SPRAWOZDANIE

Porównanie wybranych metod uczenia maszynowego

Przedmiot: Uczenie maszynowe

Prowadząca: dr Barbara Marszał-Paszek

Autor: Klaudia Dyjas Kognitywistyka, II stopnia, 2 rok Luty 2022

1. Wprowadzenie

Należało wygenerować macierze błędów przy użyciu wybranych metod uczenia maszynowego i porównać je ze sobą. Zbiór danych trzeba podzielić na część treningową i testową, a także przeprowadzić na nich sześciokrotne testowanie.

2. Materiały i metody

Testowanie train-and-test przeprowadzono w programie Rough Set Exploration System (RSES). Wybrano zbiór danych pt. "diabetes.tab" dotyczącego cukrzycy. Dostępne dane mają 768 obserwacji i 9 atrybutów (liczba ciąży, stężenie glukozy w osoczu, ciśnienie rozkurczowe, grubość fałdu skórnego tricepsa, insulina w surowicy w ciągu 2 godzin, wskaźnik masy ciała, funkcja rodowodu cukrzycy, wiek, klasa).

Do testowania wykorzystano następujące metody:

- a. Klasyfikatory regułowe:
 - algorytm wyczerpujący (exhaustive algorithm)
 - algorytm genetyczny (*genetic algorithm*)
 - algorytm pokryciowy (covering algorithm)
- b. Klasyfikator neuronowy LTF-C (sieci neuronowe)
- c. Metoda cross-validation

Wyliczono macierze błędu klasyfikacji przy sposobie rozwiązywania konfliktów typu standardowy system głosowania, w którym każda reguła głosuje z siłą równą liczbie obiektów ją wspierających ("inteligentniejsze" rozwiązanie).

3. Wyniki

Poniżej zebrano wyniki klasyfikacji wybranych metod.

3.1. Scenariusz testowania z klasyfikatorami regułowymi

Tabela 1. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes_0.3_ex 🗹 🗵										
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	32	48	81	0.4	0.988]			
	0	26	124	150	0.827	1	1			
	True positive rate	0.55	0.72							
Total nur	Total number of tested objects: 231									
Total acc	Total accuracy: 0.678									
Total cov	verage: 0.996									

Tabela 2. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🗵									
	Predicted								
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	33	47	81	0.412	0.988			
	0	29	121	150	0.807	1			
	True positive rate	0.53	0.72						

Total nu	mber of tested of	objects	: 231						
Total ac	curacy: 0.67								
Total co	verage: 0.996								

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 3. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego.

Results	of experiments by	train&te	st metho	od: pima-india	ns-diabetes_	் 🗹 🗵		
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	28	41	81	0.406	0.852		
	0	27	99	150	0.786	0.84		
	True positive rate	0.51	0.71					
Total num	mber of tested of	objects	: 231					
Total accuracy: 0.651								
Total cov	verage: 0.844							

Tabela 4. Wyniki klasyfikacji w iteracji 2 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🗵								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	28	55	83	0.337	1		
	0	33	115	148	0.777	1		
	True positive rate	0.46	0.68					
260600000000000000000000000000000000000								
Total num	mber of tested of	objects	: 231					
Total accuracy: 0.619								
Total cov	verage: 1							

Tabela 5. Wyniki klasyfikacji w iteracji 2 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 📮 🔼									
	Predicted								
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	29	54	83	0.349	1			
	0	33	115	148	0.777	1			
	True positive rate	0.47	0.68						
Total nur	mber of tested of	objects	: 231						
Total acc	Total accuracy: 0.623								
Total cov	verage: 1								

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 6. Wyniki klasyfikacji w iteracji 2 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego.

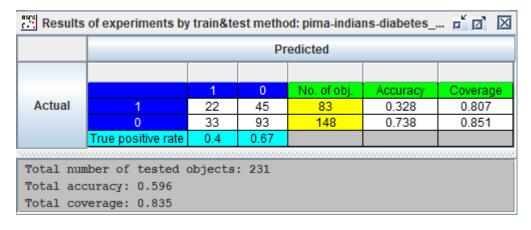


Tabela 7. Wyniki klasyfikacji w iteracji 3 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes \square \square								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	29	53	84	0.354	0.976		
	0	25	122	147	0.83	1		
	True positive rate	0.54	0.7					
		0000000000000						
Total num	mber of tested	objects	: 231					
Total accuracy: 0.659								
Total cov	verage: 0.991							

Tabela 8. Wyniki klasyfikacji w iteracji 3 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 📮 🔟								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	32	49	84	0.395	0.964		
	0	24	123	147	0.837	1		
	True positive rate	0.57	0.72					
*******		000000000000						
Total nu	mber of tested	objects	: 231					
Total accuracy: 0.68								
Total co	verage: 0.987							

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 9. Wyniki klasyfikacji w iteracji 3 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🔟 🗵								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	24	41	84	0.369	0.774		
	0	26	107	147	0.805	0.905		
	True positive rate	0.48	0.72					
		0000000000000	0000000000000					
Total nur	mber of tested of	objects	: 231					
Total accuracy: 0.662								
Total cov	verage: 0.857							

Tabela 10. Wyniki klasyfikacji w iteracji 4 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🗵								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	36	45	82	0.444	0.988		
	0	28	121	149	0.812	1		
	True positive rate	0.56	0.73					

Total nu	mber of tested of	objects	: 231					
Total accuracy: 0.683								
Total co	verage: 0.996							

Tabela 11. Wyniki klasyfikacji w iteracji 4 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes \square^{κ}									
	Predicted								
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	33	47	82	0.412	0.976			
	0	29	120	149	0.805	1			
	True positive rate	0.53	0.72						
Total nu	mber of tested of	objects	: 231						
Total accuracy: 0.668									
Total co	verage: 0.991								

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 12. Wyniki klasyfikacji w iteracji 4 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego.

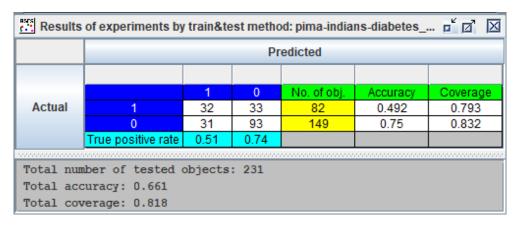


Tabela 13. Wyniki klasyfikacji w iteracji 5 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 💅 🔼 🗵								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	37	48	85	0.435	1		
	0	30	116	146	0.795	1		
	True positive rate	0.55	0.71					
Total nu	mber of tested (objects	: 231					
Total accuracy: 0.662								
Total co	verage: 1							

Tabela 14. Wyniki klasyfikacji w iteracji 5 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 💆 🔟								
	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	35	49	85	0.417	0.988		
	0	33	113	146	0.774	1		
	True positive rate	0.51	0.7					
Total nur	mber of tested of	objects	: 231					
Total accuracy: 0.643								
Total cov	verage: 0.996							

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 15. Wyniki klasyfikacji w iteracji 5 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🔟									
		Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	27	39	85	0.409	0.776			
	0	24	102	146	0.81	0.863			
	True positive rate	0.53	0.72						
		0000000000000							
Total num	mber of tested of	objects	: 231						
Total acc	curacy: 0.672								
Total cov	verage: 0.831								
	-								

Tabela 16. Wyniki klasyfikacji w iteracji 6 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego.

Results	esults of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🔟									
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	34	44	78	0.436	1				
	0	38	115	153	0.752	1				
	True positive rate	0.47	0.72							
0000000000000000		0000000000000	00000000000000							
Total nur	mber of tested	objects	: 231							
Total acc	curacy: 0.645									
Total co	verage: 1									

Tabela 17. Wyniki klasyfikacji w iteracji 6 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego.

Results	ts of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🔯									
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	38	40	78	0.487	1				
	0	38	115	153	0.752	1				
	True positive rate	0.5	0.74							
			00000000000000							
Total nu	mber of tested of	objects	: 231							
Total ac	Total accuracy: 0.662									
Total co	verage: 1									

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 18. Wyniki klasyfikacji w iteracji 6 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego.

Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🗵									
	Predicted								
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	24	35	78	0.407	0.756			
	0	27	102	153	0.791	0.843			
	True positive rate	0.47	0.74						
			00000000000000						
Total num	mber of tested of	objects	: 231						
Total acc	curacy: 0.67								
Total cov	verage: 0.814								

3.2. Scenariusz testowania z klasyfikatorem regułowym i skalowaniem

Tabela 19. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody algorytmu wyczerpującego wraz ze skalowaniem.

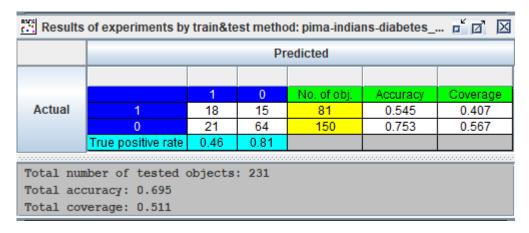
Results	s of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 📮 🔼									
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	47	34	81	0.58	1				
	0	27	123	150	0.82	1				
	True positive rate	0.64	0.78							
Total nur	mber of tested of	objects	: 231							
Total accuracy: 0.736										
Total co	verage: 1									

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 20. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody algorytmu genetycznego wraz ze skalowaniem.

Results	Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🗵									
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	48	33	81	0.593	1				
	0	27	123	150	0.82	1				
	True positive rate	0.64	0.79							
Total nur	mber of tested	objects	: 231							
Total acc	curacy: 0.74									
Total cov	verage: 1									

Tabela 21. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody algorytmu pokryciowego wraz ze skalowaniem.



3.3. Scenariusz testowania z klasyfikatorem neuronowym LTF-C

Tabela 22. Wyniki klasyfikacji w iteracji 1 – macierz błędów dla metody sieci neuronowych.

	Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	48	33	81	0.593	1		
	0	21	129	150	0.86	1		
	True positive rate	0.7	0.8					
Total num	mber of tested of	objects	: 231					
Total acc	curacy: 0.766							
Total cov	verage: 1							

Tabela 23. Wyniki klasyfikacji w iteracji 2 – macierz błędów dla metody sieci neuronowych.

Results	of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🔼								
	Predicted								
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	49	34	83	0.59	1			
	0	31	117	148	0.791	1			
	True positive rate	0.61	0.77						
			00000000000000						
Total num	ber of tested	objects	: 231						
Total accuracy: 0.719									
Total cov	verage: 1								

Tabela 24. Wyniki klasyfikacji w iteracji 3 – macierz błędów dla metody sieci neuronowych.

Results	Results of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 📮 🔼									
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	51	33	84	0.607	1				
	0	19	128	147	0.871	1				
	True positive rate	0.73	0.8							
		0000000000000	000000000000000							
Total nur	mber of tested	objects	: 231							
Total acc	curacy: 0.775									
Total cov	verage: 1									

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 25. Wyniki klasyfikacji w iteracji 4 – macierz błędów dla metody sieci neuronowych.

Results	of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 📮 🔼								
	Predicted								
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage			
Actual	1	45	37	82	0.549	1			
	0	14	135	149	0.906	1			
	True positive rate	0.76	0.78						
Total nur	mber of tested of	objects	: 231						
Total acc	curacy: 0.779								
Total cov	verage: 1								

Tabela 26. Wyniki klasyfikacji w iteracji 5 – macierz błędów dla metody sieci neuronowych.

Results	of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 💅 📝 🗵 Predicted							
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage		
Actual	1	58	27	85	0.682	1		
	0	26	120	146	0.822	1		
	True positive rate	0.69	0.82					
Total nu	mber of tested of	objects	: 231					
Total accuracy: 0.771								
Total co	verage: 1							

Tabela 27. Wyniki klasyfikacji w iteracji 6 – macierz błędów dla metody sieci neuronowych.

Results	of experiments by train&test method: pima-indians-diabetes 🗖 🗵									
	Predicted									
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage				
Actual	1	48	30	78	0.615	1				
	0	28	125	153	0.817	1				
	True positive rate	0.63	0.81							
Total nu	mber of tested o	objects	: 231							
Total ac	curacy: 0.749									
Total co	verage: 1									

Tabela 28. Zebranie wyników z sześciokrotnego testowania wraz ze średnią dla sześciu iteracji.

	Dokładność (Total accuracy)	Pokrycie (Total coverage)
Iteracja 1		
Algorytm wyczerpujący	0.678	0.996
Algorytmu genetyczny	0.670	0.996
Algorytmu pokryciowy	0.651	0.844
Sieci neuronowe	0.766	1.000
Średnia	0.691	0.959
Iteracja 2	_	

Algorytm wyczerpujący	0.619	1.000
Algorytmu genetyczny	0.623	1.000
Algorytmu pokryciowy	0.596	0.835
Sieci neuronowe	0.719	1.000
Średnia	0.639	0.959
Iteracja 3		
Algorytm wyczerpujący	0.659	0.991
Algorytmu genetyczny	0.680	0.987
Algorytmu pokryciowy	0.662	0.857
Sieci neuronowe	0.775	1.000
Średnia	0.694	0.959
Iteracja 4		
Algorytm wyczerpujący	0.683	0.996
Algorytmu genetyczny	0.668	0.991
Algorytmu pokryciowy	0.661	0.818
Sieci neuronowe	0.779	1.000
Średnia	0.698	0.951
Iteracja 5		
Algorytm wyczerpujący	0.662	1.000
Algorytmu genetyczny	0.643	0.996
Algorytmu pokryciowy	0.672	0.831
Sieci neuronowe	0.771	1.000
Średnia	0.687	0.957
Iteracja 6		
Algorytm wyczerpujący	0.645	1.000
Algorytmu genetyczny	0.662	1.000
Algorytmu pokryciowy	0.670	0.814
Sieci neuronowe	0.749	1.000
Średnia	0.682	0.954
	Źródło: opracowanie włacne	

Źródło: opracowanie własne.

3.4. Scenariusz testowania metodą cross-validation

Tabela 29. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation z użyciem algorytmu wyczerpującego.

	Predicted					
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage
Actual	1	19.67	24.83	44.67	0.434	0.996
	0	15.83	67.5	83.33	0.809	1
	True positive rate	0.54	0.73			
Total number of tested objects: 128						
Total accuracy: 0.682						
Total coverage: 0.999						

Tabela 30. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation z użyciem algorytmu genetycznego.

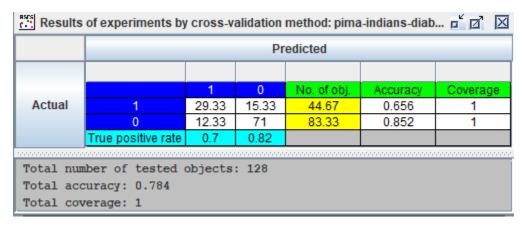
Results of experiments by cross-validation method: pima-indians-diab 🗖 🗵							
	Predicted						
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage	
Actual	1	21.67	22.33	44.67	0.497	0.984	
	0	17.17	66.17	83.33	0.795	1	
	True positive rate	0.57	0.75				
Total number of tested objects: 128							
Total accuracy: 0.69							
Total coverage: 0.995							

Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

Tabela 31. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation z użyciem algorytmu pokryciowego.

	Predicted					
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage
Actual	1	14.5	18.83	44.67	0.438	0.749
	0	16.83	52.33	83.33	0.756	0.831
	True positive rate	0.47	0.74			
Total nu	mber of tested of	objects	: 128			
Total ac	curacy: 0.653					
Total co	verage: 0.801					

Tabela 32. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation przy pomocy sieci neuronowych.



3.5. Scenariusz testowania metodą cross-validation i skalowaniem

Tabela 33. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation z użyciem algorytmu wyczerpującego i skalowania.

Results of experiments by cross-validation method: pima-indians-diab 🗖 🗵							
	Predicted						
		1	0	No. of obj.	Accuracy	Coverage	
Actual	1	27.67	17	44.67	0.622	1	
	0	18.5	64.83	83.33	0.777	1	
	True positive rate	0.6	0.79				
Total number of tested objects: 128							
Total accuracy: 0.723							
Total coverage: 1							

Tabela 34. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation z użyciem algorytmu genetycznego i skalowania.

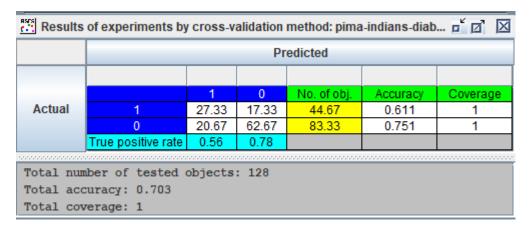
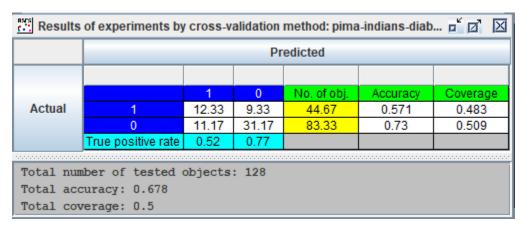


Tabela 35. Wyniki klasyfikacji metodą cross-validation z użyciem algorytmu pokryciowego i skalowania.



Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu RSES.

4. Wnioski

Jak pokazują wyniki sześciokrotnego testowania, klasyfikatory LTF-C (Local Transfer Function Classifier) bazujące na sieci neuronowej, pozwalają uzyskać najlepsze wyniki w każdej iteracji dla wybranego zbioru danych zarówno pod względem dokładności jak i sklasyfikowania wszystkich obiektów (w każdej iteracji "Total coverage" ma wartość 1).

Dla porównania wyników, w pierwszej iteracji wzbogacono scenariusz o skalowanie (dyskretyzację) tablicy treningowej. Operacja skalowania znacząco polepszyła wyniki dokładności oraz sklasyfikowania wszystkich obiektów przy klasyfikacji metody algorytmu wyczerpującego (Tabela 19) oraz algorytmu genetycznego (Tabela 20). Co ciekawe, w przypadku algorytmu pokryciowego (Tabela 21) polepszyła się dokładność, ale przy równoczesnym zmniejszeniu się

liczby obiektów przydzielonych do klas decyzyjnych ("Total coverage" wynosi 0.511). Nie zastosowano skalowania przy sieciach neuronowych.

Dodatkowo, wybrane metody porównano poprzez sześciokrotną cross-validation. Również i w tym przypadku największą dokładność uzyskały sieci neuronowe wraz ze sklasyfikowaniem wszystkich obiektów. Drugi pod względem dokładności okazał się algorytm genetyczny. Na trzecim miejscu znajduje się algorytm wyczerpujący, a najmniej dokładny okazał się algorytm pokryciowy.

Na koniec wzbogacono cross-validation o dyskretyzację. Również i w tym przypadku polepszyła się dokładność, a system decyzyjny sklasyfikował wszystkie obiekty dla algorytmu wyczerpującego (Tablica 33) oraz algorytmu genetycznego (Tablica 34). Ponownie dla algorytmu pokryciowego (Tablica 35) poprawiła się dokładność, ale kosztem liczby przydzielonych obiektów do klas decyzyjnych (wartość tej statystyki wynosi zaledwie 0.5). Opcja dyskretyzacji danych jest niedostępna dla klasyfikatora LTF-C (sieci neuronowych).