

Projekt_statystyka

Natalia Bratek

2024-01-26

Porównywane algorytmy: - Algorytm genetyczny - Poszukiwanie przypadkowe

Przeszukiwane funkcje: - funkcja Ackleya - funkcja Rastringa

```
library(smoof)
```

```
## Ładowanie wymaganego pakietu: ParamHelpers
```

```
## Ładowanie wymaganego pakietu: checkmate
```

```
library(tidyverse)
```

```
## -- Attaching core tidyverse packages ----- tidyverse 2.0.0 --
## v dplyr      1.1.4      v readr      2.1.5
## v forcats    1.0.0      v stringr   1.5.1
## v ggplot2    3.4.4      v tibble    3.2.1
## v lubridate  1.9.3      v tidyr     1.3.0
## v purrr      1.0.2
```

```
## -- Conflicts ----- tidyverse_conflicts() --
## x dplyr::filter() masks stats::filter()
## x dplyr::lag()     masks stats::lag()
## i Use the conflicted package (<http://conflicted.r-lib.org/>) to force all conflicts to become errors
```

```
library(foreach)
```

```
##
## Dołączanie pakietu: 'foreach'
##
## Następujące obiekty zostały zakryte z 'package:purrr':
##
##      accumulate, when
```

```
library(doParallel)
```

```
## Ładowanie wymaganego pakietu: iterators
## Ładowanie wymaganego pakietu: parallel
```

```
library(ecr)
```

```
## Ładowanie wymaganego pakietu: BBmisc
##
## Dołączanie pakietu: 'BBmisc'
##
## Następujące obiekty zostały zakryte z 'package:dplyr':
##
##   coalesce, collapse, symdiff
##
## Następujący obiekt został zakryty z 'package:base':
##
##   isFALSE
##
## Dołączanie pakietu: 'ecr'
##
## Następujące obiekty zostały zakryte z 'package:BBmisc':
##
##   explode, normalize
##
## Następujący obiekt został zakryty z 'package:dplyr':
##
##   mutate
##
## Następujący obiekt został zakryty z 'package:utils':
##
##   toLatex
```

Algorytm genetyczny GA

Użyto implementacji z pakietu ecr dostępnego w CRAN. Wynikiem jest najmniejsza znaleziona wartość funkcji.

```
GA <- function(l_wymiarow=2,funkcja="Ackley",l_wywolan=1000) {

  fn <- if (funkcja=="Ackley") {
    makeAckleyFunction(l_wymiarow)
  } else {makeRastriginFunction(l_wymiarow)}

  MU = 30L
  LAMBDA = 5L
  MAX.ITER = l_wywolan
  lower = getLowerBoxConstraints(fn)
  upper = getUpperBoxConstraints(fn)

  ecr(fitness.fun = fn, representation = "float",
      n.dim = getNumberOfParameters(fn), survival.strategy = "plus", minimize = TRUE,
      lower = lower, upper = upper,
      mu = MU, lambda = LAMBDA,
      mutator = setup(mutGauss, sdev = 2, lower = lower, upper = upper),
```

```

        terminators = list(stopOnIters(MAX.ITER))) $best.y
    }
GA()

```

```
## [1] 0.03897637
```

Poszukiwanie przypadkowe PRS

Algorytm przyjmuje liczbę wymiarów, funkcję, dla której przeprowadza porównanie oraz liczbę wywołań. Zwraca minimalną wartość.

```

PRS <- function(l_wymiarow=2,funkcja="Ackley",liczba_wywoLAN=1000) {

  fn <- if (funkcja=="Ackley") {
    makeAckleyFunction(l_wymiarow)
  } else {makeRastriginFunction(l_wymiarow)}

  lower = getLowerBoxConstraints(fn)
  upper = getUpperBoxConstraints(fn)

  x <- rerun(liczba_wywoLAN,fn(runif(l_wymiarow,lower,upper)))

  return(min(lapply(x,['',1) %>% unlist))

}

```

Wyniki

Funkcje run_PRS, run_GA są przeznaczone do 50-krotnego uruchomienia funkcji PRS i GA.

```

run_PRS <- function(wymiar,nazwa_funkcji) {
  rerun(50,PRS(wymiar,nazwa_funkcji)) %>%
  unlist() %>%
  as.data.frame() %>%
  mutate(algorytm="PRS")
}

run_GA <- function(wymiar,nazwa_funkcji) {
  rerun(50,GA(wymiar,nazwa_funkcji)) %>%
  unlist() %>%
  as.data.frame() %>%
  mutate(algorytm="GA")
}

```

```

grid <- expand.grid(wymiar <- c(2, 10, 20)
                  ,nazwa_funkcji <- c("Ackley","Rastrigin")
                  )

myCluster = makeCluster(4)

```

```
registerDoParallel(myCluster)
clusterCall(myCluster, function() library(tidyverse))
```

```
## [[1]]
## [1] "lubridate" "forcats" "stringr" "dplyr" "purrr" "readr"
## [7] "tidyr" "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [13] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[2]]
## [1] "lubridate" "forcats" "stringr" "dplyr" "purrr" "readr"
## [7] "tidyr" "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [13] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[3]]
## [1] "lubridate" "forcats" "stringr" "dplyr" "purrr" "readr"
## [7] "tidyr" "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [13] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[4]]
## [1] "lubridate" "forcats" "stringr" "dplyr" "purrr" "readr"
## [7] "tidyr" "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [13] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
```

```
clusterCall(myCluster, function() library(smoof))
```

```
## [[1]]
## [1] "smoof" "checkmate" "ParamHelpers" "lubridate" "forcats"
## [6] "stringr" "dplyr" "purrr" "readr" "tidyr"
## [11] "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [16] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[2]]
## [1] "smoof" "checkmate" "ParamHelpers" "lubridate" "forcats"
## [6] "stringr" "dplyr" "purrr" "readr" "tidyr"
## [11] "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [16] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[3]]
## [1] "smoof" "checkmate" "ParamHelpers" "lubridate" "forcats"
## [6] "stringr" "dplyr" "purrr" "readr" "tidyr"
## [11] "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [16] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
##
## [[4]]
## [1] "smoof" "checkmate" "ParamHelpers" "lubridate" "forcats"
## [6] "stringr" "dplyr" "purrr" "readr" "tidyr"
## [11] "tibble" "ggplot2" "tidyverse" "stats" "graphics"
## [16] "grDevices" "utils" "datasets" "methods" "base"
```

```
clusterCall(myCluster, function() library(ecl))
```

```
## [[1]]
```

```
## [1] "ecr"          "BBmisc"      "smoof"       "checkmate"   "ParamHelpers"
## [6] "lubridate"    "forcats"     "stringr"     "dplyr"       "purrr"
## [11] "readr"        "tidyr"       "tibble"      "ggplot2"     "tidyverse"
## [16] "stats"        "graphics"    "grDevices"   "utils"       "datasets"
## [21] "methods"     "base"
##
## [[2]]
## [1] "ecr"          "BBmisc"      "smoof"       "checkmate"   "ParamHelpers"
## [6] "lubridate"    "forcats"     "stringr"     "dplyr"       "purrr"
## [11] "readr"        "tidyr"       "tibble"      "ggplot2"     "tidyverse"
## [16] "stats"        "graphics"    "grDevices"   "utils"       "datasets"
## [21] "methods"     "base"
##
## [[3]]
## [1] "ecr"          "BBmisc"      "smoof"       "checkmate"   "ParamHelpers"
## [6] "lubridate"    "forcats"     "stringr"     "dplyr"       "purrr"
## [11] "readr"        "tidyr"       "tibble"      "ggplot2"     "tidyverse"
## [16] "stats"        "graphics"    "grDevices"   "utils"       "datasets"
## [21] "methods"     "base"
##
## [[4]]
## [1] "ecr"          "BBmisc"      "smoof"       "checkmate"   "ParamHelpers"
## [6] "lubridate"    "forcats"     "stringr"     "dplyr"       "purrr"
## [11] "readr"        "tidyr"       "tibble"      "ggplot2"     "tidyverse"
## [16] "stats"        "graphics"    "grDevices"   "utils"       "datasets"
## [21] "methods"     "base"
```

```
clusterExport(myCluster,varlist = c("GA"
                                     , "PRS"
                                     , "run_PRS"
                                     , "run_GA"
                                     ))
```

```
wynik_GA <- plyr::mdply(.data=unname(grid)
                      ,.fun=run_GA
                      ,.parallel = TRUE
)
```

```
wynik_PRS <- plyr::mdply(.data=unname(grid)
                       ,.fun=run_PRS
                       ,.parallel = TRUE
)
```

```
stopCluster(myCluster)
gc()
```

```
##          used (Mb) gc trigger   (Mb) max used   (Mb)
## Ncells 1111726 59.4   2134682 114.1   2134682 114.1
## Vcells 1932716 14.8    8388608  64.0   3336713  25.5
```

```
wynik_razem <-
  bind_rows(wynik_GA,wynik_PRS) %>%
  `colnames<-`(c("liczba_wymiarow", "funkcja", "wartosc","algorytm"))
```

Tabela wynik_GA przedstawia wynik funkcji celu dla algorytmu genetycznego na dwóch różnych funkcjach testowych - Ackley i Rastrigin w różnych rozmiarach przestrzeni (2, 10, 20).

Tabela wynik_PRS przedstawia wynik funkcji celu dla przeszukiwania przypadkowego na dwóch różnych funkcjach testowych - Ackley i Rastrigin w różnych rozmiarach przestrzeni (2, 10, 20).

Tabela wynik_razem przedstawia dane z tabeli wynik_PRS oraz z tabeli wynik_GA. Tabela będzie wykorzystywana do wykonania wykresów oraz do analizy wyników.

```
knitr::kable(wynik_razem, caption = "Porównanie algorytmów optymalizacyjnych")
```

Table 1: Porównanie algorytmów optymalizacyjnych

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
2	Ackley	0.2384150	GA
2	Ackley	0.1586681	GA
2	Ackley	0.1031365	GA
2	Ackley	0.0035601	GA
2	Ackley	0.3812398	GA
2	Ackley	0.0704822	GA
2	Ackley	0.0102532	GA
2	Ackley	0.0205025	GA
2	Ackley	0.0211681	GA
2	Ackley	0.0001087	GA
2	Ackley	0.0422807	GA
2	Ackley	0.0298498	GA
2	Ackley	0.1124984	GA
2	Ackley	0.0941390	GA
2	Ackley	0.0105832	GA
2	Ackley	0.1527645	GA
2	Ackley	0.2672849	GA
2	Ackley	0.0575852	GA
2	Ackley	0.0643051	GA
2	Ackley	0.1766750	GA
2	Ackley	0.0621196	GA
2	Ackley	0.0780853	GA
2	Ackley	0.3549619	GA
2	Ackley	0.0312192	GA
2	Ackley	0.0990362	GA
2	Ackley	0.0213544	GA
2	Ackley	0.1760497	GA
2	Ackley	0.1647643	GA
2	Ackley	0.0511645	GA
2	Ackley	0.4276608	GA
2	Ackley	0.0004831	GA
2	Ackley	0.0409339	GA
2	Ackley	0.0003058	GA
2	Ackley	0.0189939	GA
2	Ackley	0.0045221	GA
2	Ackley	0.0878104	GA
2	Ackley	0.0506347	GA

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
2	Ackley	0.0571489	GA
2	Ackley	0.1606551	GA
2	Ackley	0.1743236	GA
2	Ackley	0.1040209	GA
2	Ackley	0.0449632	GA
2	Ackley	0.1596156	GA
2	Ackley	0.0217336	GA
2	Ackley	0.2135017	GA
2	Ackley	0.0308146	GA
2	Ackley	0.0530188	GA
2	Ackley	0.0447225	GA
2	Ackley	0.1119813	GA
2	Ackley	0.0447449	GA
10	Ackley	3.3857605	GA
10	Ackley	4.3823299	GA
10	Ackley	3.5326536	GA
10	Ackley	3.5135182	GA
10	Ackley	4.1675008	GA
10	Ackley	4.1701340	GA
10	Ackley	4.9324232	GA
10	Ackley	3.9173179	GA
10	Ackley	4.2626278	GA
10	Ackley	4.8783884	GA
10	Ackley	4.0365972	GA
10	Ackley	4.5723629	GA
10	Ackley	4.2429502	GA
10	Ackley	4.5481039	GA
10	Ackley	4.2741557	GA
10	Ackley	4.1656149	GA
10	Ackley	4.4216741	GA
10	Ackley	4.4404115	GA
10	Ackley	4.4708845	GA
10	Ackley	3.5882337	GA
10	Ackley	4.3564746	GA
10	Ackley	3.9040342	GA
10	Ackley	3.6427545	GA
10	Ackley	3.9029609	GA
10	Ackley	3.8322898	GA
10	Ackley	3.0128649	GA
10	Ackley	3.0786543	GA
10	Ackley	3.0159886	GA
10	Ackley	4.4155371	GA
10	Ackley	4.9641782	GA
10	Ackley	4.6506587	GA
10	Ackley	3.6781265	GA
10	Ackley	4.1339548	GA
10	Ackley	4.0797665	GA
10	Ackley	3.7425589	GA
10	Ackley	3.6108588	GA
10	Ackley	3.7915021	GA
10	Ackley	5.0922724	GA
10	Ackley	4.2122749	GA

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
10	Ackley	4.3613382	GA
10	Ackley	4.5817005	GA
10	Ackley	4.0648785	GA
10	Ackley	3.8468992	GA
10	Ackley	4.7526653	GA
10	Ackley	4.1556621	GA
10	Ackley	3.5597506	GA
10	Ackley	4.4612306	GA
10	Ackley	4.0521092	GA
10	Ackley	4.6392609	GA
10	Ackley	4.6826254	GA
20	Ackley	6.4234506	GA
20	Ackley	6.0888268	GA
20	Ackley	5.9966975	GA
20	Ackley	5.3789000	GA
20	Ackley	5.8226414	GA
20	Ackley	5.9789966	GA
20	Ackley	6.6141468	GA
20	Ackley	5.3344309	GA
20	Ackley	6.2347559	GA
20	Ackley	5.2289409	GA
20	Ackley	5.9961789	GA
20	Ackley	5.8005223	GA
20	Ackley	6.7962958	GA
20	Ackley	5.6901805	GA
20	Ackley	6.1586074	GA
20	Ackley	6.2968382	GA
20	Ackley	5.7863069	GA
20	Ackley	4.5372851	GA
20	Ackley	5.5229314	GA
20	Ackley	6.8655229	GA
20	Ackley	6.2997793	GA
20	Ackley	5.0952568	GA
20	Ackley	6.5368901	GA
20	Ackley	5.8138942	GA
20	Ackley	6.2709908	GA
20	Ackley	6.1327267	GA
20	Ackley	4.5040198	GA
20	Ackley	6.6936571	GA
20	Ackley	6.1899418	GA
20	Ackley	5.6437111	GA
20	Ackley	5.4627314	GA
20	Ackley	6.0094303	GA
20	Ackley	6.4766474	GA
20	Ackley	6.1690667	GA
20	Ackley	5.6607571	GA
20	Ackley	5.5654598	GA
20	Ackley	5.3355362	GA
20	Ackley	5.3636781	GA
20	Ackley	5.5795994	GA
20	Ackley	5.5050575	GA
20	Ackley	5.3289640	GA

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
20	Ackley	6.4452652	GA
20	Ackley	5.5015007	GA
20	Ackley	6.5125905	GA
20	Ackley	6.1061462	GA
20	Ackley	5.2957061	GA
20	Ackley	6.1254331	GA
20	Ackley	5.6846487	GA
20	Ackley	6.5393389	GA
20	Ackley	5.0933034	GA
2	Rastrigin	0.1129709	GA
2	Rastrigin	0.3203052	GA
2	Rastrigin	1.2519401	GA
2	Rastrigin	1.0528337	GA
2	Rastrigin	0.1903726	GA
2	Rastrigin	0.2334771	GA
2	Rastrigin	0.4497260	GA
2	Rastrigin	0.0042342	GA
2	Rastrigin	1.1156814	GA
2	Rastrigin	1.2934181	GA
2	Rastrigin	1.2682045	GA
2	Rastrigin	0.3646634	GA
2	Rastrigin	1.0651102	GA
2	Rastrigin	0.0042922	GA
2	Rastrigin	0.3016564	GA
2	Rastrigin	0.3072955	GA
2	Rastrigin	0.7530860	GA
2	Rastrigin	0.2171566	GA
2	Rastrigin	0.0009283	GA
2	Rastrigin	0.2715436	GA
2	Rastrigin	1.0793939	GA
2	Rastrigin	1.0369350	GA
2	Rastrigin	0.2173825	GA
2	Rastrigin	1.3312490	GA
2	Rastrigin	1.1158277	GA
2	Rastrigin	0.1617473	GA
2	Rastrigin	0.2038255	GA
2	Rastrigin	1.5191002	GA
2	Rastrigin	0.6611055	GA
2	Rastrigin	0.2934268	GA
2	Rastrigin	0.4714339	GA
2	Rastrigin	0.8250018	GA
2	Rastrigin	1.1771333	GA
2	Rastrigin	0.0660417	GA
2	Rastrigin	0.0020009	GA
2	Rastrigin	0.0711803	GA
2	Rastrigin	0.9966178	GA
2	Rastrigin	1.1252356	GA
2	Rastrigin	1.0657888	GA
2	Rastrigin	0.6096674	GA
2	Rastrigin	0.0879403	GA
2	Rastrigin	0.3587130	GA
2	Rastrigin	0.1004125	GA

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
2	Rastrigin	0.2372586	GA
2	Rastrigin	0.1297780	GA
2	Rastrigin	0.5159641	GA
2	Rastrigin	0.4107214	GA
2	Rastrigin	0.0003682	GA
2	Rastrigin	0.4804053	GA
2	Rastrigin	1.1186763	GA
10	Rastrigin	56.9795550	GA
10	Rastrigin	70.8391636	GA
10	Rastrigin	60.2657368	GA
10	Rastrigin	68.5842544	GA
10	Rastrigin	68.6273538	GA
10	Rastrigin	59.2210006	GA
10	Rastrigin	56.4805307	GA
10	Rastrigin	50.6052845	GA
10	Rastrigin	60.7054978	GA
10	Rastrigin	68.3156757	GA
10	Rastrigin	54.4209214	GA
10	Rastrigin	55.5922589	GA
10	Rastrigin	62.5047083	GA
10	Rastrigin	59.1790421	GA
10	Rastrigin	41.2232270	GA
10	Rastrigin	54.4100866	GA
10	Rastrigin	56.9036984	GA
10	Rastrigin	53.4942974	GA
10	Rastrigin	63.0401778	GA
10	Rastrigin	56.9186765	GA
10	Rastrigin	64.7847766	GA
10	Rastrigin	55.9735034	GA
10	Rastrigin	56.4435205	GA
10	Rastrigin	60.3722272	GA
10	Rastrigin	64.5128076	GA
10	Rastrigin	52.3586877	GA
10	Rastrigin	60.9677038	GA
10	Rastrigin	53.0884369	GA
10	Rastrigin	68.9652402	GA
10	Rastrigin	73.6591800	GA
10	Rastrigin	59.1605357	GA
10	Rastrigin	67.6782642	GA
10	Rastrigin	65.9658460	GA
10	Rastrigin	65.9370450	GA
10	Rastrigin	53.4027979	GA
10	Rastrigin	45.4706983	GA
10	Rastrigin	65.8759481	GA
10	Rastrigin	77.6983282	GA
10	Rastrigin	64.0747267	GA
10	Rastrigin	72.4445770	GA
10	Rastrigin	66.6754326	GA
10	Rastrigin	58.1415810	GA
10	Rastrigin	61.4700980	GA
10	Rastrigin	77.0015070	GA
10	Rastrigin	51.1422334	GA

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
10	Rastrigin	58.0126492	GA
10	Rastrigin	57.6940810	GA
10	Rastrigin	64.3411256	GA
10	Rastrigin	60.4784348	GA
10	Rastrigin	60.6342834	GA
20	Rastrigin	141.5354861	GA
20	Rastrigin	177.7851697	GA
20	Rastrigin	143.8037213	GA
20	Rastrigin	152.5033514	GA
20	Rastrigin	119.1263459	GA
20	Rastrigin	182.3281934	GA
20	Rastrigin	166.3474941	GA
20	Rastrigin	170.7024362	GA
20	Rastrigin	145.9805735	GA
20	Rastrigin	145.8873401	GA
20	Rastrigin	184.8127244	GA
20	Rastrigin	149.9077621	GA
20	Rastrigin	175.8959847	GA
20	Rastrigin	146.1167175	GA
20	Rastrigin	157.9699288	GA
20	Rastrigin	182.1637342	GA
20	Rastrigin	147.6691145	GA
20	Rastrigin	162.9728467	GA
20	Rastrigin	129.6088852	GA
20	Rastrigin	184.4153885	GA
20	Rastrigin	169.7754088	GA
20	Rastrigin	181.6606075	GA
20	Rastrigin	164.9961388	GA
20	Rastrigin	161.6899940	GA
20	Rastrigin	129.1115145	GA
20	Rastrigin	163.2637418	GA
20	Rastrigin	168.4612823	GA
20	Rastrigin	168.6769977	GA
20	Rastrigin	164.9502273	GA
20	Rastrigin	159.4670920	GA
20	Rastrigin	155.5067564	GA
20	Rastrigin	141.9731079	GA
20	Rastrigin	186.9057838	GA
20	Rastrigin	142.1584719	GA
20	Rastrigin	148.1564501	GA
20	Rastrigin	113.1750184	GA
20	Rastrigin	140.0592621	GA
20	Rastrigin	111.9800947	GA
20	Rastrigin	164.5133463	GA
20	Rastrigin	196.2257394	GA
20	Rastrigin	138.9328105	GA
20	Rastrigin	195.8210807	GA
20	Rastrigin	131.1834589	GA
20	Rastrigin	113.5602793	GA
20	Rastrigin	178.3546119	GA
20	Rastrigin	143.9203094	GA
20	Rastrigin	187.4297340	GA

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
20	Rastrigin	172.8536491	GA
20	Rastrigin	162.2166390	GA
20	Rastrigin	130.6282400	GA
2	Ackley	2.4228216	PRS
2	Ackley	5.6447620	PRS
2	Ackley	1.9784973	PRS
2	Ackley	3.1298199	PRS
2	Ackley	1.9681828	PRS
2	Ackley	4.1059714	PRS
2	Ackley	4.4999755	PRS
2	Ackley	5.0823432	PRS
2	Ackley	6.3558572	PRS
2	Ackley	3.8401445	PRS
2	Ackley	0.8476953	PRS
2	Ackley	2.5836576	PRS
2	Ackley	4.5350465	PRS
2	Ackley	2.5963709	PRS
2	Ackley	3.7949320	PRS
2	Ackley	3.7758694	PRS
2	Ackley	6.4652457	PRS
2	Ackley	3.3120765	PRS
2	Ackley	3.8232259	PRS
2	Ackley	6.8091445	PRS
2	Ackley	3.4407900	PRS
2	Ackley	3.7837175	PRS
2	Ackley	6.0777545	PRS
2	Ackley	3.5177301	PRS
2	Ackley	3.3678013	PRS
2	Ackley	1.5546047	PRS
2	Ackley	3.2226403	PRS
2	Ackley	4.2857568	PRS
2	Ackley	6.6249708	PRS
2	Ackley	4.0105528	PRS
2	Ackley	3.7857002	PRS
2	Ackley	3.7573963	PRS
2	Ackley	5.4220534	PRS
2	Ackley	5.4933977	PRS
2	Ackley	3.3740044	PRS
2	Ackley	5.4648328	PRS
2	Ackley	5.7932235	PRS
2	Ackley	4.9999540	PRS
2	Ackley	6.7614446	PRS
2	Ackley	3.9983302	PRS
2	Ackley	3.0677719	PRS
2	Ackley	2.2924157	PRS
2	Ackley	3.6154764	PRS
2	Ackley	0.2748696	PRS
2	Ackley	5.1233051	PRS
2	Ackley	6.0765316	PRS
2	Ackley	3.9757455	PRS
2	Ackley	5.5030743	PRS
2	Ackley	6.3791588	PRS

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
2	Ackley	3.5699659	PRS
10	Ackley	19.0454928	PRS
10	Ackley	18.9979604	PRS
10	Ackley	18.4829591	PRS
10	Ackley	16.6053525	PRS
10	Ackley	18.5923410	PRS
10	Ackley	17.9544116	PRS
10	Ackley	17.7036021	PRS
10	Ackley	17.7659854	PRS
10	Ackley	18.1823641	PRS
10	Ackley	16.0987508	PRS
10	Ackley	18.8418608	PRS
10	Ackley	18.6124299	PRS
10	Ackley	18.6769488	PRS
10	Ackley	17.1675197	PRS
10	Ackley	18.4003303	PRS
10	Ackley	18.7655459	PRS
10	Ackley	18.6360856	PRS
10	Ackley	18.1806722	PRS
10	Ackley	18.1153397	PRS
10	Ackley	19.1951316	PRS
10	Ackley	19.3035675	PRS
10	Ackley	19.0766616	PRS
10	Ackley	18.9515401	PRS
10	Ackley	18.8171842	PRS
10	Ackley	18.5998457	PRS
10	Ackley	18.8343031	PRS
10	Ackley	18.3494615	PRS
10	Ackley	18.9777593	PRS
10	Ackley	17.8944503	PRS
10	Ackley	18.9904888	PRS
10	Ackley	18.7831608	PRS
10	Ackley	18.7422470	PRS
10	Ackley	19.4995262	PRS
10	Ackley	18.0305857	PRS
10	Ackley	17.8523591	PRS
10	Ackley	18.0367147	PRS
10	Ackley	18.9948297	PRS
10	Ackley	17.8534505	PRS
10	Ackley	17.6688828	PRS
10	Ackley	17.3965581	PRS
10	Ackley	18.3794749	PRS
10	Ackley	18.2099455	PRS
10	Ackley	17.5005873	PRS
10	Ackley	18.6912896	PRS
10	Ackley	18.5163804	PRS
10	Ackley	18.4671833	PRS
10	Ackley	18.1901245	PRS
10	Ackley	18.3069552	PRS
10	Ackley	17.9427524	PRS
10	Ackley	18.8422675	PRS
20	Ackley	19.6586386	PRS

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
20	Ackley	19.4640930	PRS
20	Ackley	19.4105477	PRS
20	Ackley	19.4420753	PRS
20	Ackley	19.8856111	PRS
20	Ackley	19.4092401	PRS
20	Ackley	19.6537895	PRS
20	Ackley	20.2533287	PRS
20	Ackley	20.0804207	PRS
20	Ackley	19.3258994	PRS
20	Ackley	20.1063456	PRS
20	Ackley	19.2577525	PRS
20	Ackley	19.9405098	PRS
20	Ackley	19.2585535	PRS
20	Ackley	19.6933026	PRS
20	Ackley	20.0294229	PRS
20	Ackley	19.9176535	PRS
20	Ackley	19.4426193	PRS
20	Ackley	19.1129856	PRS
20	Ackley	20.1869090	PRS
20	Ackley	19.9813489	PRS
20	Ackley	19.4332152	PRS
20	Ackley	20.1145103	PRS
20	Ackley	19.8508407	PRS
20	Ackley	20.0259715	PRS
20	Ackley	19.7566804	PRS
20	Ackley	20.1430692	PRS
20	Ackley	19.9559814	PRS
20	Ackley	19.7209218	PRS
20	Ackley	19.9945259	PRS
20	Ackley	19.8722583	PRS
20	Ackley	20.0813391	PRS
20	Ackley	19.7468197	PRS
20	Ackley	19.4512125	PRS
20	Ackley	20.0047299	PRS
20	Ackley	20.1229521	PRS
20	Ackley	20.0189695	PRS
20	Ackley	19.3120402	PRS
20	Ackley	20.3603237	PRS
20	Ackley	19.8263147	PRS
20	Ackley	20.0155281	PRS
20	Ackley	20.1442337	PRS
20	Ackley	19.9899857	PRS
20	Ackley	20.2413604	PRS
20	Ackley	19.7656288	PRS
20	Ackley	19.5822707	PRS
20	Ackley	19.3095435	PRS
20	Ackley	19.7135173	PRS
20	Ackley	19.5157324	PRS
20	Ackley	20.2059101	PRS
2	Rastrigin	2.2297146	PRS
2	Rastrigin	1.3092633	PRS
2	Rastrigin	2.4231816	PRS

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
2	Rastrigin	2.3432728	PRS
2	Rastrigin	2.3057355	PRS
2	Rastrigin	2.0632943	PRS
2	Rastrigin	0.9950692	PRS
2	Rastrigin	2.4476866	PRS
2	Rastrigin	1.9211884	PRS
2	Rastrigin	1.4026976	PRS
2	Rastrigin	2.0998140	PRS
2	Rastrigin	2.0998978	PRS
2	Rastrigin	2.0325368	PRS
2	Rastrigin	1.6924284	PRS
2	Rastrigin	1.1518868	PRS
2	Rastrigin	3.0681031	PRS
2	Rastrigin	1.0894037	PRS
2	Rastrigin	1.8415106	PRS
2	Rastrigin	4.3311461	PRS
2	Rastrigin	1.0659823	PRS
2	Rastrigin	2.3468417	PRS
2	Rastrigin	1.1663422	PRS
2	Rastrigin	1.5125081	PRS
2	Rastrigin	0.9269093	PRS
2	Rastrigin	3.5715746	PRS
2	Rastrigin	2.2932587	PRS
2	Rastrigin	2.2353279	PRS
2	Rastrigin	2.3339259	PRS
2	Rastrigin	2.2970042	PRS
2	Rastrigin	3.5518727	PRS
2	Rastrigin	0.9335714	PRS
2	Rastrigin	1.9713895	PRS
2	Rastrigin	0.2300956	PRS
2	Rastrigin	2.3716586	PRS
2	Rastrigin	1.9312198	PRS
2	Rastrigin	2.5499240	PRS
2	Rastrigin	0.1648196	PRS
2	Rastrigin	1.2448692	PRS
2	Rastrigin	0.8809516	PRS
2	Rastrigin	1.3792446	PRS
2	Rastrigin	0.7946913	PRS
2	Rastrigin	0.4623395	PRS
2	Rastrigin	2.3982731	PRS
2	Rastrigin	2.0190299	PRS
2	Rastrigin	2.5415676	PRS
2	Rastrigin	1.8216768	PRS
2	Rastrigin	1.4116699	PRS
2	Rastrigin	1.1983440	PRS
2	Rastrigin	2.9785795	PRS
2	Rastrigin	2.0713017	PRS
10	Rastrigin	99.7332846	PRS
10	Rastrigin	82.8584725	PRS
10	Rastrigin	100.3706782	PRS
10	Rastrigin	82.2743313	PRS
10	Rastrigin	82.8483582	PRS

liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
10	Rastrigin	91.4287497	PRS
10	Rastrigin	85.9557493	PRS
10	Rastrigin	84.3291595	PRS
10	Rastrigin	92.5032809	PRS
10	Rastrigin	84.0768118	PRS
10	Rastrigin	102.0883314	PRS
10	Rastrigin	89.8974577	PRS
10	Rastrigin	83.1402320	PRS
10	Rastrigin	91.3947846	PRS
10	Rastrigin	90.0552801	PRS
10	Rastrigin	79.1505470	PRS
10	Rastrigin	81.7020726	PRS
10	Rastrigin	90.3875140	PRS
10	Rastrigin	102.3503759	PRS
10	Rastrigin	74.5839094	PRS
10	Rastrigin	89.8263814	PRS
10	Rastrigin	81.1953209	PRS
10	Rastrigin	98.8387573	PRS
10	Rastrigin	81.8187440	PRS
10	Rastrigin	80.0790165	PRS
10	Rastrigin	66.5989935	PRS
10	Rastrigin	99.1850184	PRS
10	Rastrigin	79.2698353	PRS
10	Rastrigin	88.6715223	PRS
10	Rastrigin	87.5934577	PRS
10	Rastrigin	85.4512134	PRS
10	Rastrigin	74.2217489	PRS
10	Rastrigin	101.6691054	PRS
10	Rastrigin	90.7824462	PRS
10	Rastrigin	88.7809605	PRS
10	Rastrigin	90.6012348	PRS
10	Rastrigin	95.7606191	PRS
10	Rastrigin	88.5086442	PRS
10	Rastrigin	102.9257616	PRS
10	Rastrigin	95.9178554	PRS
10	Rastrigin	96.0295161	PRS
10	Rastrigin	59.2295305	PRS
10	Rastrigin	97.3959732	PRS
10	Rastrigin	89.3682299	PRS
10	Rastrigin	99.9532546	PRS
10	Rastrigin	91.7324452	PRS
10	Rastrigin	90.6429715	PRS
10	Rastrigin	78.1551910	PRS
10	Rastrigin	97.3045565	PRS
10	Rastrigin	92.9319327	PRS
20	Rastrigin	240.3265764	PRS
20	Rastrigin	234.7336120	PRS
20	Rastrigin	213.1311406	PRS
20	Rastrigin	242.5852490	PRS
20	Rastrigin	241.6977970	PRS
20	Rastrigin	213.1040469	PRS
20	Rastrigin	213.3060194	PRS

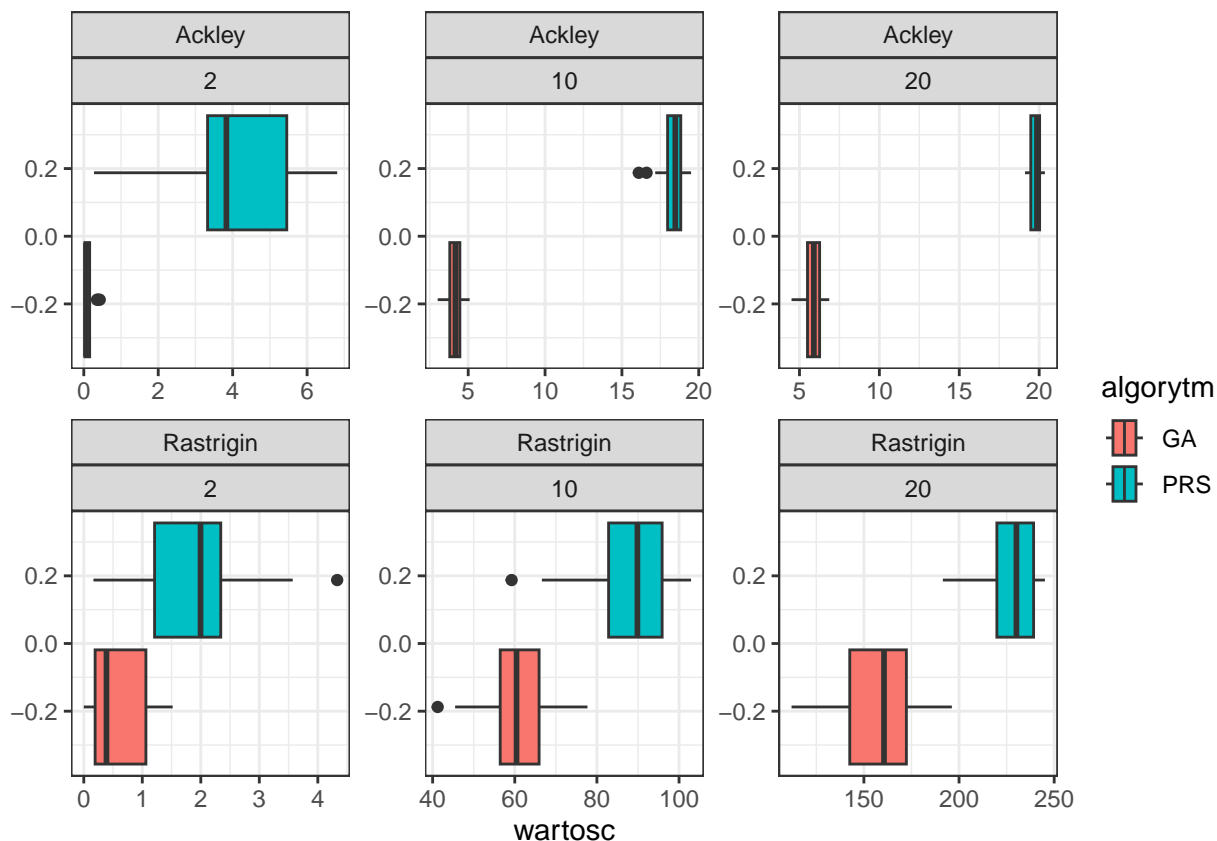
liczba_wymiarow	funkcja	wartosc	algorytm
20	Rastrigin	239.2300355	PRS
20	Rastrigin	239.0151826	PRS
20	Rastrigin	224.6773700	PRS
20	Rastrigin	215.8057817	PRS
20	Rastrigin	245.1288770	PRS
20	Rastrigin	238.6887980	PRS
20	Rastrigin	191.4855912	PRS
20	Rastrigin	240.1487930	PRS
20	Rastrigin	232.3242628	PRS
20	Rastrigin	225.0998342	PRS
20	Rastrigin	220.4482364	PRS
20	Rastrigin	230.8787592	PRS
20	Rastrigin	229.8582155	PRS
20	Rastrigin	236.7012077	PRS
20	Rastrigin	229.7958147	PRS
20	Rastrigin	238.9883852	PRS
20	Rastrigin	212.9383663	PRS
20	Rastrigin	223.6805083	PRS
20	Rastrigin	241.1429444	PRS
20	Rastrigin	230.0269917	PRS
20	Rastrigin	196.2027407	PRS
20	Rastrigin	226.5811315	PRS
20	Rastrigin	232.7197213	PRS
20	Rastrigin	215.6427231	PRS
20	Rastrigin	236.6893438	PRS
20	Rastrigin	231.2564834	PRS
20	Rastrigin	230.2866238	PRS
20	Rastrigin	225.5341743	PRS
20	Rastrigin	239.3095434	PRS
20	Rastrigin	242.0387726	PRS
20	Rastrigin	219.6296277	PRS
20	Rastrigin	230.5779094	PRS
20	Rastrigin	242.7196214	PRS
20	Rastrigin	241.8495468	PRS
20	Rastrigin	194.5844491	PRS
20	Rastrigin	239.6378534	PRS
20	Rastrigin	206.8443448	PRS
20	Rastrigin	224.9250641	PRS
20	Rastrigin	226.0204196	PRS
20	Rastrigin	221.2723277	PRS
20	Rastrigin	240.6873954	PRS
20	Rastrigin	219.6997794	PRS
20	Rastrigin	207.9188816	PRS

Boxplot

Wykresy pudełkowe prezentują rozkład wartości funkcji celu dla algorytmu PRS oraz algorytmu genetycznego w zależności od funkcji testowej oraz liczby wymiarów przestrzeni. Poniżej przedstawiono 6 wykresów pudełkowych.

```
wynik_razem %>%
  ggplot() +
```

```
geom_boxplot(aes(x=wartosc,group=algorytm,fill=algorytm)) +  
facet_wrap(funkcja~liczba_wymiarow,scales = "free") +  
theme_bw()
```



Wyniki są podzielone według trzech różnych wymiarów przestrzeni. Algorytm genetyczny dla 2 i 10 wymiarów dla funkcji Ackleya wykazuje lepsze wyniki z mniejszym zakresem wartości oraz z mniejszymi medianami. To wskazuje na większą koncentrację wokół lepszych rozwiązań. Przeszukiwanie przypadkowe ma szersze pudełko, co sugeruje na większą zmienność wyników.

Algorytm genetyczny dla 20 wymiarów dla funkcji Ackleya wydaje się być lepszy niż algorytm PRS, jednak wartości odstające są lekko wyższe niż w innych wymiarach.

Algorytm genetyczny dla 2 wymiarów dla funkcji Ackleya ma znacznie niższe wartości środkowe niż algorytm PRS, z mniejszym zakresem. To pokazuje lepszą wydajność. Dla 10 i 20 wymiarów można zaobserwować znaczący wzrost wartości funkcji celu dla obu algorytmów oraz że GA ma niższe mediany niż PRS.

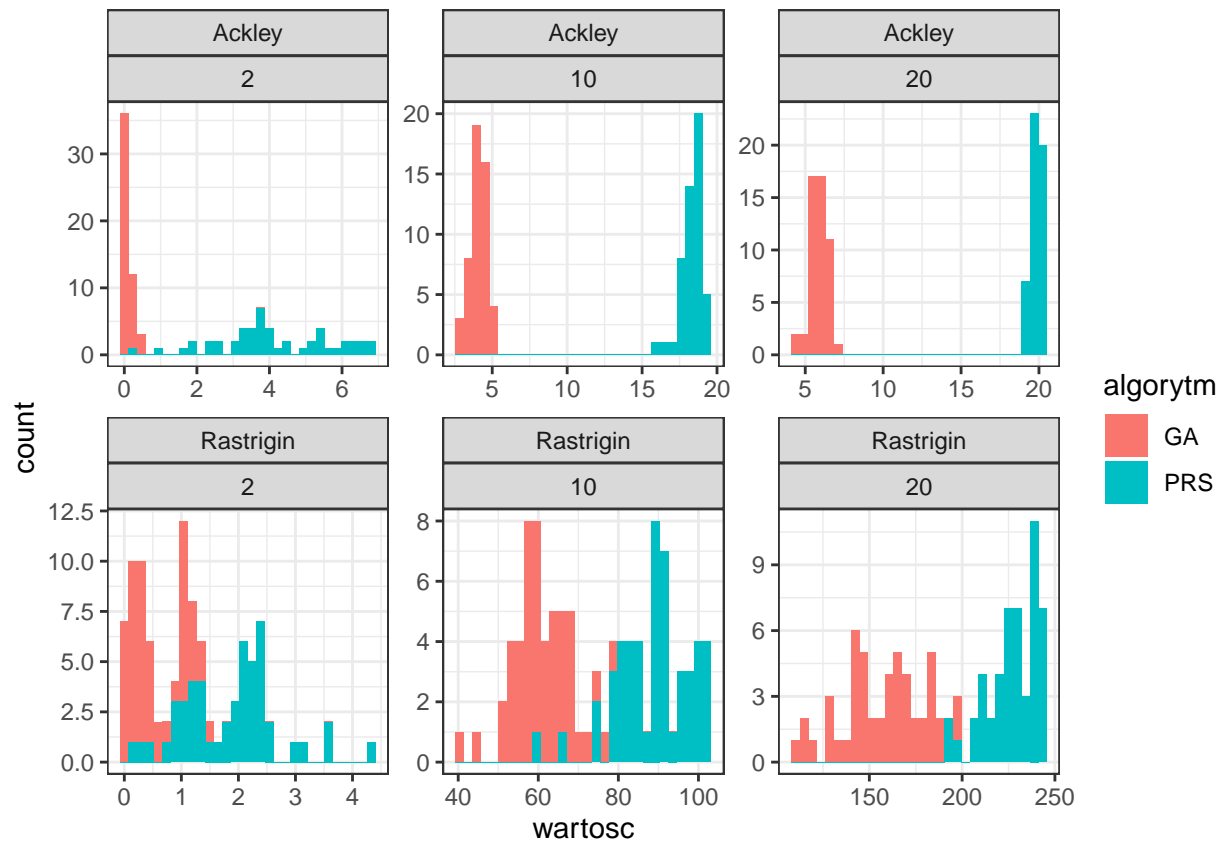
Algorytm genetyczny wydaje się być lepszy niż poszukiwanie przypadkowe w testownych funkcjach oraz we wszystkich wymiarach.

Histogram

Histogramy będą ilustrować rozkład wartości funkcji celu (wartosc) dla algorytmów. Poniżej przedstawiono sześć histogramów przedstawiających rozkład wartości funkcji celu dla dwóch algorytmów optymalizacyjnych.

```
wynik_razem %>%  
ggplot() +  
geom_histogram(aes(x=wartosc,group=algorytm,fill=algorytm)) +  
facet_wrap(funkcja~liczba_wymiarow,scales = "free") +  
theme_bw()
```

```
## 'stat_bin()' using 'bins = 30'. Pick better value with 'binwidth'.
```



Algorytm genetyczny dla funkcji Ackleya dla 2 wymiarów częściej znajdował niższe wyniki. Dla 10 i 20 wymiarów algorytm genetyczny dla funkcji Ackleya wyniki są skupione w niższym zakresie wartości niż wyniki algorytmu PRS.

Dla 2 wymiarów algorytm genetyczny i poszukiwanie przypadkowe dla funkcji Rastrigina mają podobne rozkłady, ale GA ma nieco wyższe wartości. Dla 10 wymiarów GA pokazuje większy zakres wartości z wyższymi wynikami co świadczy o problemach z optymalizacją. Dla 20 wymiarów dla PRS wyniki są bardziej skoncentrowane w określonym zakresie.

Funkcja Rastrigin wydaje się być trudniejsza do optymalizacji niż funkcja Ackley, co widać po wyższych wartościach funkcji celu na histogramach. Algorytm Genetyczny wydaje się zachowywać lepiej na funkcji Ackley.

Istotność statystyczna

```
options(scipen=100000)

porownanie_srednich <-
  wynik_razem %>%
  group_by(funkcja, algorytm, liczba_wymiarow) %>%
  summarise(sr_wartosc = mean(wartosc))
```

'summarise()' has grouped output by 'funkcja', 'algorytm'. You can override
using the '.groups' argument.

```
wyniki_p <-
wynik_razem %>%
  pivot_wider(names_from = algorytm, values_from = wartosc)

rm(ttest_wyniki)

ttest_wyniki <- vector("list", nrow(wyniki_p))

for (i in seq_along(ttest_wyniki)) {
  tst <- t.test(unlist(wyniki_p$GA[i]),
               unlist(wyniki_p$PRS[i]),
               paired = FALSE)

  ttest_wyniki[[i]] <- tst$p.value
}

wyniki_istotnosc_statystyczna <- cbind(wyniki_p, p_value = unlist(ttest_wyniki))
```

Tabela porównanie_srednich zawiera średnie wartości funkcji celu dla każdej funkcji testowej, algorytmu i liczby wymiarów.

Algorytm Genetyczny dla funkcji Ackleya wykazuje niskie średnie wartości funkcji celu w 2 i 10 wymiarach, co sugeruje efektywność algorytmu. Wartość wzrasta przy 20 wymiarach, co jest spodziewane wraz ze wzrostem złożoności problemu. Przeszukiwanie Losowe (PRS) ma wyższe średnie wartości, szczególnie przy większej liczbie wymiarów. To wskazuje na mniejszą efektywność PRS w porównaniu z GA.

GA dla funkcji Rastrigina ma znacznie niższą średnią wartość funkcji celu dla 2 wymiarów, ale średnie wartości gwałtownie rosną przy wyższych wymiarach. PRS również pokazuje znaczny wzrost średnich wartości funkcji celu wraz ze wzrostem wymiarów.

Funkcja Rastrigin wydaje się być znacznie trudniejsza do optymalizacji niż funkcja Ackley dla obu algorytmów, co widać po wyższych średnich wartościach funkcji celu.

```
knitr::kable(porownanie_srednich, caption = "Porównanie srednich")
```

Table 2: Porównanie srednich

funkcja	algorytm	liczba_wymiarow	sr_wartosc
Ackley	GA	2	0.0981369
Ackley	GA	10	4.1235895
Ackley	GA	20	5.8698837
Ackley	PRS	2	4.1237322
Ackley	PRS	10	18.3544324
Ackley	PRS	20	19.7957487
Rastrigin	GA	2	0.5609846
Rastrigin	GA	10	60.8547485
Rastrigin	GA	20	157.1028209
Rastrigin	PRS	2	1.8700919
Rastrigin	PRS	10	88.6313924

funkcja	algorytm	liczba_wymiarow	sr_wartosc
Rastrigin	PRS	20	227.5515375

Przeprowadzono testy t-Studenta. Funkcja `t.test()`: Przeprowadza test t-Studenta między wartościami dla GA i PRS w danym wierszu.

```
knitr::kable(wyniki_istotnosc_statystyczna, caption = "Wyniki istotnosci statystycznej")
```

Table 3: Wyniki istotnosci statystycznej

liczba_wymiarow	funkcja	GA	PRS	p_value
2	Ackley	0.2384150456, 0.1586680839, 0.1031365412, 0.0035600578, 0.3812397527, 0.0704821907, 0.0102532141, 0.0205025241, 0.0211681159, 0.0001087331, 0.0422806607, 0.0298498140, 0.1124984228, 0.0941390213, 0.0105832232, 0.1527644604, 0.2672849254, 0.0575852067, 0.0643050908, 0.1766749961, 0.0621196415, 0.0780852669, 0.3549619145, 0.0312191665, 0.0990361895, 0.0213544442, 0.1760496924, 0.1647642948, 0.0511645391, 0.4276608485, 0.0004830555, 0.0409339349, 0.0003058138, 0.0189939491, 0.0045221181, 0.0878104238, 0.0506347307, 0.0571489183, 0.1606551131, 0.1743235920, 0.1040209268, 0.0449631588, 0.1596156279, 0.0217336124, 0.2135017360, 0.0308145593, 0.0530187920, 0.0447224524, 0.1119813161, 0.0447449493	2.4228216, 5.6447620, 1.9784973, 3.1298199, 1.9681828, 4.1059714, 4.4999755, 5.0823432, 6.3558572, 3.8401445, 0.8476953, 2.5836576, 4.5350465, 2.5963709, 3.7949320, 3.7758694, 6.4652457, 3.3120765, 3.8232259, 6.8091445, 3.4407900, 3.7837175, 6.0777545, 3.5177301, 3.3678013, 1.5546047, 3.2226403, 4.2857568, 6.6249708, 4.0105528, 3.7857002, 3.7573963, 5.4220534, 5.4933977, 3.3740044, 5.4648328, 5.7932235, 4.9999540, 6.7614446, 3.9983302, 3.0677719, 2.2924157, 3.6154764, 0.2748696, 5.1233051, 6.0765316, 3.9757455, 5.5030743, 6.3791588, 3.5699659	0
10	Ackley	3.85760, 4.382330, 3.532654, 3.513518, 4.167501, 4.170134, 4.932423, 3.917318, 4.262628, 4.878388, 4.036597, 4.572363, 4.242950, 4.548104, 4.274156, 4.165615, 4.421674, 4.440412, 4.470884, 3.588234, 4.356475, 3.904034, 3.642755, 3.902961, 3.832290, 3.012865, 3.078654, 3.015989, 4.415537, 4.964178, 4.650659, 3.678126, 4.133955, 4.079767, 3.742559, 3.610859, 3.791502, 5.092272, 4.212275, 4.361338, 4.581700, 4.064878, 3.846899, 4.752665, 4.155662, 3.559751, 4.461231, 4.052109, 4.639261, 4.682625	19.04549, 18.99796, 18.48296, 16.60535, 18.59234, 17.95441, 17.70360, 17.76599, 18.18236, 16.09875, 18.84186, 18.61243, 18.67695, 17.16752, 18.40033, 18.76555, 18.63609, 18.18067, 18.11534, 19.19513, 19.30357, 19.07666, 18.95154, 18.81718, 18.59985, 18.83430, 18.34946, 18.97776, 17.89445, 18.99049, 18.78316, 18.74225, 19.49953, 18.03059, 17.85236, 18.03671, 18.99483, 17.85345, 17.66888, 17.39656, 18.37947, 18.20995, 17.50059, 18.69129, 18.51638, 18.46718, 18.19012, 18.30696, 17.94275, 18.84227	0

licznik	funkey	miarow	PRS	p_value
20	Ackley	4.23451, 6.088827, 5.996697, 5.378900, 5.822641, 5.978997, 6.614147, 5.334431, 6.234756, 5.228941, 5.996179, 5.800522, 6.796296, 5.690181, 6.158607, 6.296838, 5.786307, 4.537285, 5.522931, 6.865523, 6.299779, 5.095257, 6.536890, 5.813894, 6.270991, 6.132727, 4.504020, 6.693657, 6.189942, 5.643711, 5.462731, 6.009430, 6.476647, 6.169067, 5.660757, 5.565460, 5.335536, 5.363678, 5.579599, 5.505058, 5.328964, 6.445265, 5.501501, 6.512591, 6.106146, 5.295706, 6.125433, 5.684649, 6.539339, 5.093303	19.65864, 19.46409, 19.41055, 19.44208, 19.88561, 19.40924, 19.65379, 20.25333, 20.08042, 19.32590, 20.10635, 19.25775, 19.94051, 19.25855, 19.69330, 20.02942, 19.91765, 19.44262, 19.11299, 20.18691, 19.98135, 19.43322, 20.11451, 19.85084, 20.02597, 19.75668, 20.14307, 19.95598, 19.72092, 19.99453, 19.87226, 20.08134, 19.74682, 19.45121, 20.00473, 20.12295, 20.01897, 19.31204, 20.36032, 19.82631, 20.01553, 20.14423, 19.98999, 20.24136, 19.76563, 19.58227, 19.30954, 19.71352, 19.51573, 20.20591	0
2	Rastrigin	0.1129708619, 0.3203051959, 1.2519400851, 1.0528337083, 0.1903726160, 0.2334771390, 0.4497259505, 0.0042342102, 1.1156813962, 1.2934181419, 1.2682045432, 0.3646634363, 1.0651101545, 0.0042921818, 0.3016563662, 0.3072955293, 0.7530859703, 0.2171565963, 0.0009282624, 0.2715435989, 1.0793939005, 1.0369349638, 0.2173824584, 1.3312490371, 1.1158277433, 0.1617473277, 0.2038254955, 1.5191002361, 0.6611055139, 0.2934268148, 0.4714339284, 0.8250017788, 1.1771332651, 0.0660417253, 0.0020009167, 0.0711803119, 0.9966178204, 1.1252356039, 1.0657887838, 0.6096674362, 0.0879403395, 0.3587129728, 0.1004125357, 0.2372586313, 0.1297780124, 0.5159641447, 0.4107213539, 0.0003682456, 0.4804052578, 1.1186763371	2.2297146, 1.3092633, 2.4231816, 2.3432728, 2.3057355, 2.0632943, 0.9950692, 2.4476866, 1.9211884, 1.4026976, 2.0998140, 2.0998978, 2.0325368, 1.6924284, 1.1518868, 3.0681031, 1.0894037, 1.8415106, 4.3311461, 1.0659823, 2.3468417, 1.1663422, 1.5125081, 0.9269093, 3.5715746, 2.2932587, 2.2353279, 2.3339259, 2.2970042, 3.5518727, 0.9335714, 1.9713895, 0.2300956, 2.3716586, 1.9312198, 2.5499240, 0.1648196, 1.2448692, 0.8809516, 1.3792446, 0.7946913, 0.4623395, 2.3982731, 2.0190299, 2.5415676, 1.8216768, 1.4116699, 1.1983440, 2.9785795, 2.0713017	0
10	Rastrigin	56.97056, 70.83916, 60.26574, 68.58425, 68.62735, 59.22100, 56.48053, 50.60528, 60.70550, 68.31568, 54.42092, 55.59226, 62.50471, 59.17904, 41.22323, 54.41009, 56.90370, 53.49430, 63.04018, 56.91868, 64.78478, 55.97350, 56.44352, 60.37223, 64.51281, 52.35869, 60.96770, 53.08844, 68.96524, 73.65918, 59.16054, 67.67826, 65.96585, 65.93704, 53.40280, 45.47070, 65.87595, 77.69833, 64.07473, 72.44458, 66.67543, 58.14158, 61.47010, 77.00151, 51.14223, 58.01265, 57.69408, 64.34113, 60.47843, 60.63428	99.73328, 82.85847, 100.37068, 82.27433, 82.84836, 91.42875, 85.95575, 84.32916, 92.50328, 84.07681, 102.08833, 89.89746, 83.14023, 91.39478, 90.05528, 79.15055, 81.70207, 90.38751, 102.35038, 74.58391, 89.82638, 81.19532, 98.83876, 81.81874, 80.07902, 66.59899, 99.18502, 79.26984, 88.67152, 87.59346, 85.45121, 74.22175, 101.66911, 90.78245, 88.78096, 90.60123, 95.76062, 88.50864, 102.92576, 95.91786, 96.02952, 59.22953, 97.39597, 89.36823, 99.95325, 91.73245, 90.64297, 78.15519, 97.30456, 92.93193	0

liczba wymiarow	funkcja	PRS	p_value
20	Rastring	240.3266, 234.7336, 213.1311, 242.5852, 241.6978, 213.1040, 213.3060, 239.2300, 239.0152, 224.6774, 215.8058, 245.1289, 238.6888, 191.4856, 240.1488, 232.3243, 225.0998, 220.4482, 230.8788, 229.8582, 236.7012, 229.7958, 238.9884, 212.9384, 223.6805, 241.1429, 230.0270, 196.2027, 226.5811, 232.7197, 215.6427, 236.6893, 231.2565, 230.2866, 225.5342, 239.3095, 242.0388, 219.6296, 230.5779, 242.7196, 241.8495, 194.5844, 239.6379, 206.8443, 224.9251, 226.0204, 221.2723, 240.6874, 219.6998, 207.9189	0

P-value dla funkcji Ackleya dla 2, 10 i 20 wymiarów są bardzo bliskie zeru, co sugeruje, że istnieje statystycznie istotna różnica między średnimi wartościami funkcji celu GA i PRS.

Dla funkcji Rastringa dla 2 wymiarów P-value są bardzo niskie, co wskazuje na istotną statystycznie różnicę między algorytmami. Dla 10 wymiarów p-value są nadal niskie, choć wyższe niż dla 2 wymiarów, co nadal wskazuje na istotną statystycznie różnicę. Dla 20 wymiarów p-value są wyższe niż dla niższych wymiarów, ale nadal są na tyle niskie, że można mówić o statystycznie istotnej różnicy między algorytmami.

Dla obu funkcji testowych i we wszystkich rozważanych wymiarach, testy statystyczne sugerują, że istnieje statystycznie istotne różnice w średnich wartościach funkcji celu między Algorytmem Genetycznym a Poszukiwaniem Przypadkowym.