



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analyzis of Hybrid Ant Colony Optimization for Multiple Knapsack Problem

Stefka Fidanova

Institute of Information and Communication
Technologies

Bulgarian Academy of Sciences



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



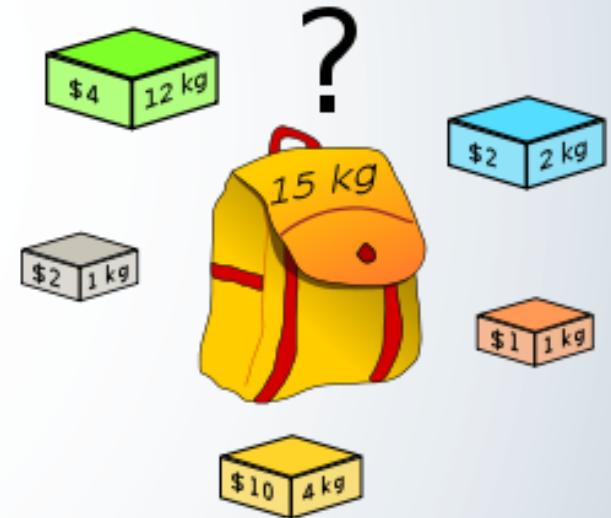
ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Multiple Knapsack Problem

- Cargo loading
- Cutting stocks
- Bin-packing
- Management
- Scheduling
- Shortest path problem



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Multiple Knapsack Problem



$$\max \sum_{j=1}^n p_j x_j$$

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^n r_{ij} x_j \leq c_i \quad i = 1, \dots, m$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad j = 1, \dots, n$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Metaheuristics

- A **metaheuristics** are methods for solving a very general class of computational problems by combining user-given black-box procedures in the hope of obtaining a more efficient or more robust procedure. The name combines the Greek prefix "meta" ("beyond", here in the sense of "higher level") and "heuristic" (from εὑρίσκειν, *heuriskein*, "to find").
- Metaheuristics are generally applied to problems for which there is no satisfactory problem-specific algorithm or heuristic; or when it is not practical to implement such a method. Most commonly used metaheuristics are targeted to combinatorial optimization problems, but of course can handle any problem that can be recast in that form, such as solving boolean equations.



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

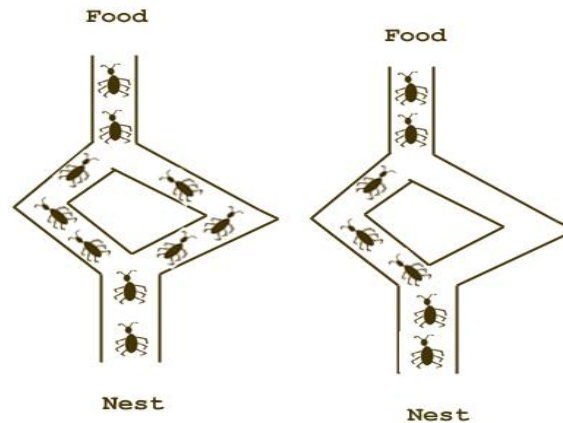


ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Real Ants Behavior



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Ant Colony Optimization

Procedure ACO

Begin

initialize the pheromone

while stopping criterion not satisfied **do**

 position each ant on a starting node

repeat

for each ant **do**

 chose next node

end for

until every ant has build a solution

 update the pheromone

end while

end



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Transition Probability



$$\text{Prob}_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij} \eta_{ij}}{\sum_{b \in \text{allowed}_k(t)} \tau_{ib} \eta_{ib}} & \text{if } j \in \text{allowed}_k(t) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Heuristic Information

$$\eta_{ij} = \begin{cases} p_j / s_j & \text{if } s_j \neq 0 \\ p_j & \text{if } s_j = 0 \end{cases}$$

$$s_j = \sum_{i=1}^m r_{ij}$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Local Search Procedure

- Randomly chose two positions i and j
- If the position has value 0 it becomes 1
- If the position has value 1 it becomes 0



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analysis

- There are introduced criteria for “agreement” - μ and “disagreement” – ν

$$\mu + \nu \leq 1$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analysis

- Set of objects $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$
- Set of criteria $C(O) = \{C(O_1), C(O_2), \dots, C(O_n)\}$
- $C_{i,j} = \langle C(O_i), C(O_j) \rangle$
- $C^*(O) = \{C_{i,j}\}$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analysis

All internal comparison of each criteria fulfill exactly one of three relations R , R^* , R^{**}

$$RUR^*UR^{**}=C^*(O)$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analysis

$$V_k(C) = \begin{cases} 1 & \text{if } V_k(C) \in R \\ -1 & \text{if } V_k(C) \in R^* \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analysis

$$V_k = V_k(C) - V_k(C')$$

$$\mu(C, C') = 0$$

for $k = 0$ *to* $\frac{n(n-1)}{2}$ *do*

if $V_k = 0$ *than* $\mu(C, C') = \mu(C, C') + 1$

end for

$$\mu(C, C') = \frac{2}{n(n-1)} \mu(C, C')$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

InterCriteria Analysis

$$v(C, C') = 0$$

for $k = 0$ *to* $\frac{n(n-1)}{2}$ *do*

if $|V_k| = 2$ *than* $v(C, C') = v(C, C') + 1$

end for

$$v(C, C') = \frac{2}{n(n-1)} v(C, C')$$



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Index Matrix for ICrA

	run1	run2	...	run30
P1t	valP1t,1	valP1t,2	...	valP1t,30
:	:	:		:
P10t	valP10t,1	valP10t,2	...	valP10t,30
P1h	valP1h,1	valP1t,2	...	valP1t,30
:	:	:		:
P10h	valP10h,1	valP10h,2	...	valP10h,30



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Degree of agreement

μ	P1t	P2t	P3t	P4t	P5t	P6t	P7t	P8t	P9t	P10 t
P1h	0.55	0.46	0.51	0.5	0.45	0.38	0.45	0.46	0.37	0.55
P2h	0.42	0.37	0.48	0.3	0.48	0.39	0.36	0.37	0.34	0.36
P3h	0.57	0.57	0.44	0.5	0.46	0.46	0.46	0.43	0.39	0.47
P4h	0.47	0.39	0.55	0.4	0.35	0.47	0.4	0.41	0.51	0.61
P5h	0.25	0.34	0.33	0.27	0.32	0.36	0.35	0.34	0.34	0.34
P6h	0.4	0.45	0.5	0.57	0.43	0.50	0.44	0.46	0.46	0.48
P7h	0.41	0.3	0.44	0.38	0.4	0.38	0.52	0.51	0.36	0.38
P8h	0.4	0.42	0.38	0.42	0.4	0.37	0.39	0.42	0.42	0.29
P9h	0.45	0.38	0.35	0.44	0.49	0.49	0.39	0.39	0.42	0.41
P10 h	0.55	0.52	0.5	0.52	0.46	0.63	0.48	0.54	0.38	0.38



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Degree of disagreement

v	P1t	P2t	P3t	P4t	P5t	P6t	P7t	P8t	P9t	P10t
P1h	0.44	0.54	0.47	0.48	0.52	0.54	0.52	0.50	0.40	0.43
P2h	0.44	0.46	0.38	0.56	0.37	0.40	0.48	0.46	0.38	0.49
P3h	0.43	0.40	0.55	0.49	0.52	0.47	0.50	0.54	0.40	0.52
P4h	0.49	0.55	0.42	0.55	0.59	0.43	0.54	0.53	0.26	0.36
P5h	0.46	0.36	0.38	0.43	0.37	0.35	0.37	0.34	0.27	0.37
P6h	0.51	0.45	0.41	0.33	0.46	0.36	0.44	0.42	0.31	0.43
P7h	0.41	0.50	0.37	0.43	0.41	0.40	0.27	0.28	0.34	0.43
P8h	0.37	0.35	0.39	0.35	0.36	0.36	0.37	0.33	0.24	0.47
P9h	0.47	0.53	0.57	0.48	0.41	0.40	0.52	0.51	0.34	0.51
P10h	0.43	0.44	0.48	0.45	0.50	0.29	0.47	0.42	0.39	0.60



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Degree of uncertainty

π	P1t	P2t	P3t	P4t	P5t	P6t	P7t	P8t	P9t	P10t
P1h	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.08	0.03	0.04	0.23	0.02
P2h	0.14	0.17	0.14	0.14	0.15	0.21	0.16	0.17	0.28	0.15
P3h	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.07	0.04	0.03	0.21	0.02
P4h	0.04	0.06	0.03	0.05	0.06	0.10	0.06	0.06	0.23	0.03
P5h	0.29	0.30	0.29	0.30	0.31	0.29	0.28	0.32	0.39	0.29
P6h	0.09	0.10	0.09	0.10	0.11	0.14	0.12	0.12	0.23	0.09
P7h	0.18	0.2	0.19	0.19	0.19	0.22	0.21	0.21	0.30	0.19
P8h	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.27	0.24	0.25	0.34	0.24
P9h	0.08	0.09	0.08	0.08	0.10	0.11	0.09	0.10	0.24	0.08
P10h	0.02	0.04	0.02	0.03	0.04	0.08	0.05	0.04	0.23	0.02



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ ФОНД ЗА
РЕГИОНАЛНО РАЗВИТИЕ



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Thank for Your Attention



ЦЕНТЪР ЗА ВЪРХОВИ ПОСТИЖЕНИЯ ПО
ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ