



Java framework for Evolutionary Computation and Decision-Making (JECDM)

Michał Tomczyk Miłosz Kadziński

Institute of Computing Science
Poznan University of Technology, Poland

michal.tomczyk@cs.put.poznan.pl
www.cs.put.poznan.pl/mtomczyk/

Słowa kluczowe:

- Obliczenia ewolucyjne
- Optymalizacja wielocelowa
- Wspomaganie decyzji
- Tworzenie algorytmów, przeprowadzanie eksperymentów
- Strona projektu: <https://www.jecdm.cs.put.poznan.pl/>

Dla kogo jest ten framework?

Introduction

Dla kogo jest ten framework?

Dla mnie

Introduction

Dla kogo jest ten framework?

Dla mnie

Czym jest JECDM?

Wysoce ustrukturyzowane kody źródłowe Javy; projekt IntelliJ IDEA; udostępniony na GitHub; naukowy sandbox

Cechy kodów źródłowych

Wysoki poziom generalizacji kodów, podejście systemowe; programowanie obiektowe; wysoki poziom optymalizacji, skupienie na architekturze, nie hard-codowanych (???) rozwiązaniach, itp.

Introduction

Dla kogo jest ten framework?

Dla mnie

Czym jest JECDM?

Wysoce ustrukturyzowane k
udostępniiony na GitHub; na

Cechy kodów źródłowych

Wysoki poziom generalizacji;
programowanie obiektowe;
architekturze, nie hard-codo

Jak się nauczyć obsługi?

Udostępniane są tutorial omawiające różne zagadnienia

Rozwój

Poprzez realizację swoich kolejnych projektów (przy okazji)

Inne

Oferuje spore możliwości, ale przy wysokim progu wejścia (high effort, high reward), wysoki poziom niezależności od zewnętrznych bibliotek, spory poziom wiarygodności (testy), darmowy

Tutorial Series on Java Framework for Evolutionary
Computation and Decision Making

Tutorial 2: Evolutionary Computation module – part 1: Basics and single-objective optimization

Michał K. Tomaszak

Institute of Computing Science, Poznań University of Technology, Poznań, Poland

This document is part of a tutorial series on RCTDA 101: www.jacobson.govt.guaman.pl, email: jacobson@govt.guaman.pl.
The framework version used when generating the documents: 1.8.0 (initial release: Jan 15, 17); last: 10/10/2016, 2017.7).

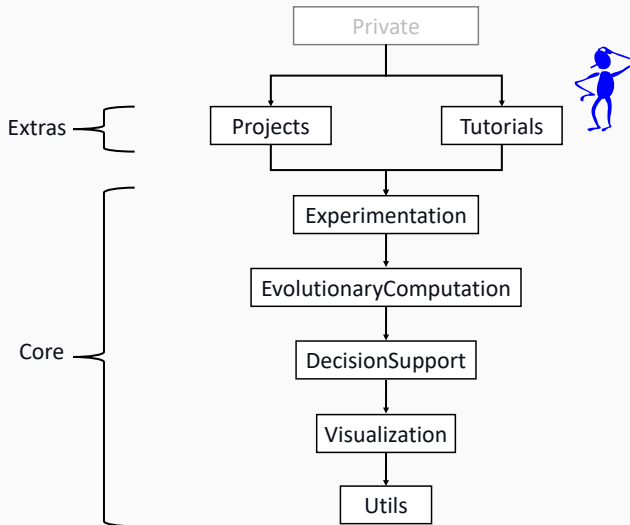
Abstract

This tutorial discusses the Evolutionary Computation module. It showcases the module's general capabilities and provides concrete examples of using it in practice.

Keywords: IECM, evolutionary computation, evolutionary algorithm, optimization

Contents			
1 Introduction	2	2.8.1.1 Merge (PHASE-MERGE)	16
2 Understanding hierarchical concepts	2	2.8.1.2 Merge objective space (PHASE-MERGE-OBJECTIVE-SPACE)	16
2.1 Three-level hierarchical structure	2	2.8.1.3 Remove (REMOVE-PHASE)	16
2.2 A reference scheme of an evolutionary algorithm	2	2.8.1.4 Finalize step	16
2.3 A reference scheme of a hierarchical structure	2	Summary of data-link phases and implications	17
2.4 Specimen container	5	2.10 Bundle classes	18
2.5 Objective space manager	6	2.10.1 Phases bundle	18
2.6 Phases interface and the abstract class	6	2.10.2 Abstract EA bundle	18
2.7 Evolutionary algorithms	8	2.11 Problem bundle	21
2.8 Implementations of phases	8	2.11.1 On the visualization	24
2.8.1 Initialization	starts		
2.8.2 Phases-init states	11		
2.8.3			
3 Example implementation for solving a knapsack problem (T)	27		

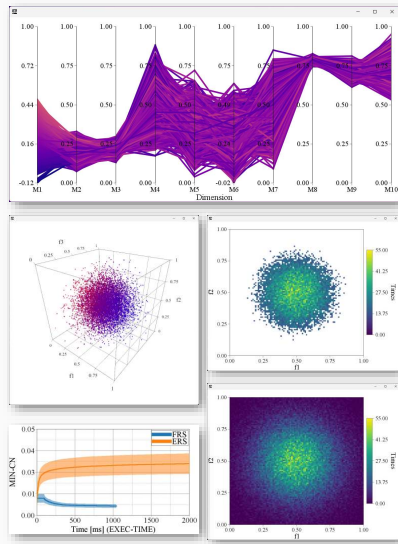
Introduction



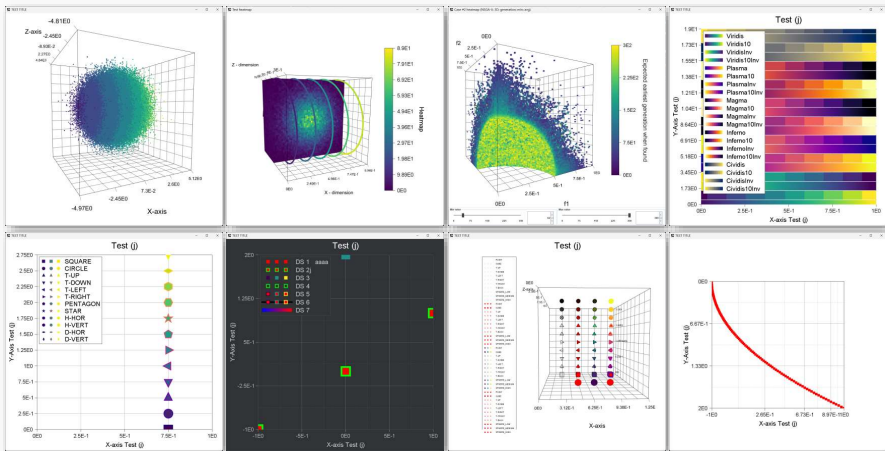
Visualization module

Visualization module

- Zaprojektowany od podstaw (bez użycia bibliotek; prawie).
- Wsparcie dla wizualizacji 2D (Java Swing; przetwarzanie na CPU) oraz 3D (OpenGL; przetwarzanie na GPU).
- Wysoki poziom integracji z innymi komponentami.
- Wysoce efektywny. Został zaprojektowany z myślą o ilustrowaniu dynamicznie zmieniających się danych.
- Wysoce elastyczny, z potencjałem na dalszy rozwój.
- Główna motywacja: moduł ma mi dostarczać wszystkiego czego potrzebuję na potrzeby przygotowywania publikacji i pomocniczych materiałów, przy wysokim stopniu automatyzacji



Visualization module



Visualization module

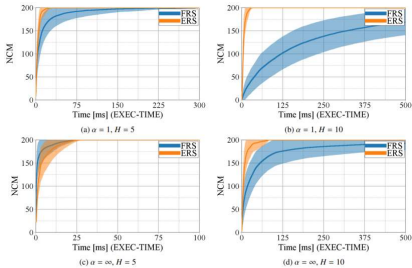


Figure 8: Mean and standard deviations (transparent envelope) of NCM attained by FRS and ERS over time

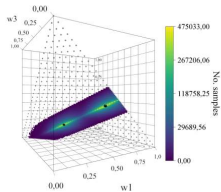


Figure 5: Distribution of offspring vectors obtained via applying the reproduction operators on two parents.

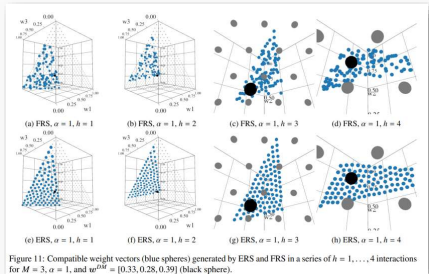


Figure 11: Compatible weight vectors (blue spheres) generated by ERS and FRS in a series of $h = 1, \dots, 4$ interactions for $M = 3$, $\alpha = 1$, and $u^{DM} = [0.33, 0.28, 0.39]$ (black sphere).

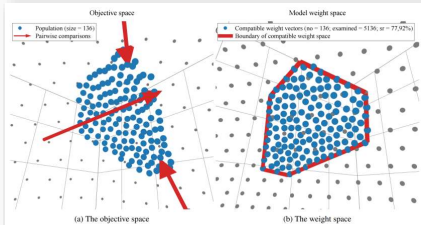
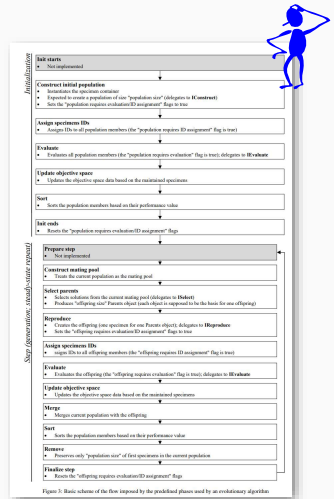


Figure 6: Screenshot of animation [46]. The state after the ERS learned preferences and IEMO/D adapted.

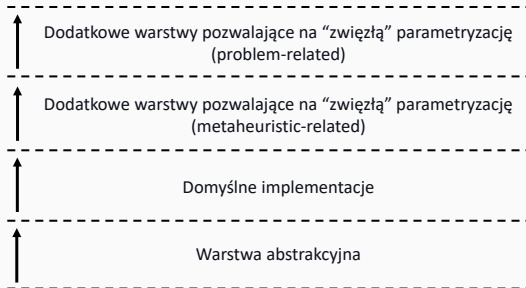
EvolutionaryComputation module

EvolutionaryComputation module

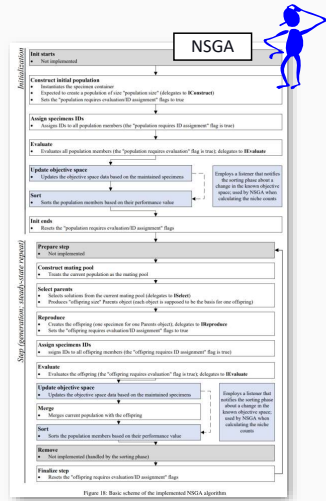
- Punkt ciężkości: optymalizacja jedno jak i wielocelowa
- Szkielet algorytmu ewolucyjnego został zaprojektowany jako kompozycja sekwencyjnie wykonywanych bloków zadań
- Wysoki poziom generalizacji, abstrakcji od konkretnej metaheurystyki jak i rozwiązywanego problemu



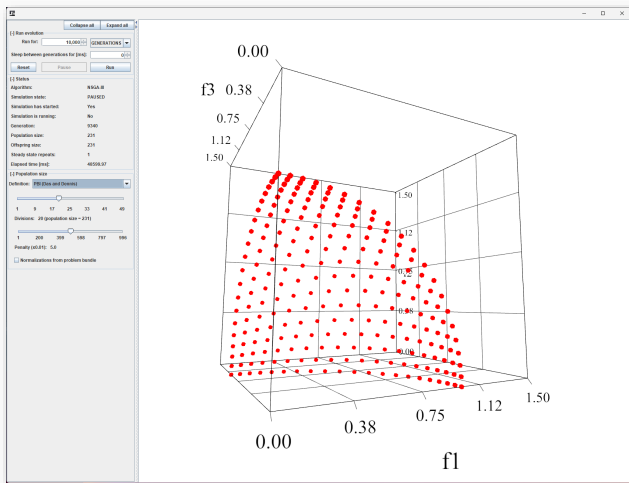
EvolutionaryComputation module



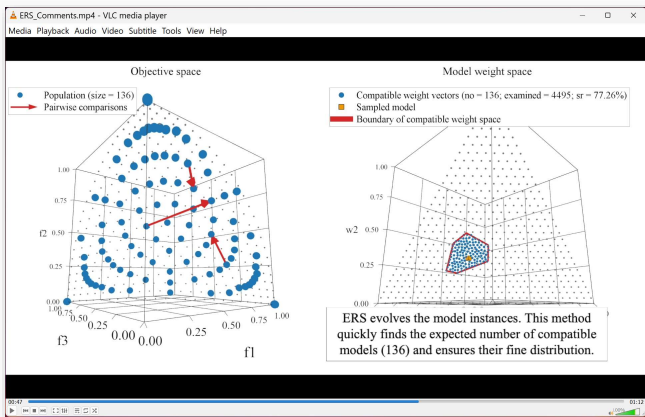
- Klasy dokonyujące konkretnej parametryzacji pod daną metaheurystykę, np. NSGA
- Klasy opakowujące dane do parametryzacji pod konkretny problem, np. DTLZ2



EvolutionaryComputation module



EvolutionaryComputation module



EvolutionaryComputation module

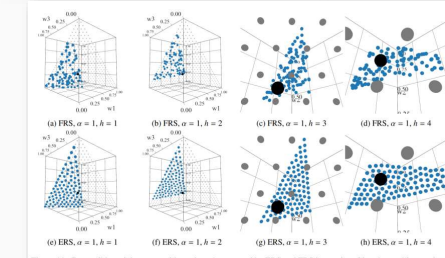
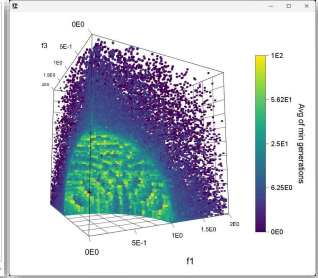
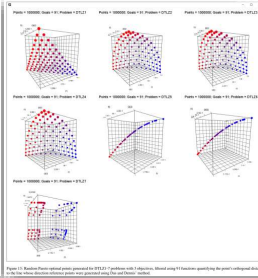
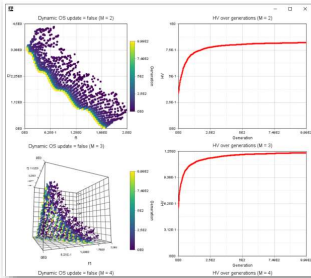


Figure 11: Compatible weight vectors (blue spheres) generated by ERS and FRS in a series of $h = 1, \dots, 4$ interactions for $M = 3$, $\alpha = 1$, and $w^{OM} = [0.33, 0.28, 0.39]$ (black sphere).

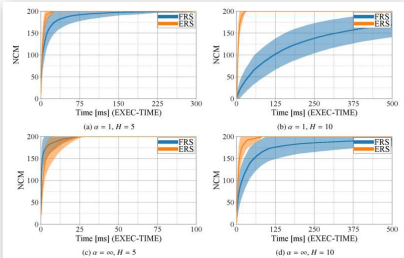
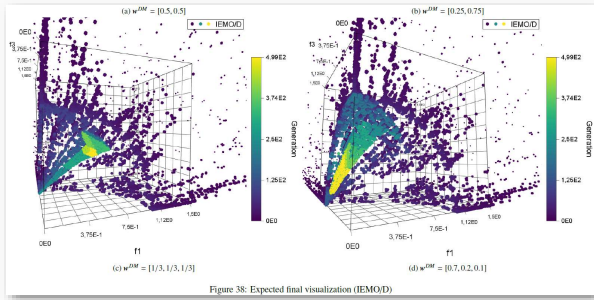


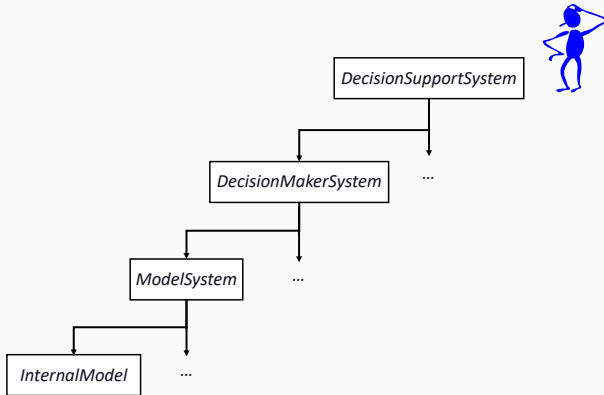
Figure 8: Mean and standard deviations (transparent envelope) of NCM attained by FRS and ERS over time

DecisionSupport module



- Nie dotyczy implementacji metod komputerowego wspomaganie decyzji; dotyczy wystawienia odpowiedniej architektury
- Trudne zagadnienie w kontekście zaprojektowania eleganckiej i elastycznej architektury
- Aktualny punkt skupienia: metody interaktywne (ewolucyjne), uczenie się preferencji, pośrednie przykłady preferencji, praca z sztucznym decydem, modele funkcyjne

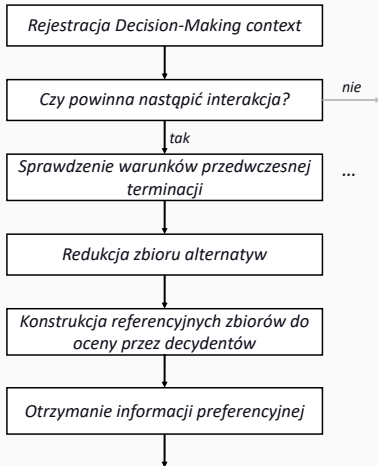
DecisionSupport module



PreferenceElicitationModule

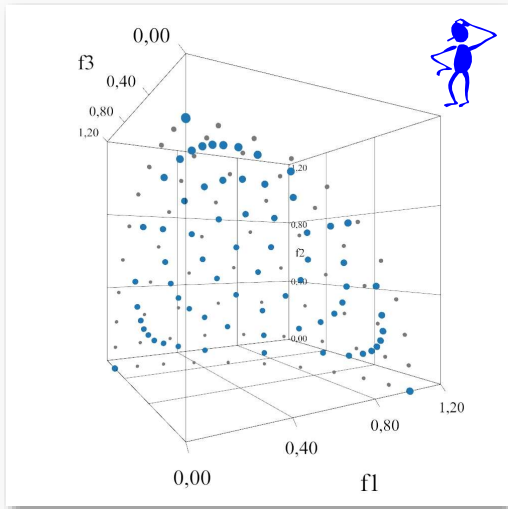
ModelsUpdaterModule

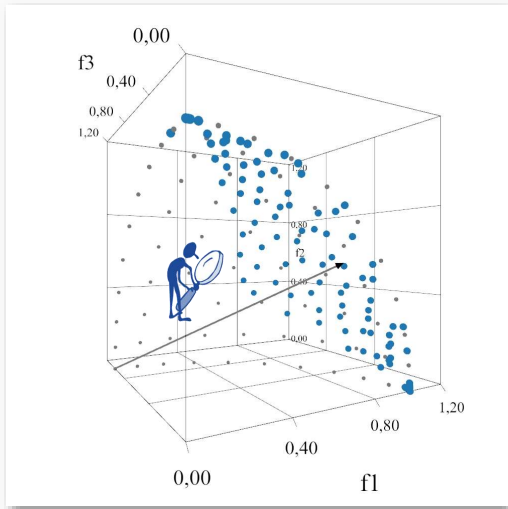
PreferenceElicitationModule



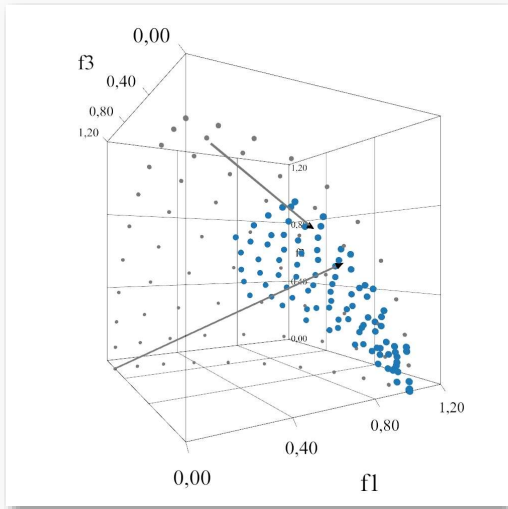
ModelsUpdaterModule

- Podejmowana jest próba utworzenia konkretnych instancji przyjętych modeli preferencji każdego z decydentów w oparciu o ich nowo dostarczoną informację preferencyjną
- Próba = udostępniona jest możliwość obsługi niespójności / niemożliwości zamodelowania preferencji

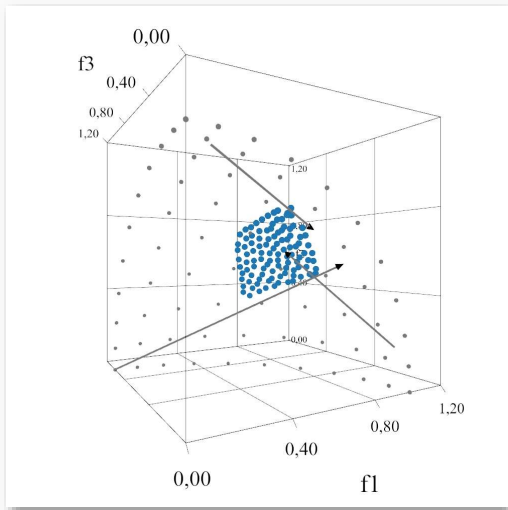




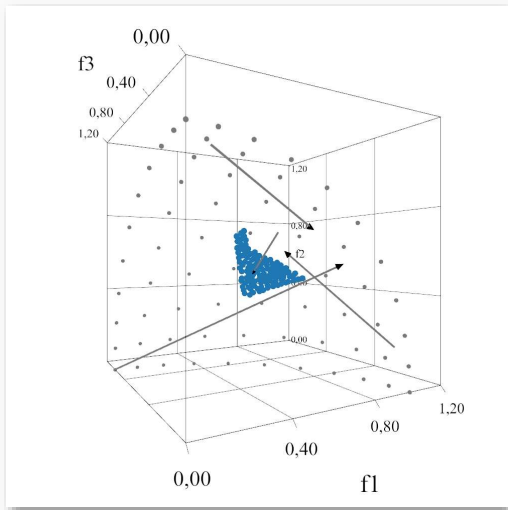
DecisionSupport module



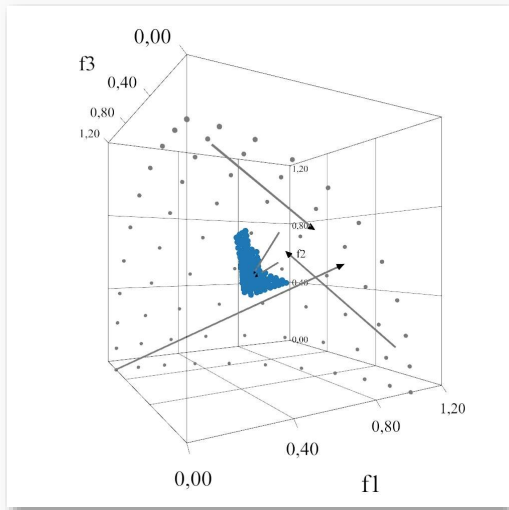
DecisionSupport module



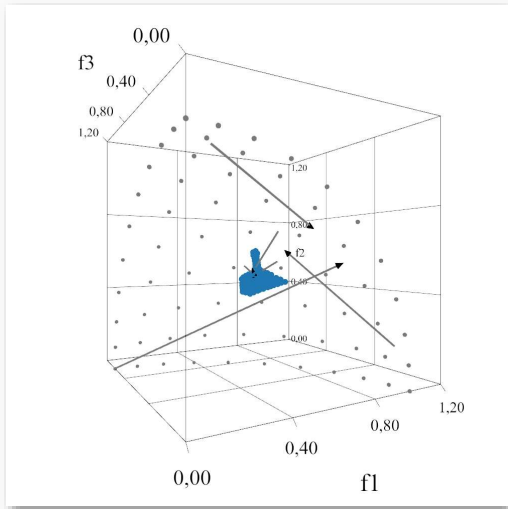
DecisionSupport module



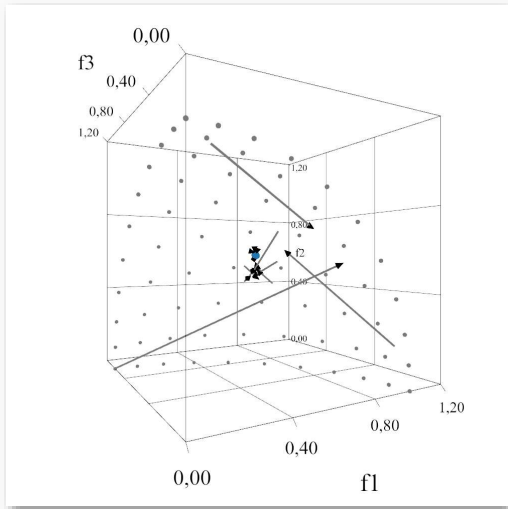
DecisionSupport module



DecisionSupport module



DecisionSupport module



Experimentation module



- Realizuje paradygmat MAW
- Zaprojektowany w oparciu o doświadczenie z metodologią badań w rozważanym obszarze
- Pozwala efektywnie projektować eksperymenty i realizować symulacje
- Pozwala reprezentować wyniki na sposób bliski finalnej reprezentacji, np. w artykule

1. Poziom Global

Dotyczy konfiguracji najwyższego poziomu, wspólnej dla wszystkich wykonywanych obliczeń, np.:

- Podanie ścieżki do głównego folderu, w którym będą zapisywane wyniki eksperymentu
- Podanie na ilu wątkach maksymalnie mogą być wykonywane symulacje
- Liczby powtórzeń testowych
- I wiele innych...
- Ale najważniejsze: zdefiniowanie scenariuszy eksperymentalnych; pary klucz-wartości, np.:

"ALGORITHM": {"NSGA", "NSGA-II", "NSGA-III"};

"PROBLEM": {"DTLZ1", "DTLZ2", "DTLZ3"};

"OBJECTIVES": {"2", "3", "4", "5"}

Scenariusze eksperymentalne: iloczyn kartezjański wartości

1. Poziom Global

2. Poziom Scenario

- Odnosi się do konkretnego scenariusza eksperymentalnego.
- Wymaga zdefiniowania obiektu konstruującego dane dla scenariusza (ScenarioDataContainerFactory) w oparciu o wejściowy zestaw wartości definiujący scenariusz + dane z poziomu Global (read-only).
- Na tym etapie definiowane są takie dane jak:
 - Liczba generacji dla której uruchamiany algorytm będzie testowany
 - Miary oceny jakości działania algorytmu
 - Itp.

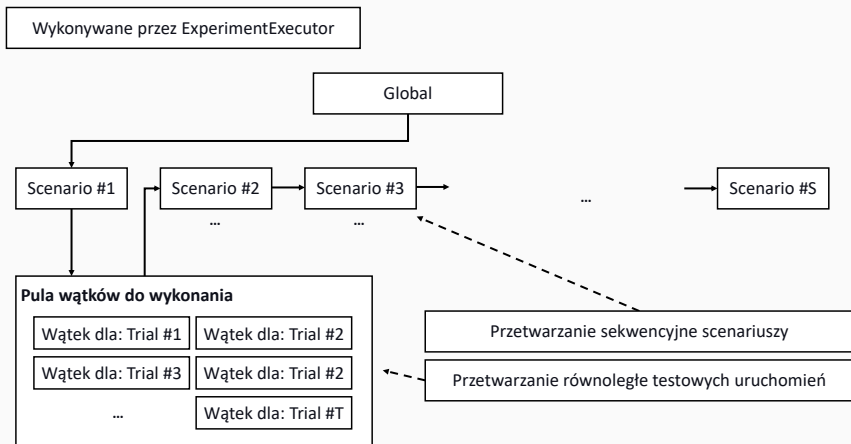
1. Poziom Global

2. Poziom Scenario

3. Poziom Trial

- Odnosi się do konkretnego uruchomienia testowego (trial number) w obrębie scenariusza eksperymentalnego.
- Wymaga zdefiniowania obiektu konstruującego dane dla testowego uruchomienia (TrialDataContainerFactory) w oparciu o identyfikator uruchomienia testowego + wejściowy zestaw wartości definiujący scenariusz + dane z poziomu Global (read-only).
- Na tym etapie głównie definiowany jest problem oraz algorytm.

Experimentation module



- Prosta lecz skuteczna obsługa wyjątków pozwalająca na wykonanie tak wielu zadań jak tylko się da.
- Efektywne, lekkie przetwarzanie (*np. lazy init*)
- ltp.

Experimentation module

Logi w konsoli

```
[3.12.2024 15:05:58:745]: Experiment execution starts
[3.12.2024 15:05:58:754]: Instantiates the global data container
[3.12.2024 15:05:58:762]: The main folder is created (E:\knapsack_test)
[3.12.2024 15:05:58:762]: Beginning processing the scenarios
[3.12.2024 15:05:58:772]: Experimental scenario = GENERATIONS_25_ITEMS_50_CAPACITY_50_PS_50_ALGORITHM_PENALTY begins processing
[3.12.2024 15:05:58:772]: Creates a scenario-related folder
[3.12.2024 15:05:58:772]: Creates the count down latch (barrier)
[3.12.2024 15:05:58:772]: Creates trial executors
[3.12.2024 15:05:58:794]: Creates a trial (thread) pool
[3.12.2024 15:05:58:796]: Attempting to instantiate the monitor thread
[3.12.2024 15:05:58:796]: Instantiate the monitor thread with reporting interval = 1000
[3.12.2024 15:05:58:798]: Attempting to instantiate the monitor thread executor
[3.12.2024 15:05:58:798]: Executes the monitor thread
[3.12.2024 15:05:58:799]: Executes the threads
[3.12.2024 15:05:59:341]: All threads terminated/completed processing
[3.12.2024 15:05:59:341]: Experimental scenario = GENERATIONS_25_ITEMS_50_CAPACITY_50_PS_50_ALGORITHM_PENALTY ends processing
[3.12.2024 15:05:59:341]: Scenario = GENERATIONS_25_ITEMS_50_CAPACITY_50_PS_50_ALGORITHM_PENALTY processing time = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 0, millis = 578]
[3.12.2024 15:05:59:341]: Total number of trials = 100
[3.12.2024 15:05:59:341]: Successfully completed trials = 100
[3.12.2024 15:05:59:341]: Terminated trials (due to exception) = 0
[3.12.2024 15:05:59:341]: Disposes the thread pool
[3.12.2024 15:05:59:341]: Disposes the scenario data container
```

Dodatkowy wątek monitorujący

```
[28.11.2024 16:43:44:172]: Monitor log =====
[28.11.2024 16:43:44:172]: Scenario = PROBLEM_OTLZ3_OBJECTIVES_4_ALGORITHM_NSGAIII
[28.11.2024 16:43:44:173]: Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 40, millis = 13]
[28.11.2024 16:43:44:173]: The total number of trials = 100
[28.11.2024 16:43:44:173]: The number of waiting trials = 40
[28.11.2024 16:43:44:173]: The number of trials being processed = 20
[28.11.2024 16:43:44:173]: The number of finished trials = 40
[28.11.2024 16:43:44:173]: The number of trials terminated due to exception = 0
[28.11.2024 16:43:44:173]: The states of trials being currently processed:
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 40 Generation = [1305/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:32:457] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 11, millis = 714]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 41 Generation = [1175/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:34:482] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 9, millis = 489]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 42 Generation = [1212/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:34:542] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 9, millis = 429]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 43 Generation = [1224/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:34:644] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 9, millis = 527]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 44 Generation = [1067/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:35:106] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 8, millis = 65]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 45 Generation = [1074/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:35:101] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 8, millis = 870]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 46 Generation = [1016/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:35:778] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 8, millis = 393]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 47 Generation = [1072/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:35:944] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 8, millis = 227]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 48 Generation = [799/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:36:414] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 7, millis = 797]
[28.11.2024 16:43:44:173]: Trial = 49 Generation = [1217/1750] Processing started = [28.11.2024 16:43:36:502] Processing for = [days = 0, hours = 0, minutes = 0, seconds = 7, millis = 580]
```

Experimentation module

Wyniki dla scenariuszy w osobnych katalogach

PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_2_SAMPLER_ERS	28.04.2025 15:51
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_2_SAMPLER_FRS	28.04.2025 15:51
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_3_SAMPLER_ERS	28.04.2025 15:55
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_3_SAMPLER_FRS	28.04.2025 15:53
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_4_SAMPLER_ERS	25.04.2025 17:54
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_4_SAMPLER_FRS	25.04.2025 17:36
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_5_SAMPLER_ERS	26.04.2025 01:50
PROBLEM_DTLZ1_OBJECTIVES_5_SAMPLER_FRS	25.04.2025 21:35
PROBLEM_DTLZ2_OBJECTIVES_2_SAMPLER_ERS	26.04.2025 02:27

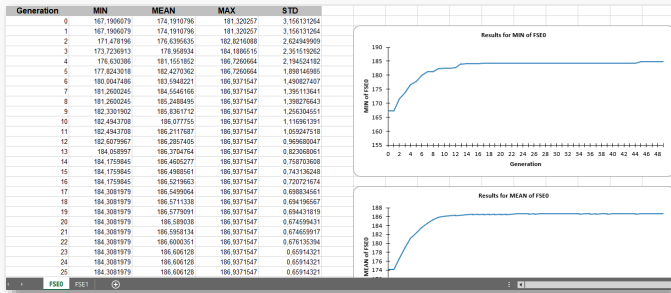
Wyniki dla różnych miar i testowych uruchomień w różnych plikach

EXECUTION_TIME_96.bin	26.04.2025 02:26	Plik BIN	15 KB
EXECUTION_TIME_97.bin	26.04.2025 02:26	Plik BIN	15 KB
EXECUTION_TIME_98.bin	26.04.2025 02:26	Plik BIN	15 KB
EXECUTION_TIME_99.bin	26.04.2025 02:26	Plik BIN	15 KB
GD_0.bin	25.04.2025 22:48	Plik BIN	15 KB
GD_1.bin	25.04.2025 22:48	Plik BIN	15 KB
GD_2.bin	25.04.2025 22:48	Plik BIN	15 KB
GD_3.bin	25.04.2025 22:46	Plik BIN	15 KB
GD_4.bin	25.04.2025 22:47	Plik BIN	15 KB
GD_5.bin	25.04.2025 22:46	Plik BIN	15 KB
GD_6.bin	25.04.2025 22:45	Plik BIN	15 KB

Experimentation module

Podsumowanie wyników na poziomie Scenario wykonywane przez ScenarioSummarizer. Przykład dla SummarizerXLSX

Agregacja wyników uzyskanych w wszystkich testowych uruchomieniach przy użyciu wybranych statystyk



Analiza krzyżowa: Podsumowanie wyników na poziomie “pomiędzy
Global a Scenario” wykonywane przez CrossScummarizer



Wymaga zdefiniowania CrossedScenarios:

Scenariusze:

“ALGORITHM”: {“NSGA”, “NSGA-II”, “NSGA-III”};
“PROBLEM”: {“DTLZ1”, “DTLZ2”, “DTLZ3”};
“OBJECTIVES”: {“2”, “3”, “4”, “5”}

Przykładowa definicja CrossedScenarios

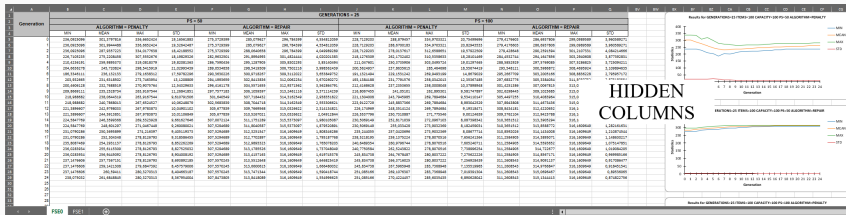
Wybrane klucze: “ALGORITHM”; “PROBLEM”,
Oraz ich wartości: {“NSGA”; “NSGA-II”}; {“DTLZ1”; “DTLZ2”}



Generowany plik podsumowujący ma możliwość zestawienia wyników uzyskanych dla wybranych kluczy oraz ich wartości; niewybrane klucze/wartości są zafiksowane (generowany jest iloczyn kartezjański)

Experimentation module

Przykład dla ConvergenceXLSX



Experimentation module

Przykład dla FinalStatisticsXLSX

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	FSE0				ALGORITHM							
2					PENALTY				REPAIR			
3					MIN	MEAN	MAX	STD	MIN	MEAN	MAX	STD
4	GENERATIONS	25	PS	50	238.075032	261.6848845	280.3270313	8.367954004	307.8473805	313.8418089	316.1609649	1.554996625
5				100	251.085166	270.4224457	285.6035435	6.890628042	311.2608543	315.1344413	316.1609649	0.874822756
6				200	263.5108667	278.8187732	292.3096361	5.766036977	314.6608527	315.9371459	316.1609649	0.432814162
7		50	PS	50	264.1141609	283.0694945	298.9570496	7.386440423	308.7649591	314.6525100	316.1609649	1.356609311
8				100	274.1087629	293.0795995	305.625445	6.232745697	312.7397772	315.4752246	316.1609649	0.787808777
9				200	291.5092537	302.09388	310.9437558	3.836319531	314.2558749	315.9751670	316.1609649	0.455094134
10		100	PS	50	285.738748	299.867306	310.8220955	4.881587416	311.4701422	314.8354455	316.1609649	1.022495666
11				100	298.2445912	307.4700916	314.0584931	3.065601712	314.3803482	315.7347345	316.1609649	0.595255573
12				200	307.2859613	311.9245615	315.0895578	1.797774813	314.5171924	315.9849931	316.1609649	0.409799293
13	FSE0	FSE1										

Experimentation module

Przykład dla FinalRankerXLSX

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	F5E0						Wins matrix		Ties matrix		Ranks			TSTUDENT	
							PENALTY	REPAIR	PENALTY	REPAIR	1	2	Average	PENALTY	REPAIR
1	GENERATIONS	25	P5	50	ALGORITHM	PENALTY		0			0	100	2		
2						REPAIR	100		0		100	0	1	1.05674E-79	1.05674E-79
3				100	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
4						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	1.54362E-82	1.54362E-82
5				200	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
6						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	1.62821E-82	1.62821E-82
7		50	P5	50	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
8						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	1.62821E-82	1.62821E-82
9				100	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
10						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	9.68296E-67	9.68296E-67
11				200	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
12						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	2.1375E-57	2.1375E-57
13		100	P5	50	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
14						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	2.1375E-57	2.1375E-57
15				100	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
16						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	4.20791E-58	4.20791E-58
17				200	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
18						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	6.08178E-51	6.08178E-51
19				50	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
20						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	8.69879E-51	8.69879E-51
21				100	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
22						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	7.16079E-47	7.16079E-47
23				200	ALGORITHM	PENALTY		0		0	0	100	2		
24						REPAIR	100	0	0	0	0	100	2	1.58617E-40	1.58617E-40