

Modelowanie agentowo-ewolucyjne w rozwiązywaniu problemów polioptymalizacji

Leszek Siwik

2018-03-07

Abstract

W dokumencie zebrano oraz omowiono wyniki prac realizowanych w trakcie projektu. . . . Projekt polegał na. . . . Najistotniejsze prace i osiagniete w trakcie realizacji wyniki obejmują. . . .

Contents

1	Kilka zdań wprowadzenia do (pareto)polioptymalizacji	2
1.1	Definicja problemu i pojęciologia	2
1.2	Założenia	2
2	Punkt wyjścia – Podstawowy EMAS do polioptymalizacji	3
3	Zidentyfikowane problemy w stosowaniu bazowego emasa do polioptymalizacji	3
3.1	Stagnacje niejako z definicji	3
3.2	Dyskryminacja “ogonów” przez relacje dominacji	5
3.3	Gorszy nie znaczy zdominowany, lepszy nie znaczy dominujący	6
3.4	Brak mechnizmów odpowiedzialnych za “rozproszenie” rozwiązań po całym froncie	6
3.5	Nie (tylko) dominacja	8
3.5.1	AreaOfControlDominance	8
3.5.2	Extended Angle Dominance	13
3.5.3	α -dominance	14
3.5.4	ϵ -dominance	15
3.5.5	L-dominance	16

1 Kilka zdań wprowadzenia do (pareto)polioptymalizacji

1.1 Definicja problemu i pojęciologia

Zadanie polega na poszukiwaniu alternatyw które jednocześnie optymalizowałyby wiele (sprzecznych) kryteriów.

Oczywiście pojawia się problem oceny/porównywania alternatyw. (Póki)co badania oparte są na relacji dominacji. W największym skrócie a_1 jest lepsze od a_2 jeśli pod względem wszystkich kryteriów jest niegorsza od a_2 a przynajmniej pod względem jednego kryterium jest silnie lepsza. Formalnie:

Aby zachować ogólność definicji relacji dominacji, tak aby obejmowała ona zarówno zadania (i-kryteria) maksymalizacji jak i-minimalizacji, w ramach definicji tej relacji wprowadzany jest (uogólniony) dwuargumentowy operator porównania: \triangleright . Zgodnie z tym operatorem zapis $y_1 \triangleright y_2$ oznacza, iż wartość y_1 jest wartością lepszą niż wartość y_2 z punktu widzenia bieżącego celu. A zatem w przypadku, w którym określone kryterium stanowi przedmiot minimalizacji, operator \triangleright oznacza relację mniejszości – ($<$), zaś w sytuacji w której kryterium stanowi przedmiot maksymalizacji operator \triangleright oznacza relację większości – ($>$). Zapis $y_1 \ntriangleleft y_2$ oznacza, że wartość y_1 jest wartością niegorszą od wartości y_2 z punktu widzenia bieżącego celu.

Definicja 1 (Relacja słabej dominacji) Rozwiązanie \vec{x}^a słabo dominuje rozwiązanie \vec{x}^b (rozwiązanie \vec{x}^a jest rozwiązaniem lepszym od rozwiązania \vec{x}^b z punktu widzenia optymalizacji w sensie Pareto) ($\vec{x}^a \succeq \vec{x}^b$) wtedy i tylko wtedy, gdy:

$$\vec{x}^a \succeq \vec{x}^b \Leftrightarrow \begin{cases} f_j(\vec{x}^a) \ntriangleleft f_j(\vec{x}^b) & \text{dla } j = 1, 2, \dots, M \\ \exists i \in \{1, 2, \dots, M\} : f_i(\vec{x}^a) \triangleright f_i(\vec{x}^b) \end{cases}$$

Rozwiązanie w sensie Pareto (i w dalszych rozważaniach) problemu optymalizacji wielokryterialnej *MOOP* oznacza poszukiwanie wszystkich niezdominowanych (w rozumieniu słabej relacji dominacji) alternatyw ze zbioru \mathcal{D} – zbiór takich alternatyw określany jest mianem zbioru Pareto \mathcal{P} .

Gdyby było potrzebne grubsze wprowadzenie/podbudowa/pojęciologia – do przejrzenia np tutaj Tutaj

1.2 Założenia

Zadaniem/celem nie jest wybór określonej alternatywy (decision making)

a znalezienie wielu/wszystkich/wszystkich w zbiorze rozwiązań, co do których wiadomo, że nie istnieją lepsze. Oczywiście, część z tych rozwiązań będą (w pewnym sensie) “faworyzować” jedno z kryteriów, inne rozwiązania będą “faworyzować” inne – ale nie stanowi to (póki co) przedmiotu rozważań.

Innymi słowy solver/optymalizator traktujemy jako czarną skrzynkę przyjmującą wyłącznie definicje problemu i szukającą zbioru Pareto nie biorąc pod uwagę żadnych preferencji użytkownika co do wagi kryteriów, jego preferencji etc.

Podstawowe założenie co do solwera to to że ma być agentowo-ewolucyjny (cokolwiek by to nie oznaczało). W praktyce przyjęto, że jest/ma to być solver osadzony na systemach typu EMAS, do którego wprowadzamy operatory/usprawnienia pozwalające na efektywne rozwiązywanie problem(ów) polioptymalizacji.

Operatory/modyfikacje które przyjęto jako możliwe do stosowania/wprowadzenia mogą być wprowadzane zarówno na poziomie operatorów ewolucyjnych/wariacyjnych jak i agentowych (interakcje/decyzje) tak długo jak (przynajmniej docelowo) będą one mogły być zrealizowane “agentowo” – czyli bez globalnego zarządzania populacją, bez przeglądu zupełnego etc, a jedynie w wyniku rozproszonych interakcji/wymiany informacji pomiędzy agentami. Nawet jeśli na etapie eksperymentowania – jakiś mechanizm (dla uproszczenia) zrealizowany zostanie poprzez (iteracyjny) przegląd(zupełny) populacji to musi być widać, że da się to (tego typu) mechanizm zrealizować w postaci agentowej

2 Punkt wyjścia – Podstawowy EMAS do polioptymalizacji

Zaprzeczenie podstawowego EMASa do polioptymalizacji wydaje się trywialne i.e. zamiennym porównanie agentów decydujące o wymianie pomiędzy nimi energii/zasobów na dominację w sensie Pareto i powinno działać. Niestety nie działa. W niniejszym dokumencie zebrano zidentyfikowane problemy/przyczyny takiego stanu. Są to problemy otwarte nadające się imho do natychmiastowego researchu.

Poniżej zarysowano podstawowy emasa do polioptymalizacji w którym jedyne co zrobiono w kontekście polioptymalizacji to zastosowano dominację w sensie Pareto jako czynnik decydujący podczas spotkań o przepływie pomiędzy agentami energii.

```
for(allAliveAgents){
    while(agent is alive){
        if(agent is out of resources){
            die();
        }else{
            findMeetingPartner(); //W praktyce wybiera losowego
            compareSolutionWithMeetingPartner(); //w oparciu o Pareto dominację
            if(agent A1 dominuje spotkanego agenta A2){
                transferEnergy(FromA2,ToA1); //transferujemy porcję energii
                // od zdominowanego do dominującego
            }

            if(agent A1 jest zdominowany przez spotkanego agenta A2){
                transferEnergy(FromA1,ToA2); //transferujemy porcję energii
                // od zdominowanego do dominującego
            }

            if(agent posiada energii powyżej progu reprodukcji){
                findReproductionPartner(); //w praktyce wybiera losowego
                // z energią powyżej progu reprodukcji

                reprodukcuj();
                mutuj();
                transferEnergy(FromParent,ToOffspring); //transferuj porcję
                // energii do potomka
            }
        }
    }
}
```

3 Zidentyfikowane problemy w stosowaniu bazowego emasa do polioptymalizacji

Zarysowany w 2 podstawowy emasa (w którym jedyne co zmieniono to wprowadzono dominację do (wzajemnego) porównywania alternatyw/osobników) algorytm nie działa przynajmniej z trzech powodów.

3.1 Stagnacje niejako z definicji

Żeby w populacji cokolwiek się działo agenci muszą zyskiwać bądź tracić energię - tylko wówczas mogą reprodukować, umierać etc. Tymczasem wystarczy wyobrazić sobie sytuację jak na rys. 1.

Żaden z osobników w populacji nie dominuje nad żadnym innym. Zatem podczas spotkań nie ma żadnego czynnika który powodowałby przepływ energii. A zatem nikt nie zyskuje energii i nikt jej nie traci. A zatem nikt nie zyskuje prawa do reprodukcji nikt też nie umiera/nie jest usuwany z populacji. Efekt? Przez tysiąc iteracji sprawdzonych zostało raptem 8 rozwiązań (por. rys. 2 - z czego 6 to początkowa populacja).

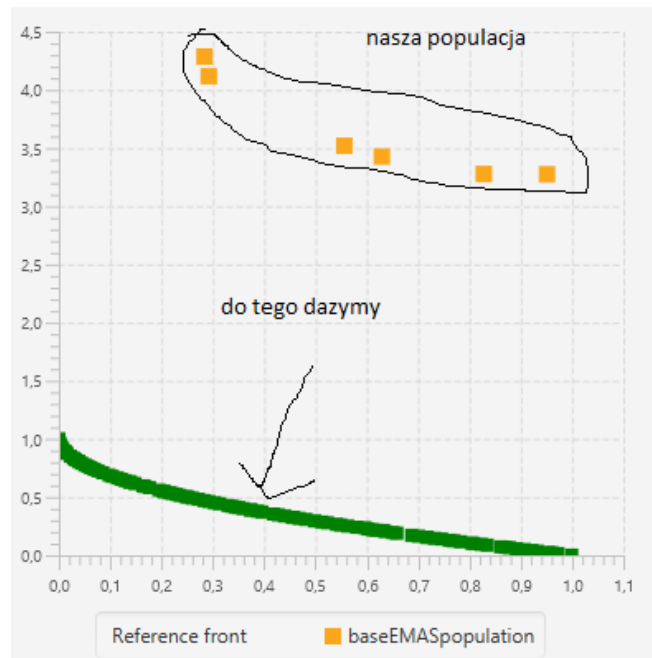


Figure 1: Sytuacja początkowa

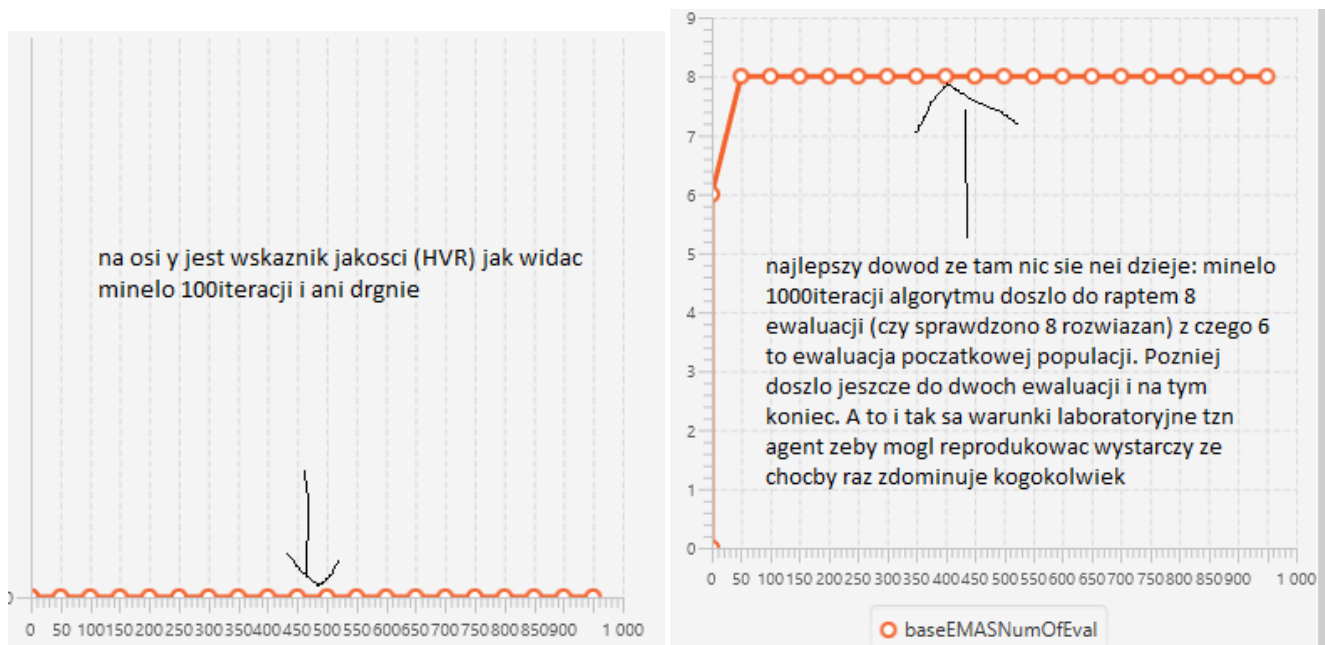


Figure 2: Stagnacja

Czyli przez 1000 iteracji algorytmu w populacji pojawilo sie raptem 2 nowych agentow (a to i tak jest sytuacja laboratoryjna bo parametry ustawione zostaly tak ze aby zyskac prawo do reprodukcji wystarczy chocby raz zdominowac kogolowiek.

Podobnie zeby byc wyeliminowanym wystarczy chocby raz zostac zdominowanym.

Oczywiscie jest to sytuacja przejawskrawiona w tym sensie ze mamy skrajnie mala populacje wiec prawdopodobienstwo zajscia opisanej sytuacji jest duze. Przy wiekszej/duzej populacji troche dluzej trwa stan w którym - rzadko bo rzadko - ale ktos kogos dominuje ale wczesniej czy pozniej i tak dochodzi do opisanej sytuacji (stagnacja i

zatrzymanie procesu podążania w kierunku frontu w stosunkowo dużej odległości od niego).

Porzadane zatem zwiększenie siły/efektywności czynnika decydującego o przepływie energii. Innymi słowy jeśli a_1 dominuje a_2 lub odwrotnie to sprawa jasna przepływ od a_1 do a_2 albo odwrotnie ale co jeżeli podczas spotkania żaden z nich nie dominuje?

- losowo wybrać “dawcę” i transferować od dawcy do biorcy? - tyle tylko że one są wzajemnie niezdominowane a zatem relatywnie oba są dobre - dlaczego zatem któregoś “karac”? Za chwilę dojdziemy do błędzenia przypadkowego.

3.2 Dyskryminacja “ogonów” przez relacje dominacji

Kolejny powód dla którego to nie działa bo nie może niejaką z definicji jest następujący. Mimo że populacja początkowo wyglądała np jak na rys 3a czyli całkiem sensownie to stosunkowo szybko dochodzimy do sytuacji jak na rys 3b czyli ciążenie populacji w stronę “początku układu współrzędnych” (akurat tak to się układa przy definicji problemu ZDT1 ale w każdym razie wycinane są “ogony populacji”).

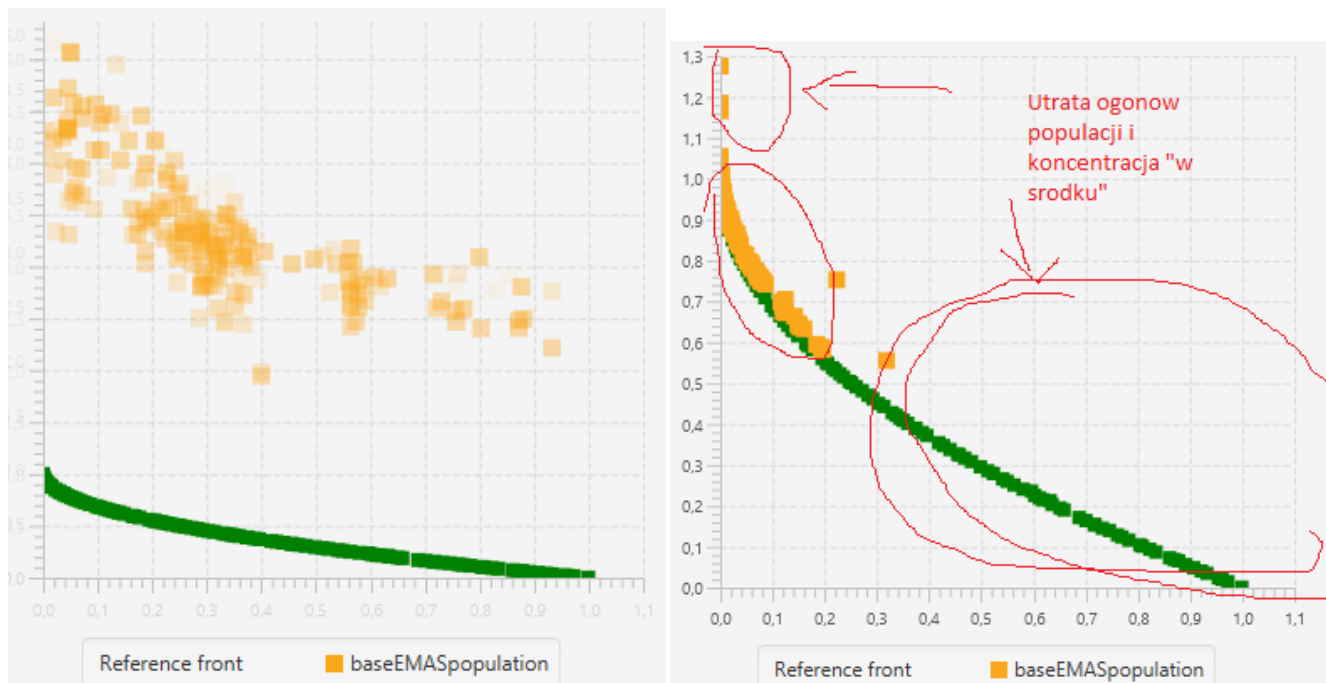


Figure 3: Dyskryminacja ogonów

Dlaczego tak się dzieje. Wyjaśnienie jest bardzo proste.

Weźmy przykładowego agenta z “prawego” ogona populacji zaznaczony na czerwono na rys 4. Zgodnie z relacją dominacji obszar w którym on dominuje inne rozwiązania to zaznaczona na czerwono “cwiartka” - w zasadzie zbiór pusty. Jednocześnie obszar dominacji dla agenta zlokalizowanego w “centrum” populacji to cwiartka “niebieska” - jak widać ma on spora (a rzędy wielkości większa w stosunku do agentów z ogonów) szanse na spotkanie kogoś kogo dominuje, a więc na zyskanie energii, zyskanie prawa reprodukcji, reprodukcje etc - w konsekwencji stopniowe wymieranie “ogonów” i namnażanie agentów “w centrum” - efekt skrajnie nieporządkowany zarówno co do zasady w ewolucji jak i tym bardziej w polioptymalizacji bo naszym zadaniem jest odkrycie frontu na całej jego rozciągłości (innymi słowami znalezienie całego zbioru zielonego). Aktualnie nie ma na to szans “z definicji”. Już o sytuacjach z trudniejszymi frontami (nieciągłymi, wklęsłymi etc) niewspominając.

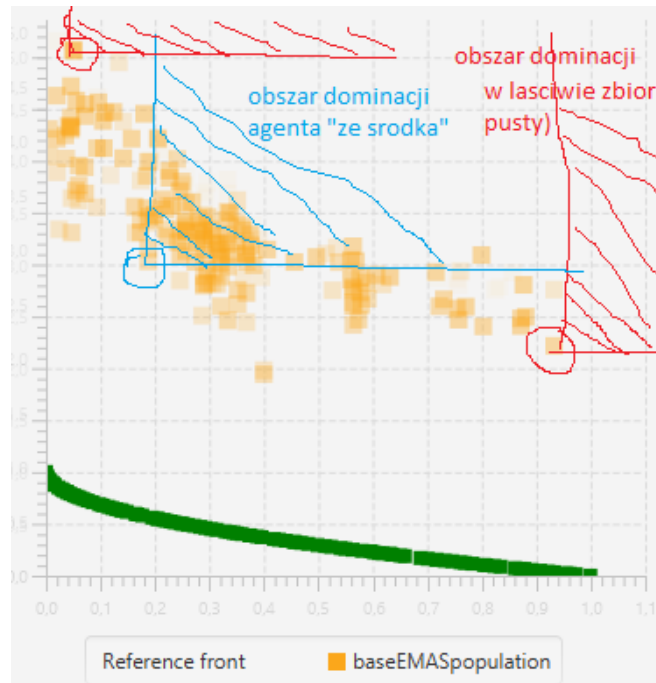


Figure 4: Dyskryminacja

3.3 Gorszy nie znaczy zdominowany, lepszy nie znaczy dominujący

Trzeci ze zidentyfikowanych problemów jest w zasadzie konsekwencja omówionego wcześniej. Otóż weźmy dwóch agentów czerwonego i niebieskiego zaznaczonego na rys 5. Na oko a_1 jest lepszy od a_2 (jest bliżej frontu, nie jest przez nikogo zdominowany) ale przy bezpośrednim spotkaniu a_1 z a_2 a_1 nie zyska ani grama energii/zasobów bo zgodnie z definicją Pareto dominacji a_1 i a_2 są wzajemnie niezdominowane. Potrzebny zatem mechanizm który by to adresował.

3.4 Brak mechnizmów odpowiedzialnych za “rozproszenie” rozwiązań po całym froncie

Aktualnie brak jest mechanizmu który pozwalałby obsadzać “całą rozciągłość” frontu. Potrzebny byłby mechanizm który albo pozwalałby “schodzić” populacji do frontu na całej jego rozciągłości (por rys 6a)

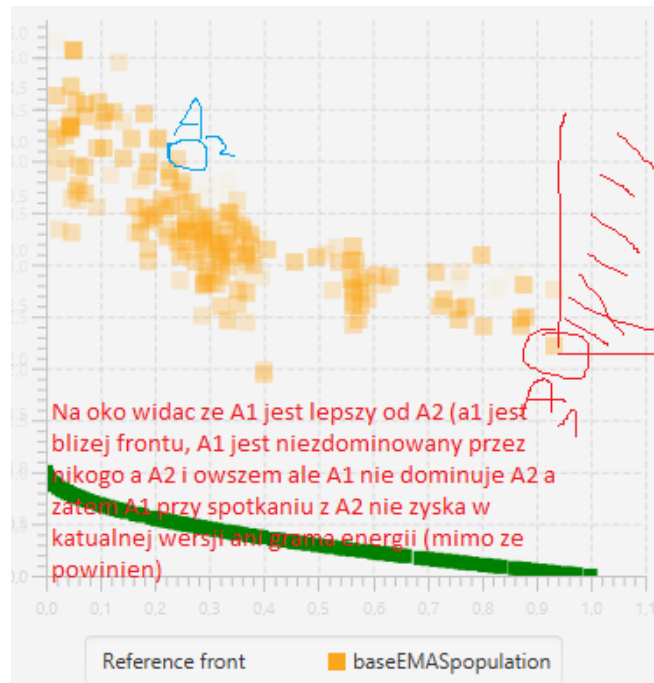


Figure 5: Lepszygorszy

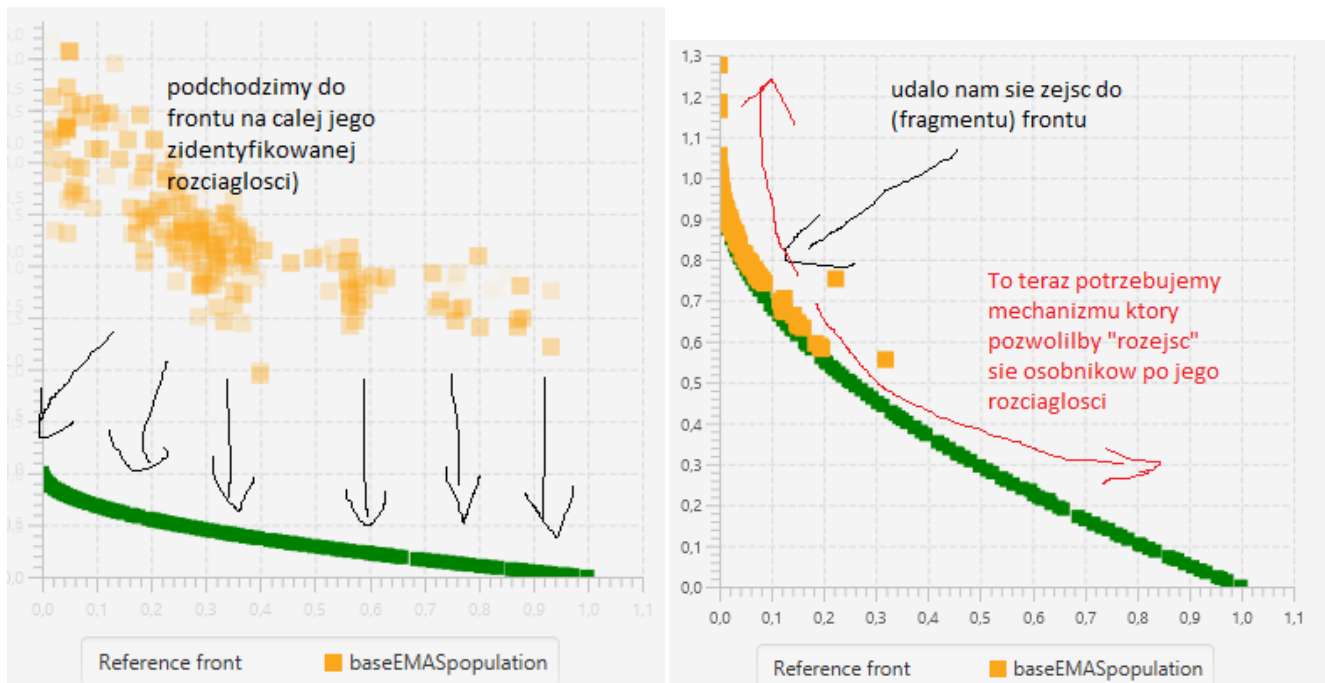


Figure 6: Rozciągłość

albo taki który pozwalalby (agresywnie) "schodzic" w strone frontu a pozniej te rozwiązania "rozpychac" po całej szerokości frontu 6b).

W mojej ocenie podejscie drugie (czyli jakies niszowanie, crowding etc) to raczej lata na problem niz zaadresowanie samego problemu. Oczywiscie tego typu mechanizm mozna dodac ale przede wszystkim nalezaloby spowodowac zeby tego typu zjawisko koncentracji w ogole nie zachodzilo badz bylo "niszowe" i zebyśmy pochodzili do frontu na

(możliwie) całej jego rozciągłości

Wspomniane powyżej problemy zdecydowanie nabrzmiewają wraz ze zwiększaniem trudności problemu. O ile bowiem w przypadku problemu ciągłego wklęsłego można sobie wyobrazić wprowadzenie mechanizmów które rozwiązanie skupione wokół początku układu współrzędnych “rozpychały” wzdłuż całego frontu o tyle dla problemu wypukłego (zwłaszcza z siodłami) jakiegokolwiek ruszenie się na prawo od początku przy próbie “rozpychania” powoduje że te rozwiązanie “na prawo” są zdominowane przez te blisko początku i jeśli dominacja jest zasadniczym czynnikiem selekcji/nagradzania/karania osobników to alternatywy “na prawo” zostaną (niemal natychmiast) “zjedzone” przez te zlokalizowane blisko początku układu współrzędnych.

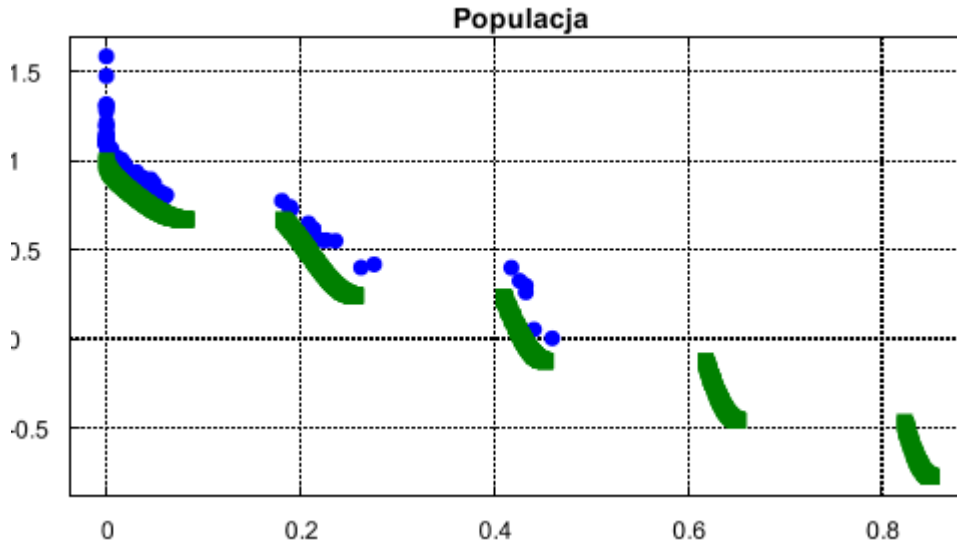


Figure 7: zdt3

Z kolei przy problemie z frontem nieciągłym jak na rys 7 w ogóle nie ma szans na obsadzenie dużych kawałków frontu...

3.5 Nie (tylko) dominacja

W zasadzie wszystkie zidentyfikowane problemy, wynikają z połączenia rozproszonej/lokalnej natury EMASA z właściwościami dominacji. W pierwszej kolejności należałoby się zatem temu właśnie przyrzec.

3.5.1 AreaOfControlDominance

Generalna idea następująca:

Jeśli emas korzysta z “klasycznej” Pareto dominacji to jeżeli w sytuacji jak na rys 8 spotkają się A_1 i A_3 to mimo, że “na oko” widac że A_1 jest lepszy (jest bliżej frontu, nikt go nie dominuje etc) niż A_3 to nic się nie stanie bo ani A_3 nie leży w obszarze zdominowania A_1 , ani A_1 nie leży w obszarze zdominowania A_3 (obszary zaznaczone na czerwono).

Ale wyobraźmy sobie że zanim dojdzie do spotkania agentów A_1 i A_3 wcześniej A_1 spotka się z agentem A_2 . A_1 i A_2 są wzajemnie niezdominowane i można uznać że A_1 jest lepszy zarówno od wszystkich agentów zlokalizowanych w jego obszarze zdominowania jak i od tych zlokalizowanych w obszarze zdominowania agenta A_2 . A zatem budujemy dla obu agentów (A_1 i A_2) “obszar kontroli” stanowiący sumę obszarów zdominowania obu agentów.

Od teraz zatem obszar kontroli obu tych agentów to obszar zaznaczony na pomarańczowo na rys 9.

Jeśli teraz dojdzie do spotkania agentów A_1 i A_3 to mimo że A_3 nie leży w obszarze zdominowania Agentu A_1 (zaznaczony na czerwono na rys 8) to znajduje się on w jego obszarze kontroli (pomarańczowy na rys 9)

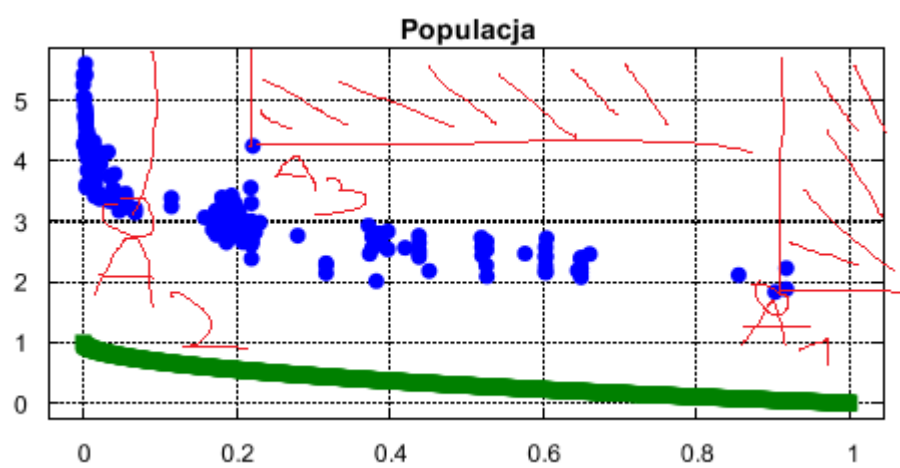


Figure 8: areaUnderControl-Idea1

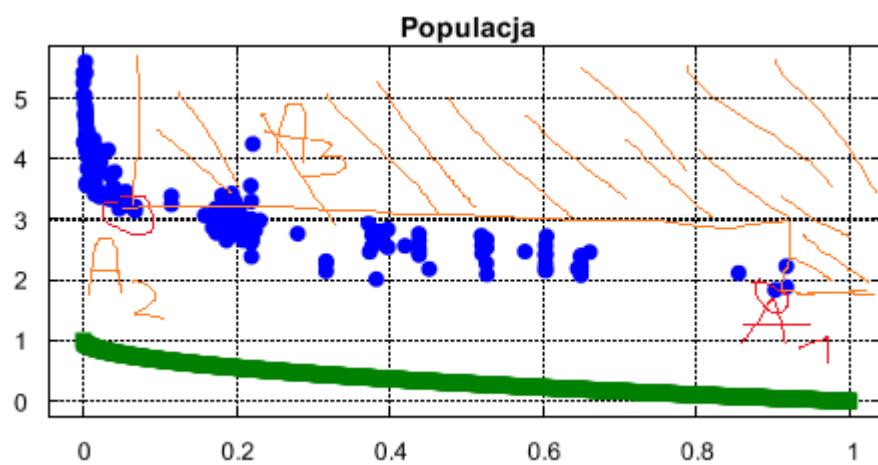


Figure 9: areaUnderControl-Idea2

(suma obszarow zdominowania spotkanych dotychczas agentow z ktorymi A_1 byl wzajemnie niezdominowany). W konsekwencji, w myszl obszaru kontroli A_1 okaze sie lepszy od A_3 , przejmie (czesc) jego energii etc.

3.5.1.1 Weryfikacja empiryczna

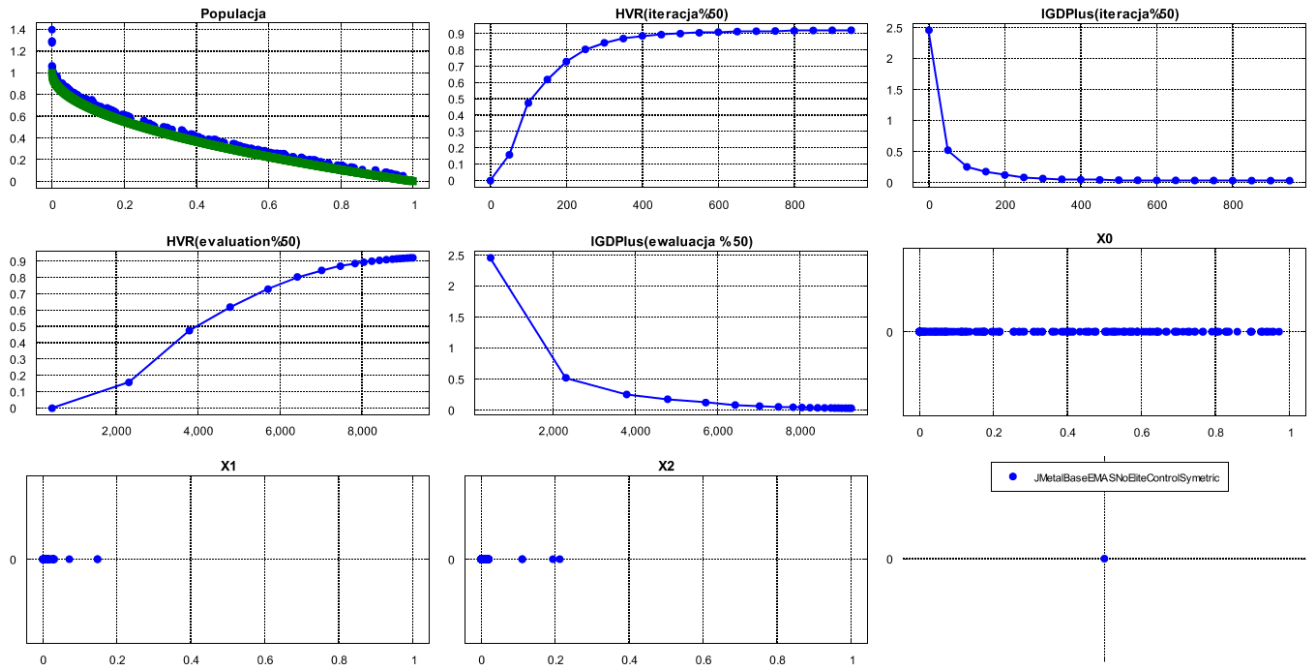


Figure 10: AreaUnderControl

- jak widac na rys 10 dla ZDT1 front dostaje sie bardzo ladny (moglby “zejsc” jeszcze troche niziej) ale nie ma stagnacji, nie ma tego ciazienia do lewej strony.
- na pozostalych dwuch rysunkach tj 11 i 12 porownanie tego mechanizmu w kilku wariantach i puszczenie z ciekawosci dla ZDT3 - jak widac na pewno do dalszego dopracowywania bo momentami zachowuje sie “dziwnie” ale na pewno jest w tym potencjal

3.5.1.2 Pytania do odpowiedzi/kwestie do sprawdzenia

- Dlaczego dla problemu wkleslego typu ZDT2 powyzszy mechanizm nadal radzi sobie slabo. Troche to wyglada tak jakby dzialanie tego wstepnego warunku na dominacje byl tak silny ze sciaga populacje w lewo ale do weryfikacji co sie tam tak naprawde dzieje
- Sprawdzic czy mechanizm w ktorym obszar kontroli to nie suma obszarow zdominowania ale rozszerzenie “o odpowiedni kat” (idea jak na rys 14) dawaloby istotna poprawe (**uwaga na wkleslosci frontu/obszaru**)

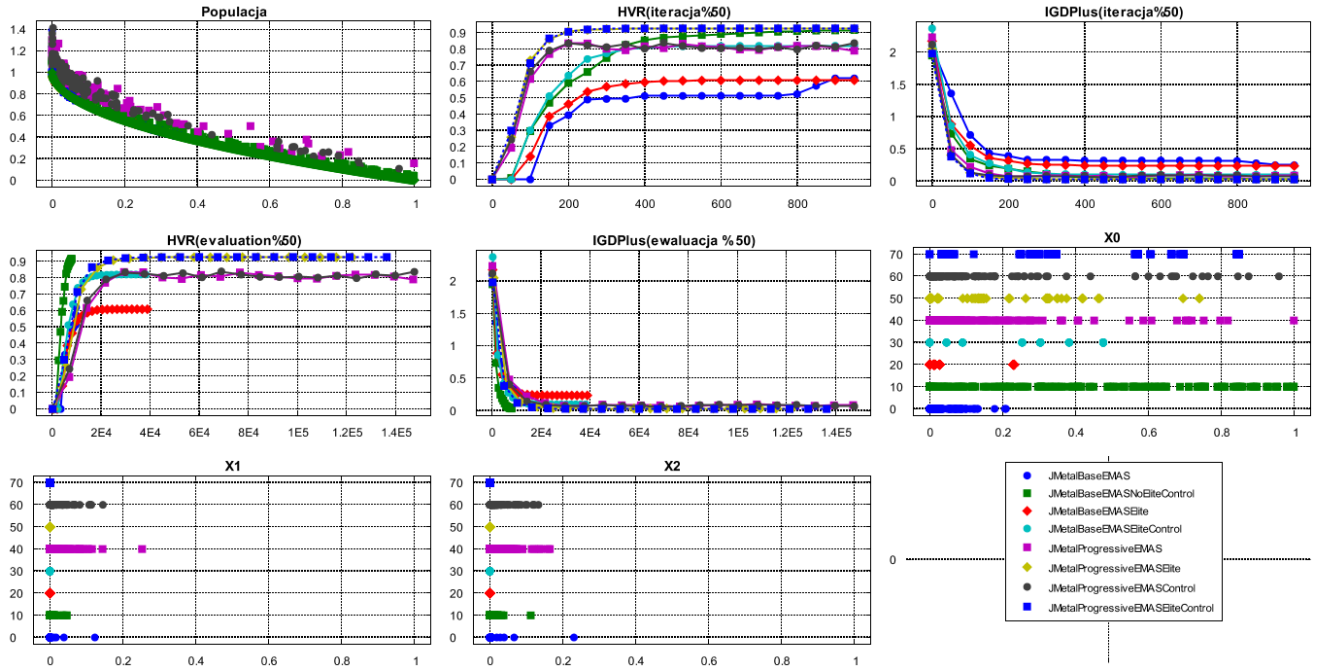


Figure 11: AreaUnderControl

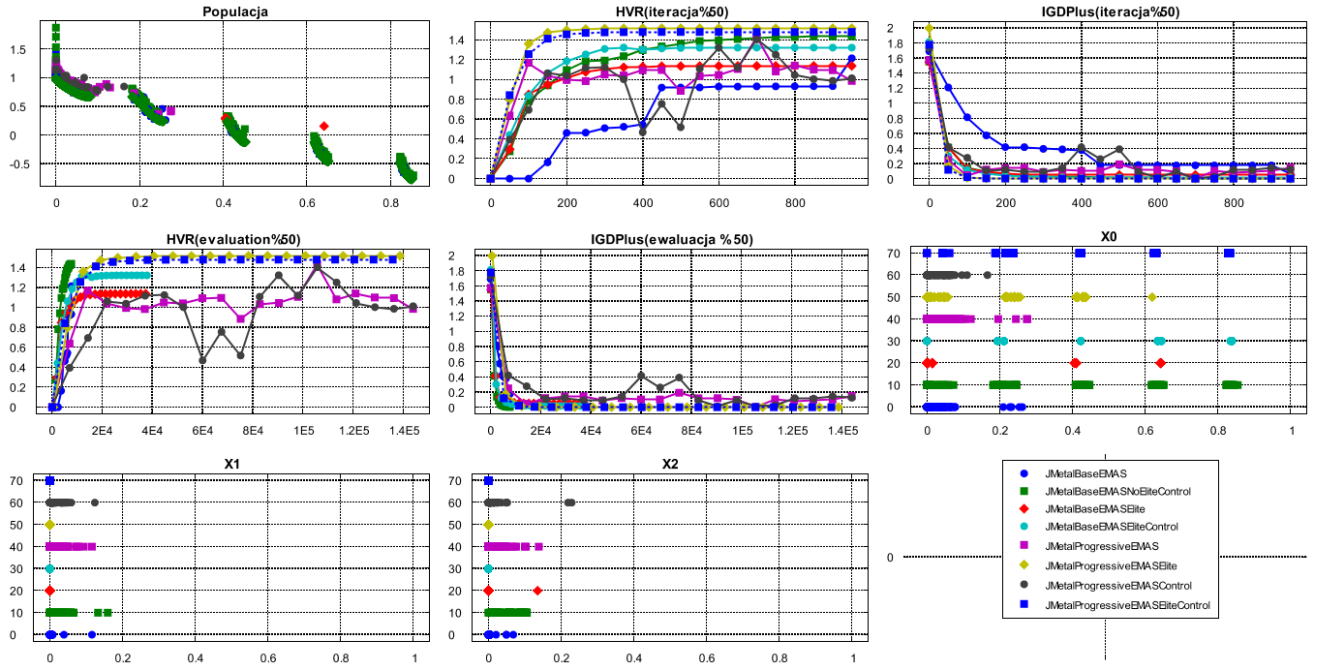


Figure 12: AreaUnderControl

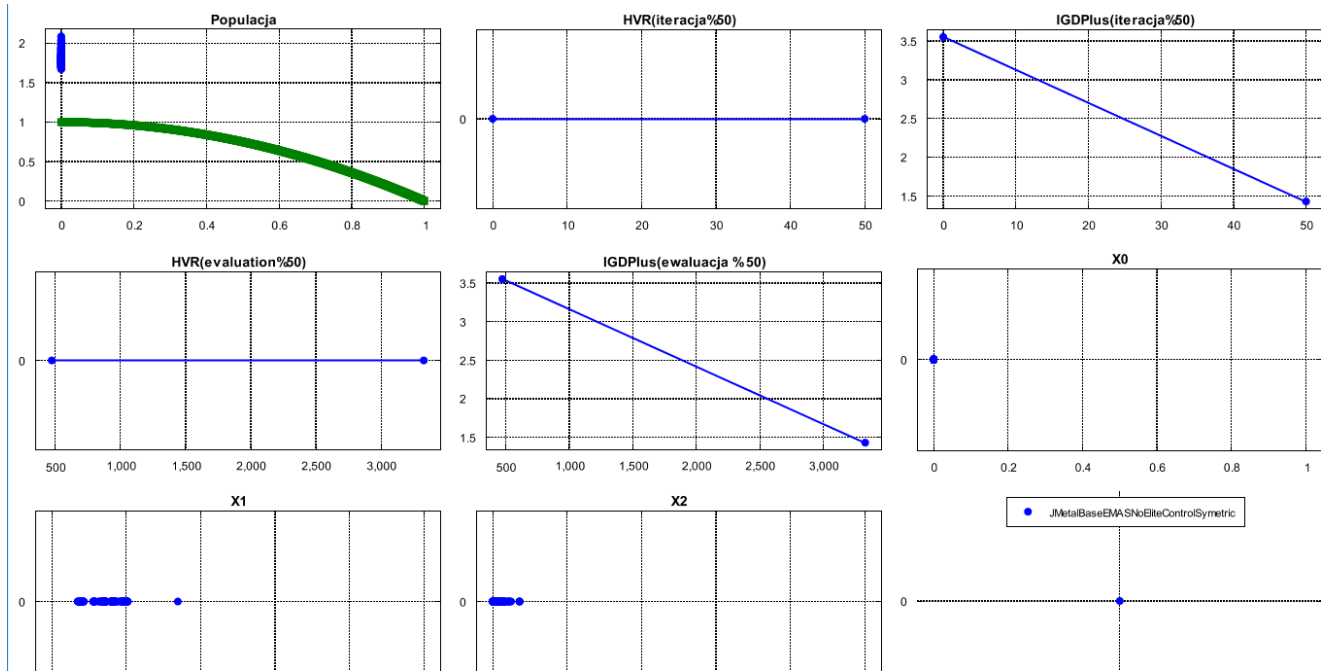


Figure 13: AreaUnderControlZDT2

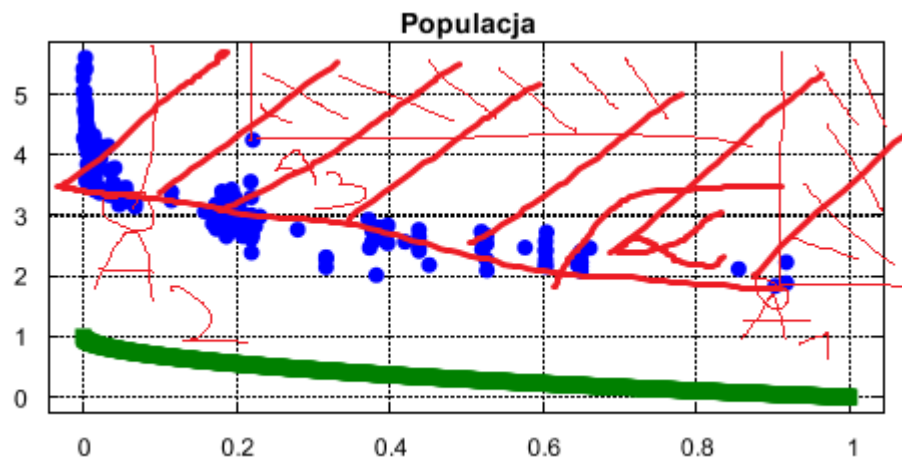


Figure 14: AreaAngleIdea1

3.5.2 Extended Angle Dominance

3.5.2.1 Przegląd literatury wraz z analiza i omowieniem

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-662-46578-3_79.pdf

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-46578-3.pdf> (strona 673 i dalsze)

<https://books.google.pl/books?id=1SlBDgAAQBAJ&pg=PA95&lpg=PA95&dq=zdt2+problem+property&source=bl&ots=ONiv>
(strona 92 i dalsze)

3.5.2.2 Koncepcja realizacji

3.5.2.3 Analiza działania na poziomie koncepcyjnym

3.5.2.4 Analiza działania na poziomie realizacyjnym

3.5.2.5 Weryfikacja empiryczna

3.5.3 α -dominance

3.5.3.1 Przegląd literatury wraz z analiza i omowieniem

3.5.3.2 Koncepcja realizacji

3.5.3.3 Analiza działania na poziomie koncepcyjnym

3.5.3.4 Analiza działania na poziomie realizacyjnym

3.5.3.5 Weryfikacja empiryczna

3.5.4 ϵ -dominance

3.5.4.1 Przegląd literatury wraz z analiza i omowieniem

3.5.4.2 Koncepcja realizacji

3.5.4.3 Analiza działania na poziomie koncepcyjnym

3.5.4.4 Analiza działania na poziomie realizacyjnym

3.5.4.5 Weryfikacja empiryczna

3.5.5 L-dominance

3.5.5.1 Przegląd literatury wraz z analiza i omowieniem

3.5.5.2 Koncepcja realizacji

3.5.5.3 Analiza działania na poziomie koncepcyjnym

3.5.5.4 Analiza działania na poziomie realizacyjnym

3.5.5.5 Weryfikacja empiryczna