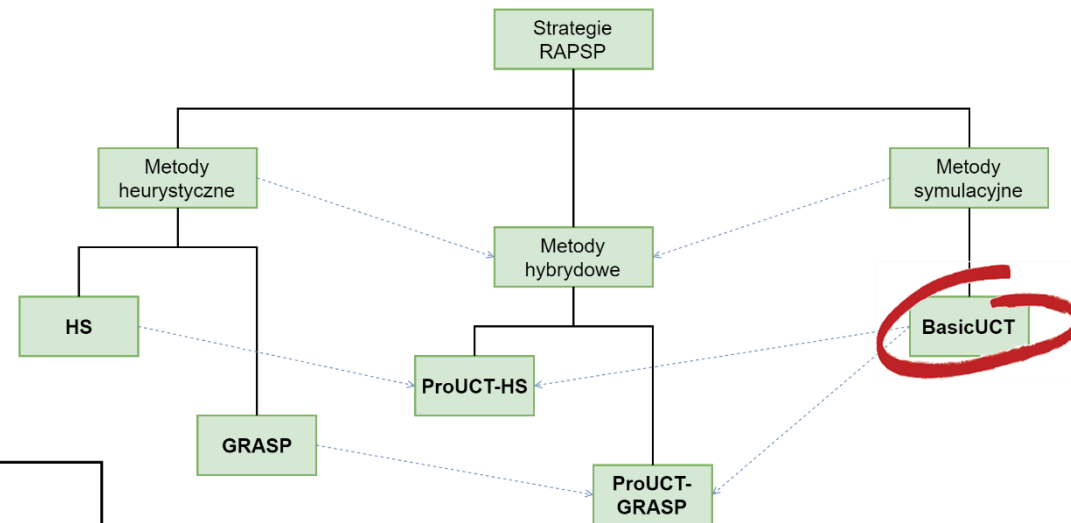
GRASP



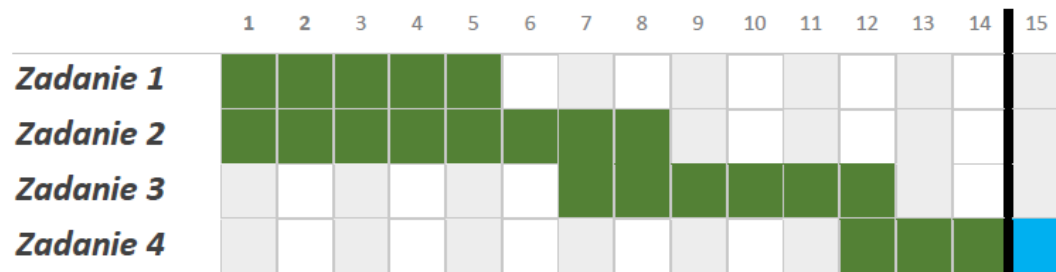
BASIC UCT



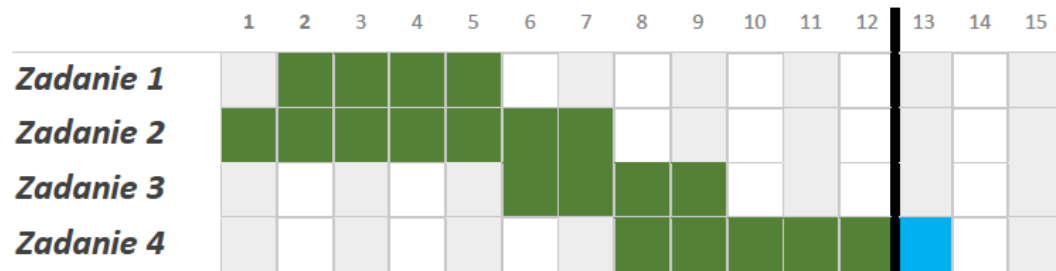
BASIC UCT: UPROSZCZONY STAN PROJEKTU



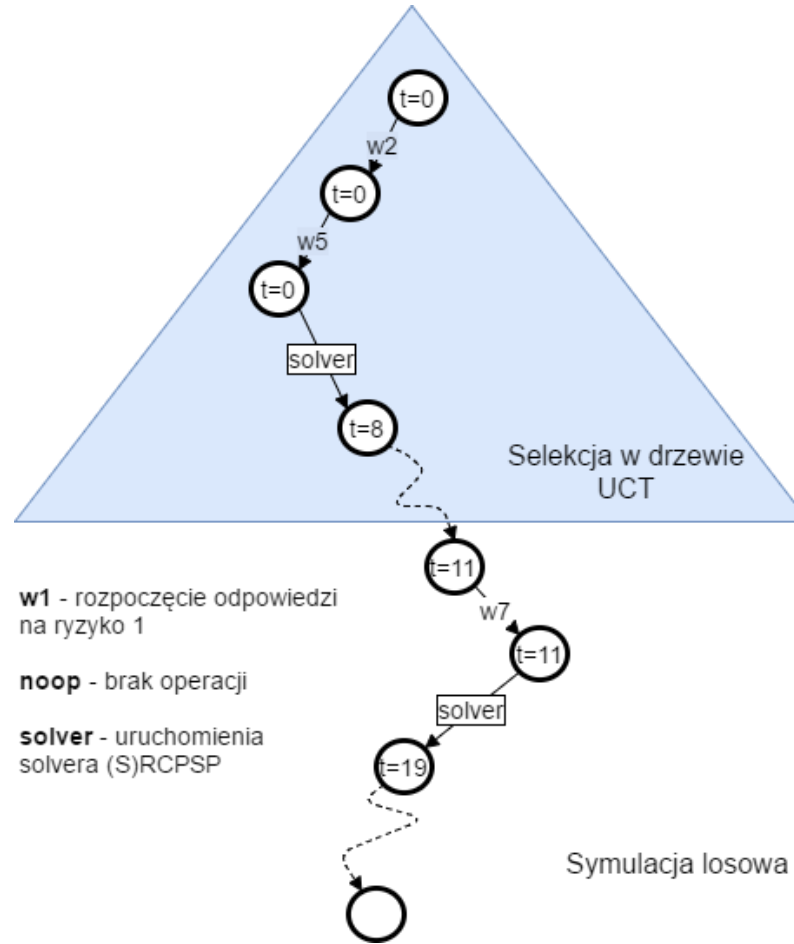
Stan 1



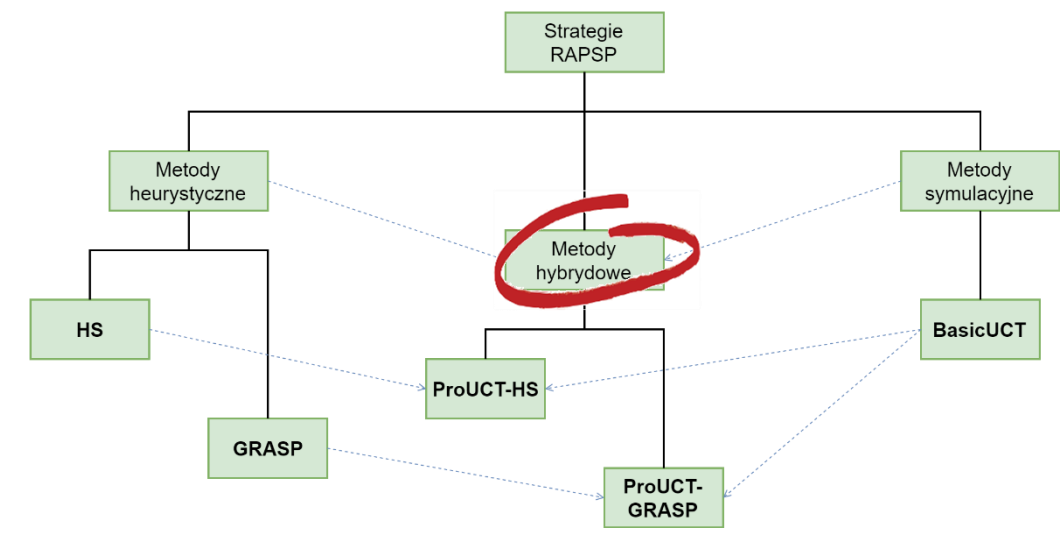
Stan 2



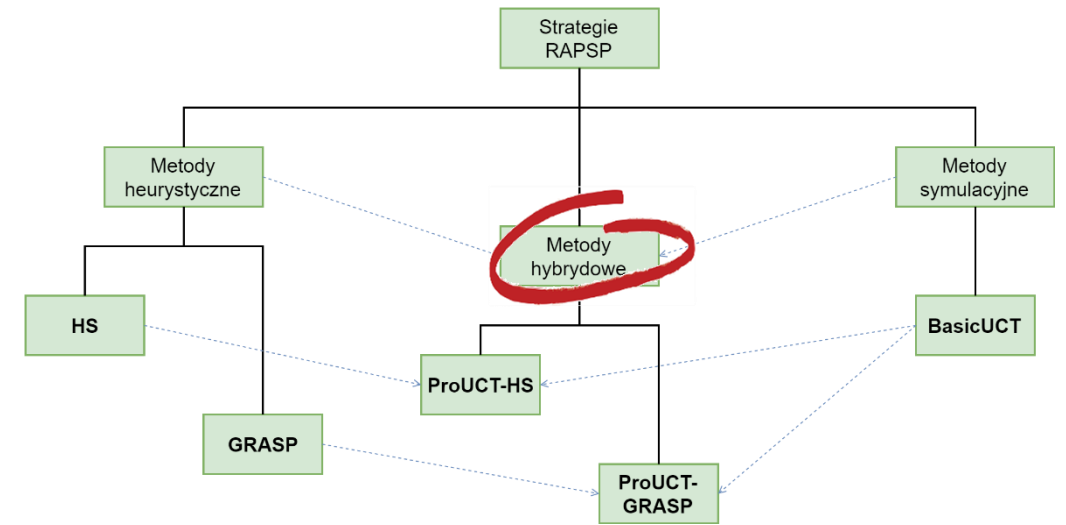
PROACTIVE UCT



- w1** - rozpoczęcie odpowiedzi na ryzyko 1
- noop** - brak operacji
- solver** - uruchomienia solvera (S)RCPS



HEURYSTYKA REAKTYWNA

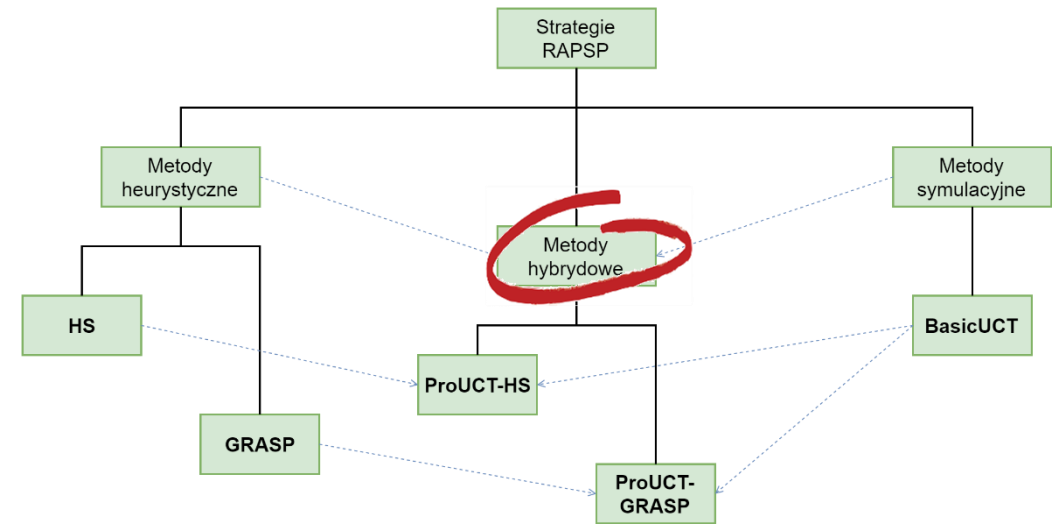


Miara reaktywnej skuteczności odpowiedzi na ryzyko

$$Imp(w) = \max_{r \in R} (K_r(V_{\sim w}^r - V_w^r))$$

$$K_r(v) = v * \left(0.5 + 0.5 * \frac{T_r}{T} \right)$$

SYNERGIA

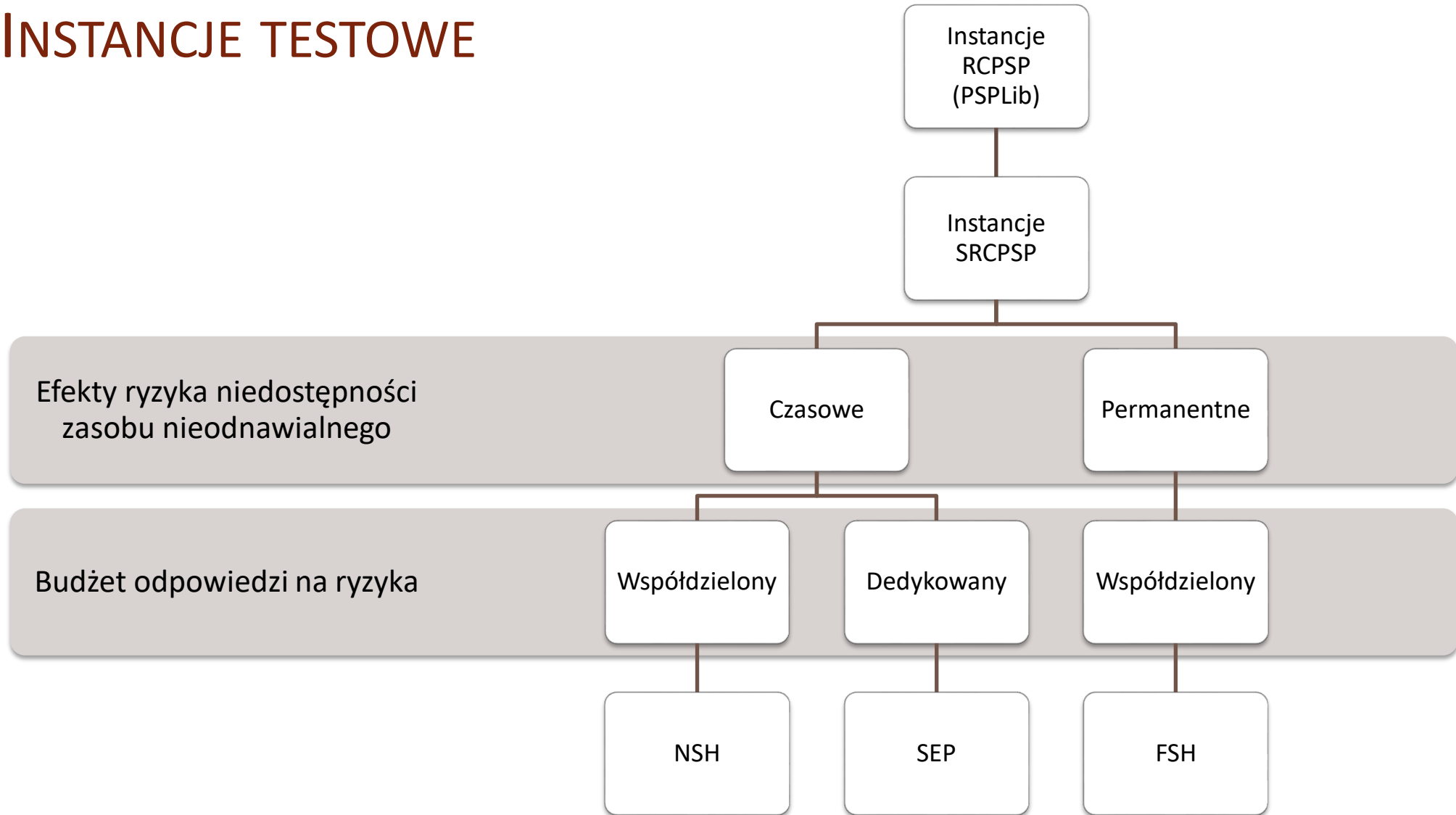


- ProUCT + HS:
 - ponowne wykorzystanie harmonogramu bazowego
 - punktowe szacunki czasu realizacji zadań na podstawie symulacji MCTS
- ProUCT + GRASP:
 - ponowne wykorzystanie list priorytetyzujących
 - punktowe szacunki czasu realizacji zadań na podstawie symulacji MCTS
 - pamięć podręczna zbiorów elitarnych w drzewie MCTS

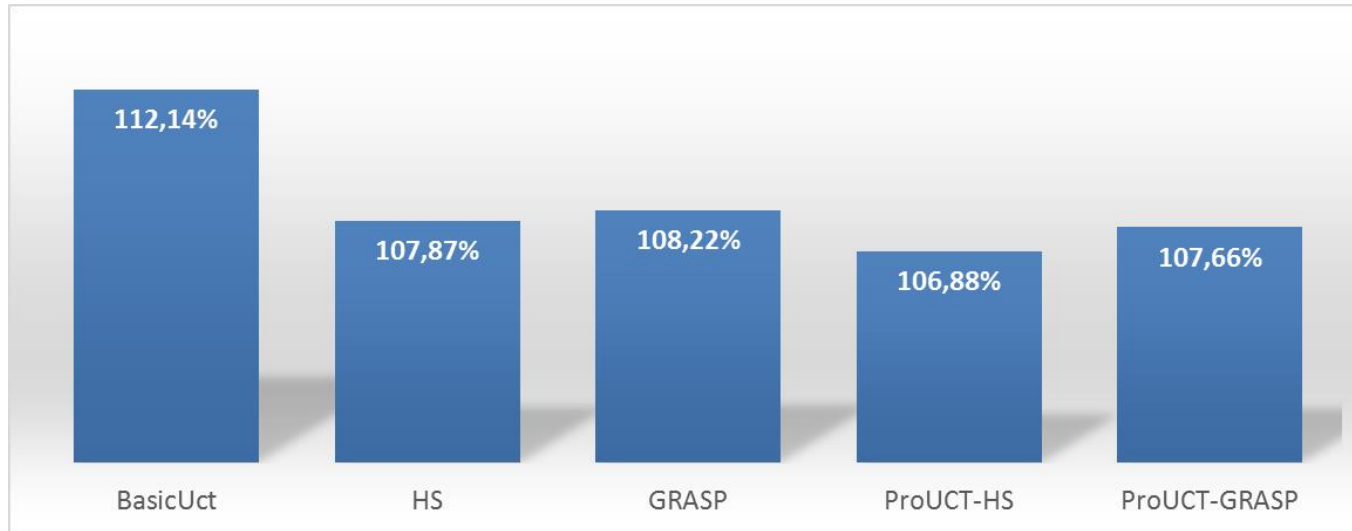


REZULTATY EKSPERYMENTALNE

INSTANCJE TESTOWE



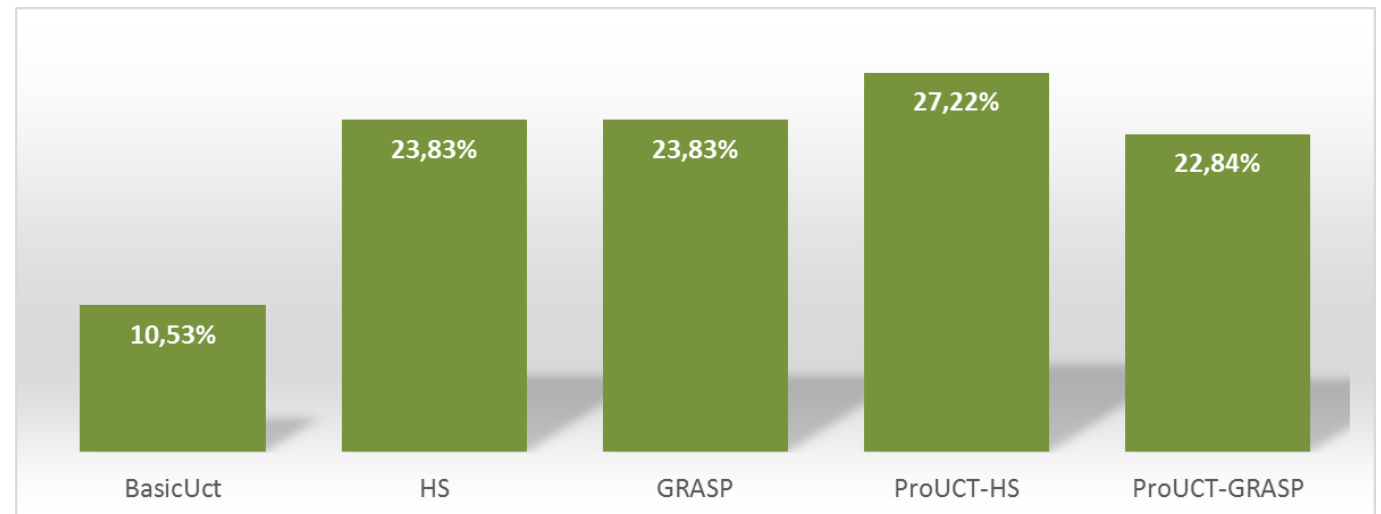
SEP & NSH



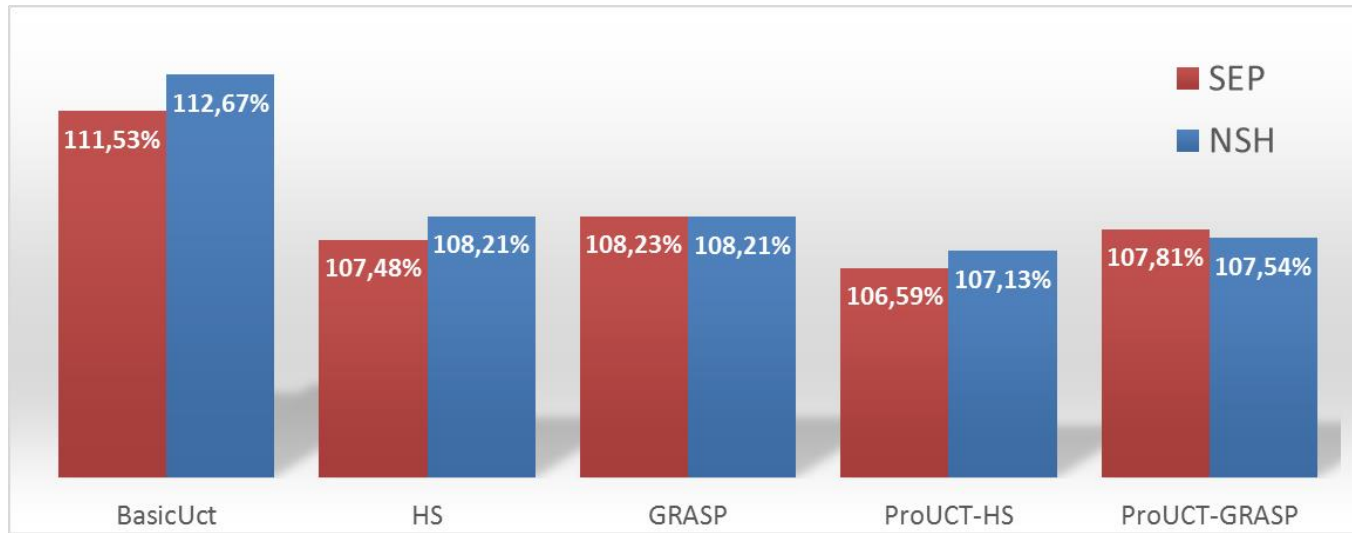
Relatywne czasy realizacji

ProUCT-HS < HS < BasicUCT
ProUCT-GRASP < GRASP < BasicUCT
ProUCT-HS < ProUCT-GRASP
GRASP \approx HS

Liczba wygranych

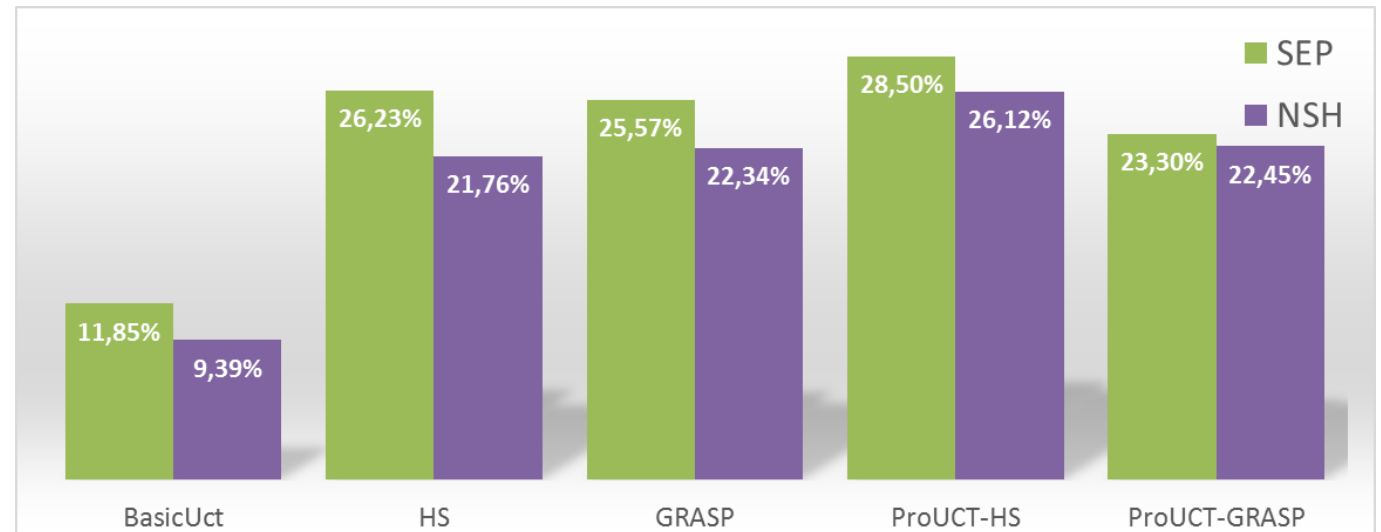


SEP & NSH

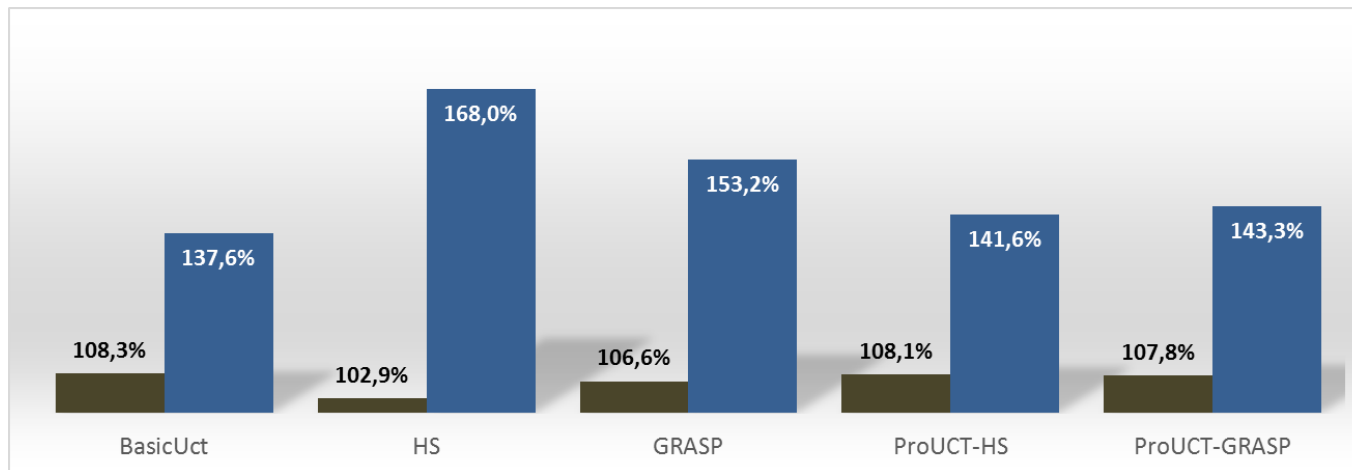


Relatywne czasy realizacji

Liczba wygranych

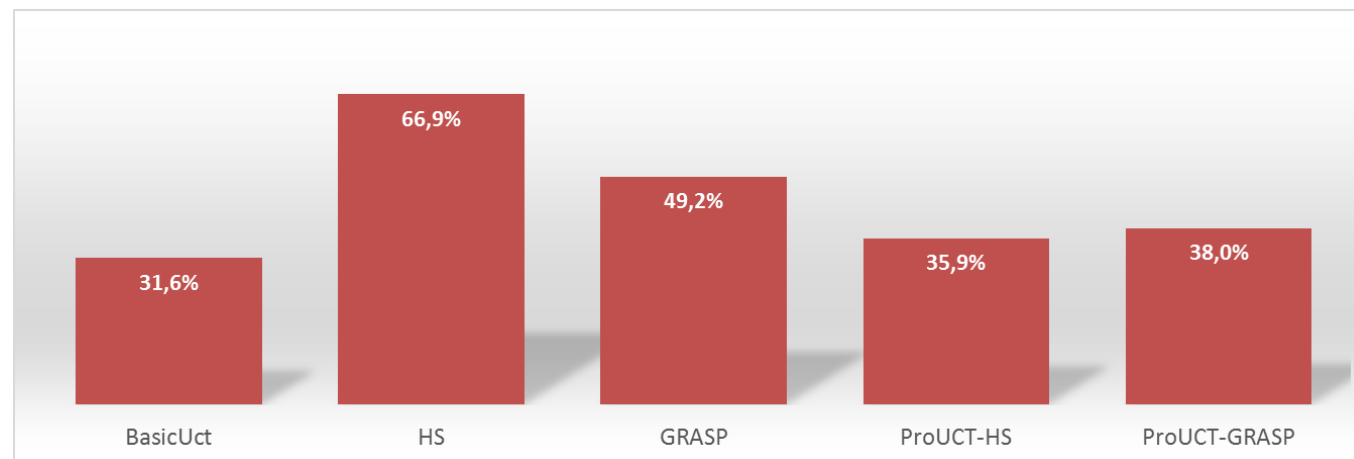


FSH



Relatywne i skorygowane
czasy realizacji

Odsetek porażek



SPOSTRZEŻENIA

- Skuteczność zależna od charakterystyki instancji
- Niskie korelacje rezultatów poszczególnych metod
- BasicUCT dominujące przy bardzo wysokim prawdopodobieństwie porażki
- ProUCT najsilniejsze przekrojowo

The image features decorative elements consisting of multiple parallel lines in a dark red or brown color. On the left side, these lines form a corner shape that extends from the top edge down towards the middle. On the right side, the lines form a diagonal shape extending from the bottom edge towards the middle. The central text is positioned between these two decorative elements.

PODSUMOWANIE

EFEKTY SYNERGII?

- Dwa dynamiczne problemy decyzyjne
 - GGP
 - RAPSP
- Dwie hybrydowe metody
 - GUCT + generowanie funkcji ewaluacyjnej
 - ProUCT + HS/GRASP

A HIPOTEZY?

1. Algorytmy symulacyjne, a w szczególności UCT, popularne głównie w obszarze gier, mogą być skuteczną metodą rozwiązywania złożonych dynamicznych problemów decyzyjnych – samodzielnie lub jako elementy podejścia hybrydowego.
2. Możliwe jest skonstruowanie podejścia hybrydowego łączącego metody symulacyjne oraz dziedzinowe metody heurystyczne, uzyskując metodę skuteczniejszą od każdego z tych podejść stosowanego samodzielnie.

A HIPOTEZY?

1. Algorytmy symulacyjne, a w szczególności UCT, popularne głównie w obszarze gier, mogą być skuteczną metodą rozwiązywania złożonych dynamicznych problemów decyzyjnych – samodzielnie lub jako elementy podejścia hybrydowego.
2. Możliwe jest skonstruowanie podejścia hybrydowego łączącego metody symulacyjne oraz dziedzinowe metody heurystyczne, uzyskując metodę skuteczniejszą od każdego z tych podejść stosowanego samodzielnie.

- GUCT
 - zwykle skuteczniejsze od UCT
 - w niektórych przypadkach skuteczniejsze od min-max
- ProUCT:
 - skuteczniejsze od BasicUCT (poza skrajnymi przypadkami)
 - konsekwentnie skuteczniejsze od GRASP / HS

The slide features decorative elements consisting of multiple parallel lines in a dark red or brown color. On the left side, these lines form a corner shape that extends from the top edge down towards the middle. On the right side, they form a diagonal line that starts from the bottom edge and extends towards the top right corner.

DZIĘKUJĘ

ORYGINALNE WYNIKI ROZPRAWY

1. Dwa nowe sposoby łączenia MCTS i metod heurystycznych
2. Agent GGP skuteczniejszy niż MCTS z heurystyką historyczną, w tym:
 - a. mechanizm budowy funkcji ewaluacyjnej w GGP
 - b. hybrydowy algorytm łączący wykorzystanie UCT oraz funkcji ewaluacyjnej
3. Problem harmonogramowania projektu z uwzględnieniem ryzyk (RAPSP)
4. Pięć strategii rozwiązywania RAPSP, w tym strategie hybrydowe