



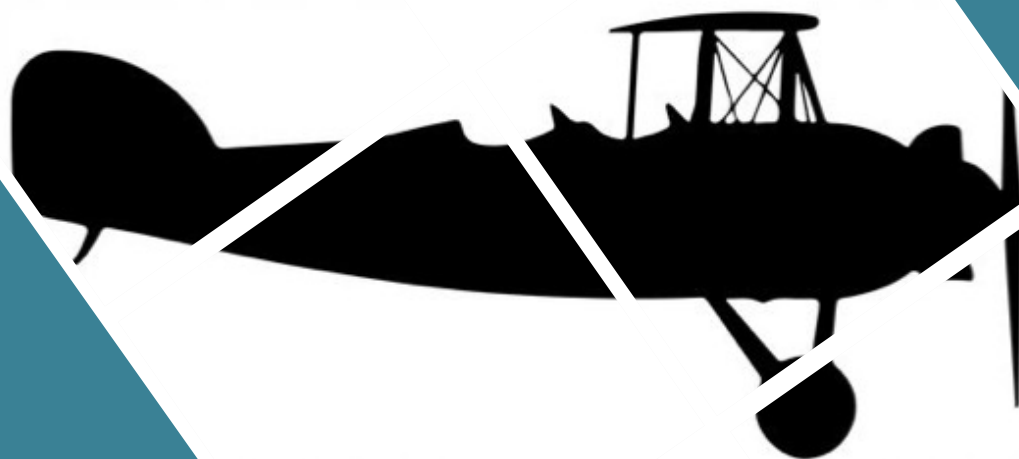
Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

NCBR
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Rozpoznawanie dachów azbestowo-cementowych na zdjęciach lotniczych z wykorzystaniem splotowych sieci neuronowych

Ewa Wilk, Małgorzata Krówczyńska

Projekt jest współfinansowany w ramach Poddziałania 1.1.1 Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego na podstawie umowy o dofinansowanie zawartej z Narodowym Centrum Badań i Rozwoju

WES 84
P O L S K A

Przedmiot badań



Azbest



- Serpentinowe i amfibolowe grupy włóknistych minerałów nieorganicznych, które występują w różnych formach i w różnych częściach świata.
- Handlowe określenie grupy wyrobów mineralnych charakteryzujących się dużą wytrzymałością na rozciąganie, elastycznością, odpornością na degradację chemiczną i termiczną oraz wysoką opornością elektryczną, podatne na tkanie.



Dachy azbestowo-cementowe

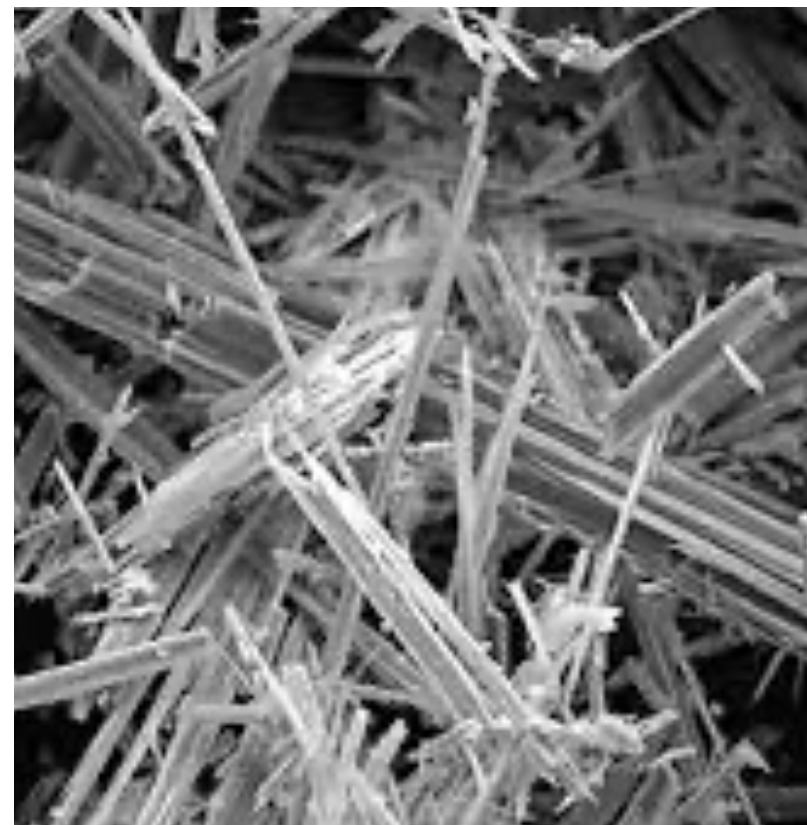
- Chryzotyl stanowił ponad 90% światowej produkcji przemysłowej.
- Szacuje się, że obecnie ponad 90% stosowanych na świecie wyrobów zawierających azbest to dachy azbestowo-cementowe.
- Płyty azbestowo-cementowe faliste i płaskie stosowane w budownictwie.



Szkodliwy wpływ azbestu na zdrowie człowieka



- Zaraportowano w 1906 r., a wyniki kompleksowego badania wpływu azbestu na zdrowie opublikowano w 1928 r.
- Według Światowej Organizacji Zdrowia włókna respirabilne o średnicy poniżej 3 mikrometrów i długości powyżej 5 mikrometrów są przyczyną nowotworów.
- Azbest jest substancją szczególnie niebezpieczną, sklasyfikowaną jako rakotwórcza przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem, agendę WHO.



Ekspozycja na azbest



- Wdychanie unoszących się w powietrzu włókien azbestu.
- Narażenie zawodowe, parazawodowe i środowiskowe.
- Narażenie na azbest na świecie jest trudne do oszacowania, głównie ze względu na brak danych.
- Możliwym rozwiązaniem pomiaru środowiskowej ekspozycji na azbest byłoby oszacowanie przestrzennego rozmieszczenia wyrobów azbestowych, które są nadal w użyciu.
- Polityki krajowe jako mechanizmy ograniczania ryzyka narażenia na azbest.

Cel badań



Motywacja



- W Polsce, podobnie jak w innych krajach Europy, nadal nie ma pełnych danych na temat ilości używanych wyrobów azbestowo-cementowych.
- Prawny obowiązek ich usunięcia wyznaczono na rok 2032.
- Odpowiedź na istniejącą potrzebę, zdefiniowaną w rządowym „Krajowym Programie Oczyszczania z Azbestu 2009-2032”, jako monitorowanie procesu usuwania azbestu poprzez wsparcie działań na rzecz inwentaryzacji z natury w celu określenia ilości używanych dachów azbestowo-cementowych do bezpiecznej eliminacji ze środowiska.



Opracowanie metody



- Opracowanie innowacyjnej i nowatorskiej metody zdalnego rozpoznawania dachów azbestowo-cementowych.
- Unikalna architektura sieci neuronowej do identyfikacji dachów azbestowych jest opracowywana z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego (konwolucyjna sieć neuronowa, CNN), danych przestrzennych (ortofotomapa) oraz danych statystycznych.
- Opracowane rozwiązanie będzie skalowalne i operacyjne, możliwe będzie przeniesienie go na dowolny obszar Polski i Europy (metoda powtarzalna).



Wprowadzenie



Brezje



Ljubljana

Wprowadzenie



Bled



Koper

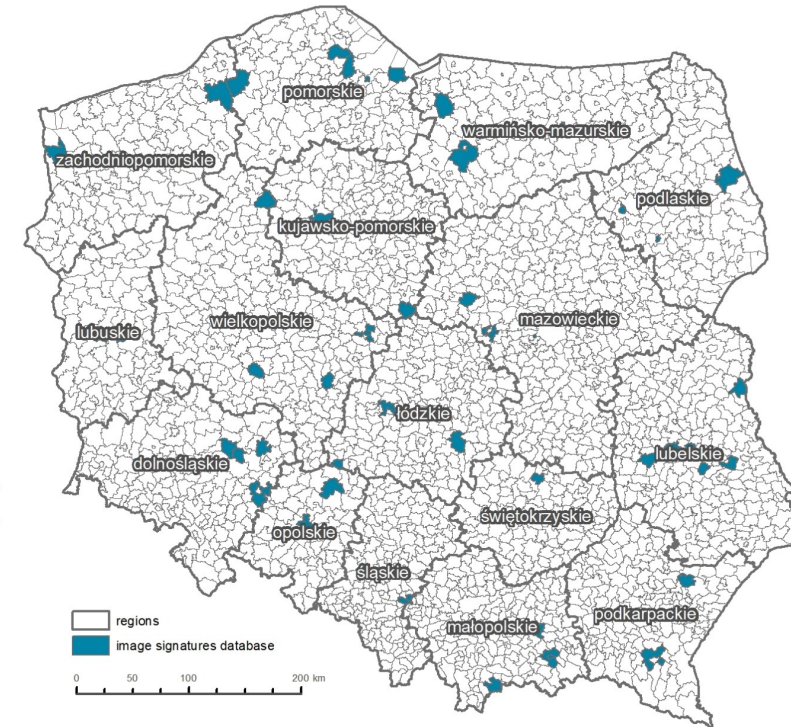
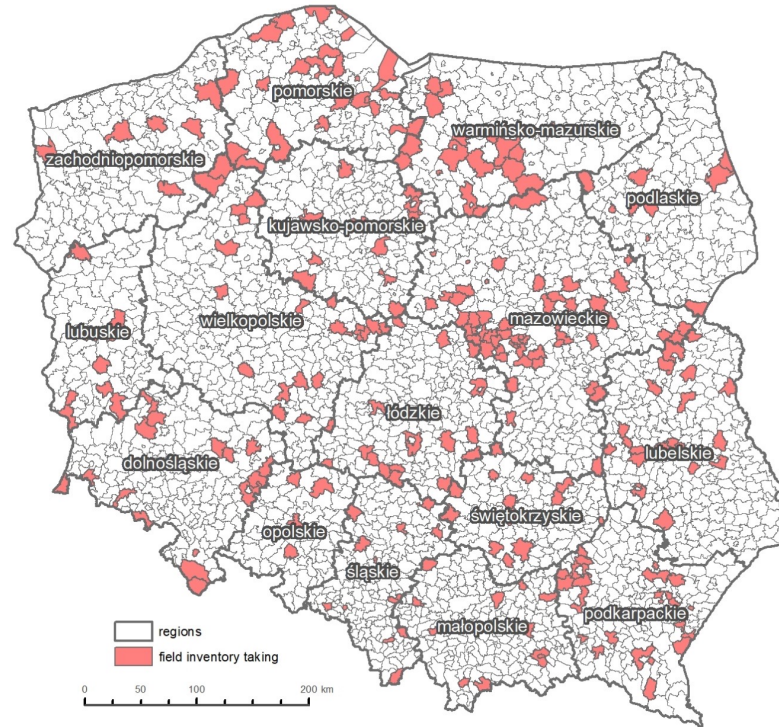


- Zdjęcia lotnicze (ortofotomapy) w zasobach Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii w ramach Geoportalu Infrastruktury Informacji Przestrzennej (<https://www.geoportal.gov.pl>) w kompozycji RGB i różnej rozdzielczości przestrzennej (10-50 cm).
- Warstwa budynków z Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k).
- Wyniki prac terenowych inwentaryzacji dachów azbestowo-cementowych.

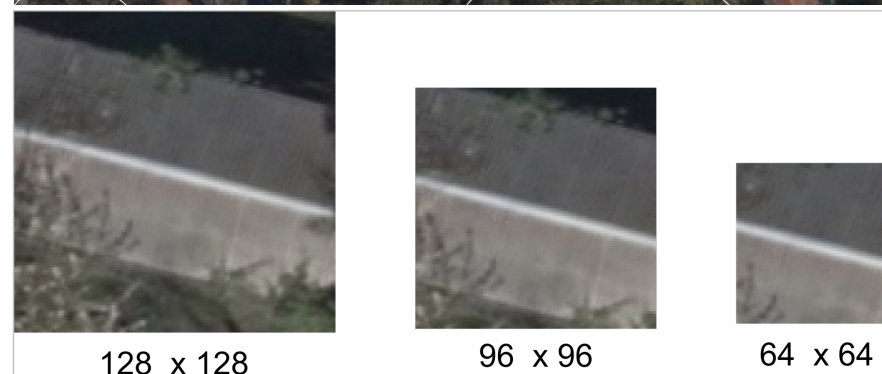
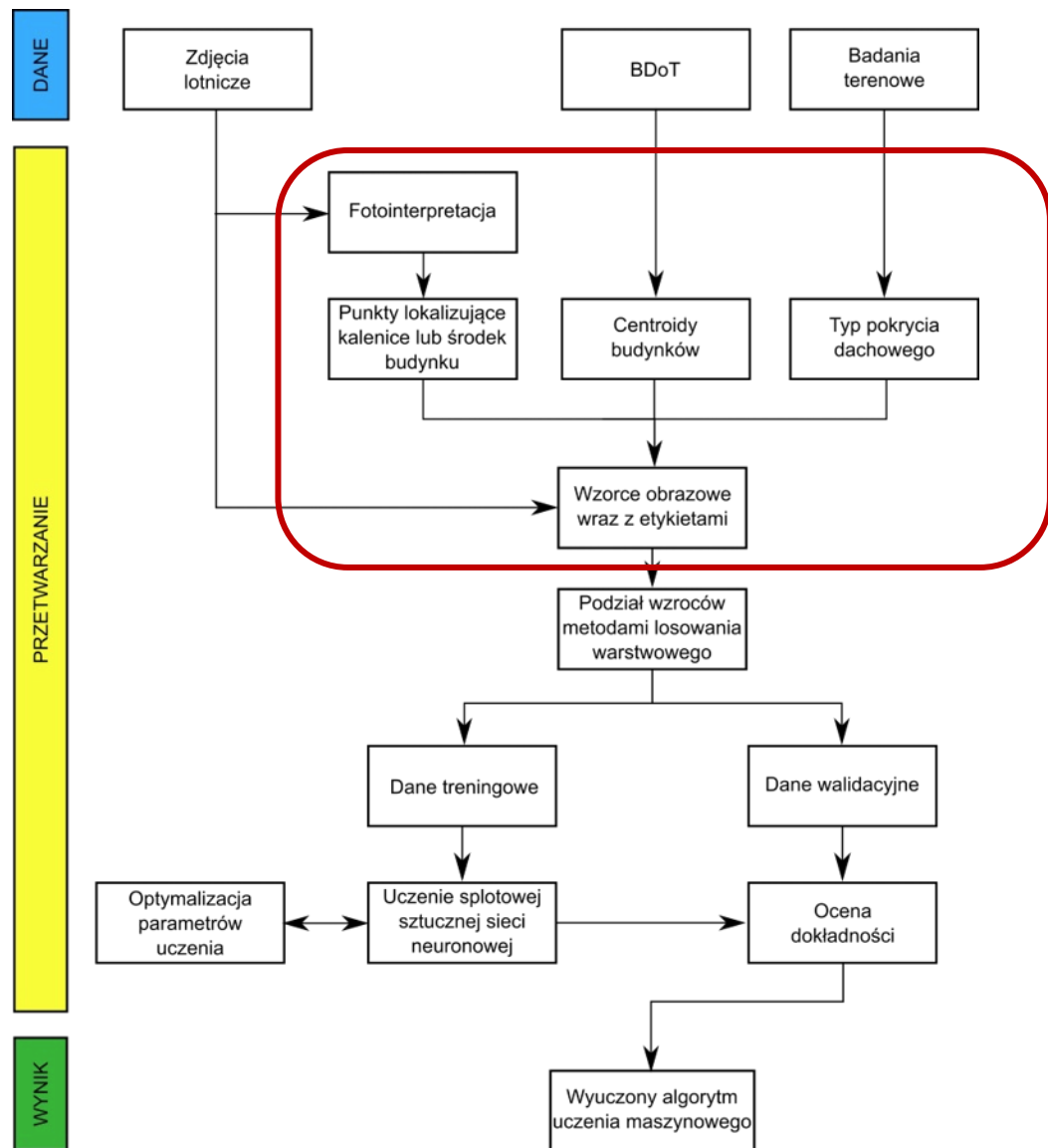
Obszar badań



- Docelowo opracowana metoda umożliwi identyfikację dachów azbestowo-cementowych na terenie całego kraju, tj. 2489 gmin.
- Inwentaryzację terenową przeprowadzono w 250 gminach.
- Wybrano reprezentatywną próbę 50 gmin (ortofotomapy z różnych lat, większa reprezentacja próby, różnorodność danych).



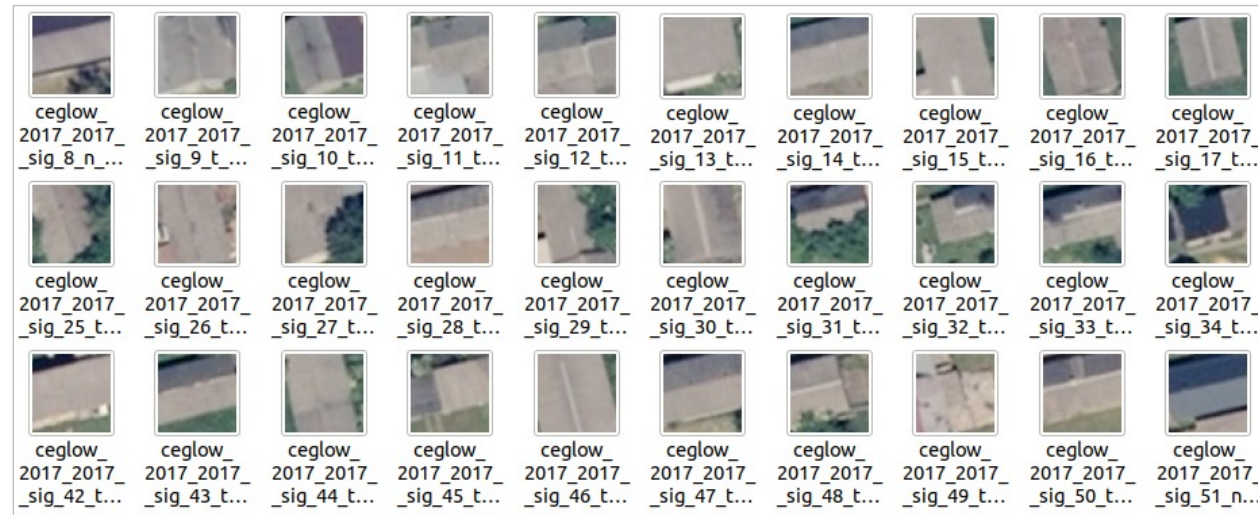
Metodyka



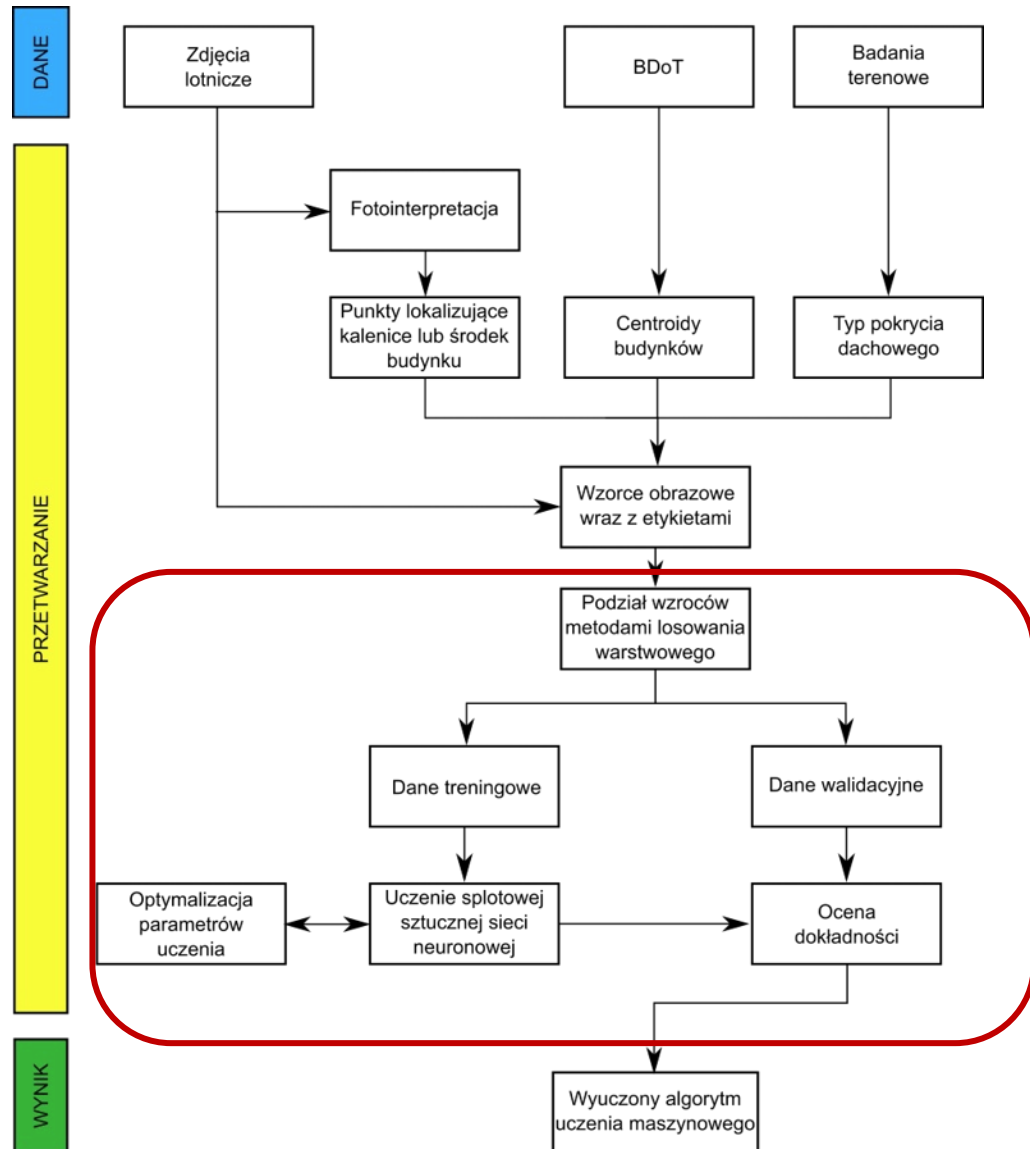
Metodyka



- Przekształcenie bazy sygnatur obrazów w wielowymiarową tablicę do zaimplementowania w CNN.
- Zastosowane środowisko programistyczne R.
- Do przygotowania wielowymiarowej tablicy (array) wykorzystano następujące parametry:
 - ✓ sygnatury obrazowe - pliki *.tiff,
 - ✓ rozmiar obrazu w pikselach.



Metodyka

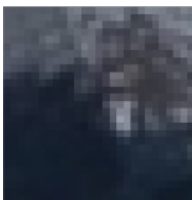


- Zbiory danych sygnatur obrazów zostały opracowane dla 14 rozmiarów okien i różnych rozdzielczości przestrzennych obrazów 10 cm, 25 cm i 50 cm w celu znalezienia optymalnego rozmiaru i rozdzielczości okien.
- Wykorzystano architekturę sztucznej sieci neuronowej z wykorzystaniem bloków inceptyjnych.
- Przygotowane zbiory danych sygnatur obrazowych dachów azbestowych i nieazbestowych podzielono na 2 podzbiory w stosunku 2/3 do 1/3.
- W związku z tym 63,2% sygnatur wykorzystano do uczenia sieci, a 36,8% sygnatur wykorzystano do walidacji wyników.

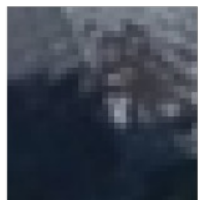
Sygnatury obrazowe – rozdzielczość 10cm



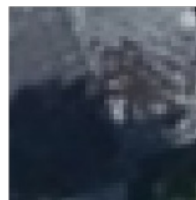
27x27



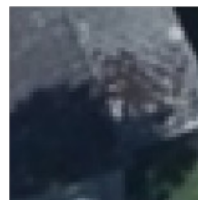
32x32



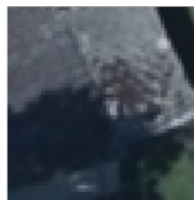
40x40



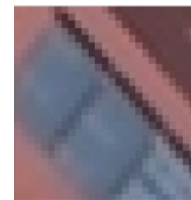
48x48



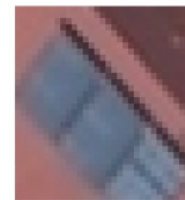
56x56



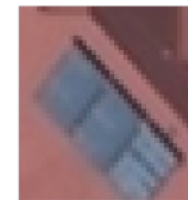
27x27



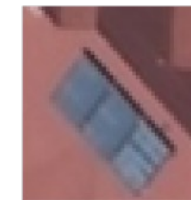
32x32



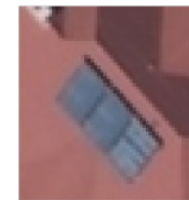
40x40



48x48



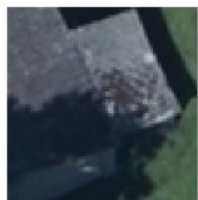
56x56



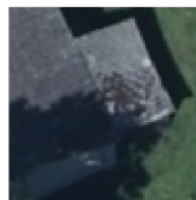
64x64



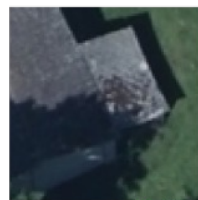
72x72



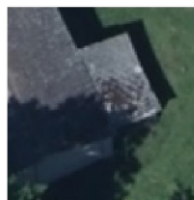
80x80



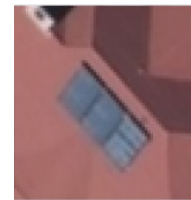
88x88



96x96



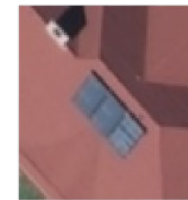
64x64



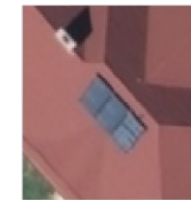
72x72



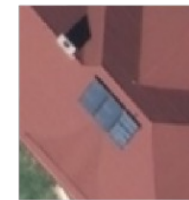
80x80



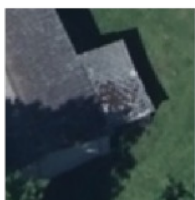
88x88



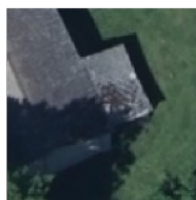
96x96



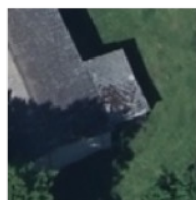
104x104



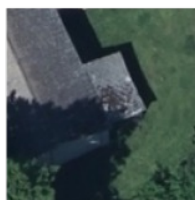
112x112



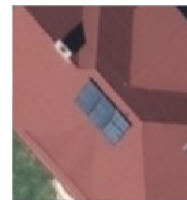
120x120



128x128



104x104



112x112



120x120



128x128



Sygnatury obrazowe – rozdzielczość 25cm



27x27

32x32

40x40

48x48

56x56

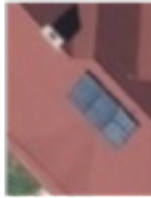
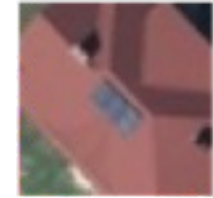
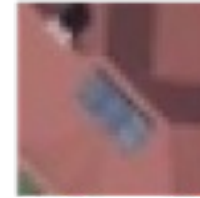
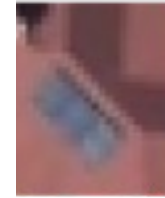
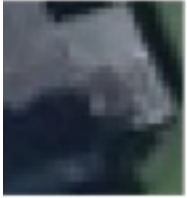
27x27

32x32

40x40

48x48

56x56



64x64

72x72

80x80

88x88

96x96

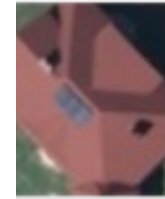
64x64

72x72

80x80

88x88

96x96



104x104

112x112

120x120

128x128



104x104

112x112

120x120

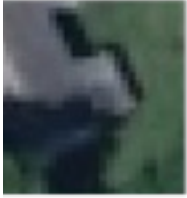
128x128



Sygnatury obrazowe – rozdzielczość 50cm



27x27



32x32



40x40



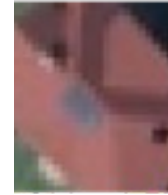
48x48



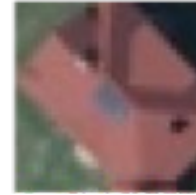
56x56



27x27



32x32



40x40



48x48



56x56



64x64



72x72



80x80



88x88



96x96



64x64



72x72



80x80



88x88



96x96



104x104



112x112



120x120



128x128



104x104



112x112



120x120



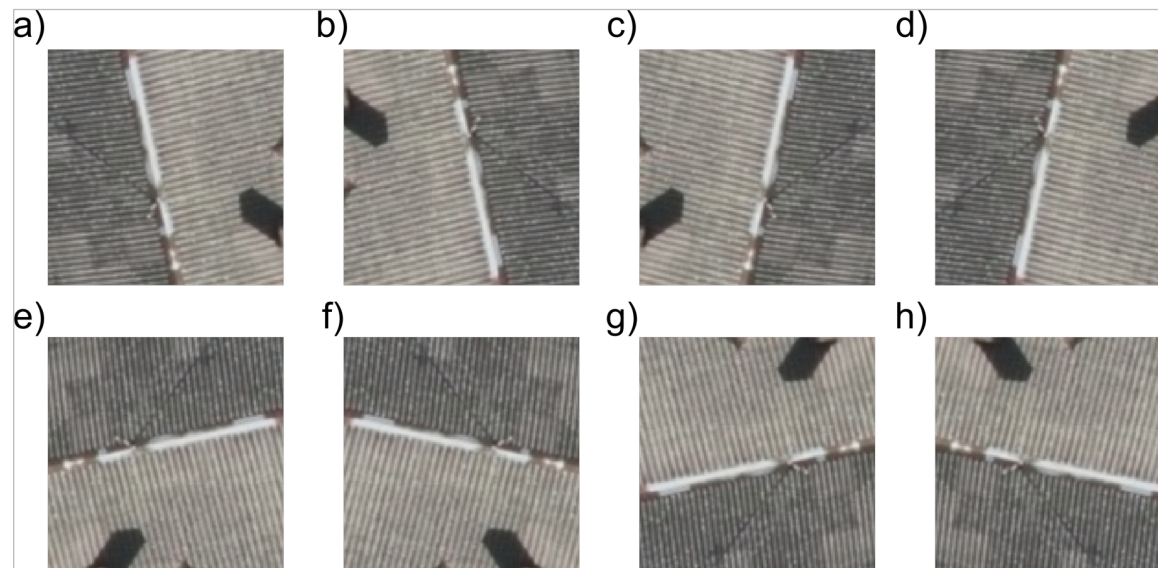
128x128



Mnożenie sygnatur

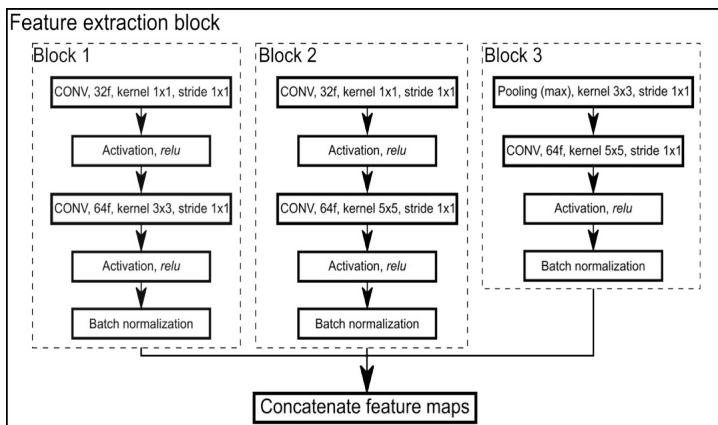


- Wielkość zbioru użytego do uczenia sieci ma kluczowe znaczenie dla efektywnego uczenia sztucznych sieci neuronowych.
- Im więcej wzorców wykorzystanych w procesie uczenia, tym lepsze efekty do uzyskania.
- Aby zwiększyć liczbę sygnatur obrazowych zastosowano metody mnożenia (multiplikacji), w których oryginalne sygnatury obrazowe zostały przekształcone w celu uzyskania nowych wariantów oryginałów.

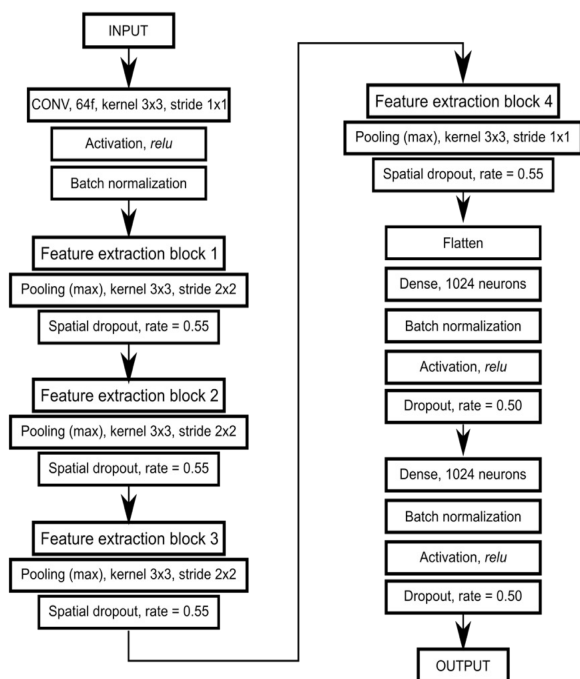


- a) oryginalna sygnatura,
- b) poziome odbicie oryginału,
- c) pionowe odbicie oryginału,
- d) pionowe i poziome odbicie oryginału,
- e) obróć oryginał o 90 stopni,
- f) obróć oryginał o 90 stopni i odwróć go w pionie,
- g) obróć oryginał o 90 stopni i odwróć go w poziomie,
- h) obróć oryginał o 90 stopni i odwróć go w pionie i poziomie.

Splotowe (konwolucyjne) sieci neuronowe



Network architecture



Architektura konwolucyjnej sieci neuronowej z blokiem ekstrakcji cech oparta na inception-net.

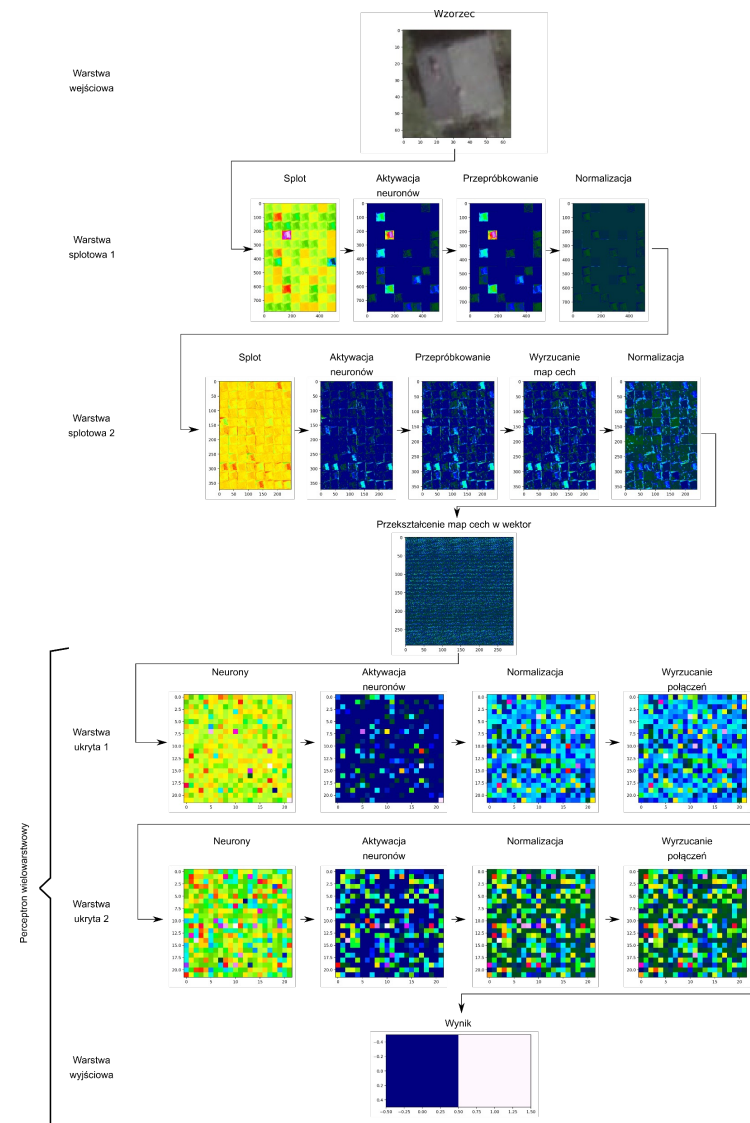
Możliwość łączenia map cech uzyskanych przy użyciu różnych rozmiarów okien wyszukiwania (kernel), co pozwala sieci rozpoznawać i uwzględniać w rozwiązaniu zarówno dominujące duże cechy obiektów (ogólny kształt), jak i małe (tekstura i struktura).

Bloki konwolucyjne i w pełni połączone warstwy (fully connected layers) z wykorzystaniem sieci opartej na inception-net.

Architektura splotowej sieci neuronowej



1. Podział sygnatur obrazowych na wzorce do uczenia i walidacji sieci w stosunku 63,2% do 36,8%.
2. Uczenie konwolucyjnej sieci neuronowej z wykorzystaniem następujących parametrów:
 - A. algorytm optymalizujący uczenie sieci - ADAM z parametrem uczenia 0,0015 i decay parameter = 0,
 - B. funkcja straty – binary cross-entropy,
 - C. 128 epok treningowych z wielkością próby 64,
 - D. podczas treningu wykorzystano procedurę dynamicznej zmiany wartości parametru uczenia w przypadku, gdy wartość funkcji straty przestaje maleć; po każdej epoce wyuczony model jest zapisywany w przypadku, gdy wartość funkcji straty dla zbioru walidacyjnego jest mniejsza niż uzyskana dla dowolnego wcześniej zapisanego modelu.
3. Ocena dokładności wytrenowanej sieci neuronowej za pomocą modelu o najniższej wartości funkcji straty dla zbioru walidacyjnego, niezależnie od epoki, w której otrzymano ten model.



Wyniki część I



Wyniki klasyfikacji - 10 cm ortofotomapa



rozdzielczość przestrzenna (cm)	rozmiar okna	dokładność producenta	dokładność użytkownika	dokładność producenta	dokładność użytkownika	dokładność całkowita	fizyczny rozmiar okna (m)
10	27	88,31%	87,97%	90,31%	90,59%	89,42%	2,7
	32	88,49%	88,58%	90,84%	90,76%	89,80%	3,2
	40	88,96%	91,00%	92,93%	91,29%	91,17%	4
	48	91,22%	90,82%	92,60%	92,92%	91,99%	4,8
	56	92,00%	91,11%	92,79%	93,53%	92,44%	5,6
	64	89,82%	93,42%	94,92%	92,07%	92,65%	6,4
	72	91,76%	92,51%	94,03%	93,43%	93,03%	7,2
	80	91,84%	92,80%	94,28%	93,50%	93,20%	8
	88	92,31%	92,01%	93,56%	93,81%	93,01%	8,8
	96	93,11%	92,39%	93,84%	94,43%	93,52%	9,6
	104	92,68%	91,86%	93,40%	94,08%	93,08%	10,4
	112	91,56%	93,84%	95,17%	93,36%	93,57%	11,2
	120	92,42%	91,87%	93,43%	93,88%	92,99%	12
	128	92,53%	92,46%	93,94%	94,00%	93,32%	12,8

Azbest

Nie-azbest

Wyniki klasyfikacji - 25 cm ortofotomapa



rozdzielczość przestrzenna (cm)	rozmiar okna	dokładność producenta	dokładność użytkownika	dokładność producenta	dokładność użytkownika	dokładność całkowita	fizyczny rozmiar okna (m)
25	27	89,97%	91,65%	93,46%	92,11%	91,91%	6,75
	32	90,11%	91,96%	93,71%	92,24%	92,12%	8
	40	91,19%	92,88%	94,42%	93,07%	92,99%	10
	48	92,94%	91,85%	93,42%	94,31%	93,21%	12
	56	92,94%	92,23%	93,76%	94,33%	93,40%	14
	64	91,51%	93,10%	94,59%	93,31%	93,23%	16
	72	93,72%	92,08%	93,56%	94,91%	93,64%	18
	80	93,75%	92,04%	93,53%	94,94%	93,64%	20
	88	93,38%	92,56%	94,01%	94,68%	93,74%	22
	96	93,07%	91,94%	93,49%	94,41%	93,31%	24
	104	93,64%	91,43%	93,00%	94,83%	93,29%	26
	112	92,34%	92,98%	94,44%	93,92%	93,51%	28
	120	92,68%	92,99%	94,20%	94,17%	93,65%	30
	128	91,95%	92,62%	94,16%	93,62%	93,18%	32

Azbest

Nie-azbest

Wyniki klasyfikacji - 50 cm ortofotomapa



rozdzielczość przestrzenna (cm)	rozmiar okna	dokładność producenta	dokładność użytkownika	dokładność producenta	dokładność użytkownika	dokładność całkowita	fizyczny rozmiar okna (m)
50	27	90,76%	92,87%	93,48%	91,53%	92,17%	13,5
	32	91,16%	92,21%	92,79%	91,81%	92,01%	16
	40	91,16%	91,81%	92,38%	91,78%	91,80%	20
	48	91,79%	92,93%	93,46%	92,40%	92,66%	24
	56	90,65%	92,83%	93,45%	91,43%	92,10%	28
	64	90,25%	92,99%	93,63%	91,11%	92,00%	32
	72	90,70%	90,32%	93,79%	91,50%	92,30%	36
	80	91,24%	92,62%	93,19%	91,91%	92,25%	40
	88	89,48%	93,01%	83,70%	90,49%	88,67%	44
	96	91,90%	92,19%	92,71%	92,43%	90,32%	48
	104	89,05%	92,75%	90,48%	90,11%	90,34%	52
	112	89,12%	90,93%	88,39%	89,53%	89,75%	56
	120	88,67%	87,53%	88,30%	89,78%	89,06%	60
	128	89,93%	82,40%	93,07%	80,80%	87,56%	64

Azbest

Nie-azbest

Eksperyment – obrysy budynków czy centroidy



- Eksperyment miał na celu ustalenie, w jaki sposób przygotować sygnatury obrazowe, aby zmaksymalizować dokładność identyfikacji azbestowych pokryć dachowych.
- Eksperyment przeprowadzono dla zestawu sygnatur obrazowych pochodzących z ortofotomap o rozdzielczości przestrzennej odpowiednio 10 cm, 25 cm i 50 cm.
- Porównano metody przygotowania sygnatur obrazowych:
 - ✓ na podstawie budowy centroidów (metoda - C)
 - ✓ na podstawie obrysów budynków z BDOT lub punktów umieszczonych w środku budynku przez fotointerpretera (metoda O)
- Powyższe metody porównano dla zakresu rozmiarów okien sygnatury obrazu od 27 do 128 pikseli, zwiększając rozmiar okna co 4 piksele.
- W sumie przetestowano 25 wariantów rozmiarów sygnatur obrazu.
- Do porównań między metodami zastosowano iteracyjną metodę oceny dokładności.

C



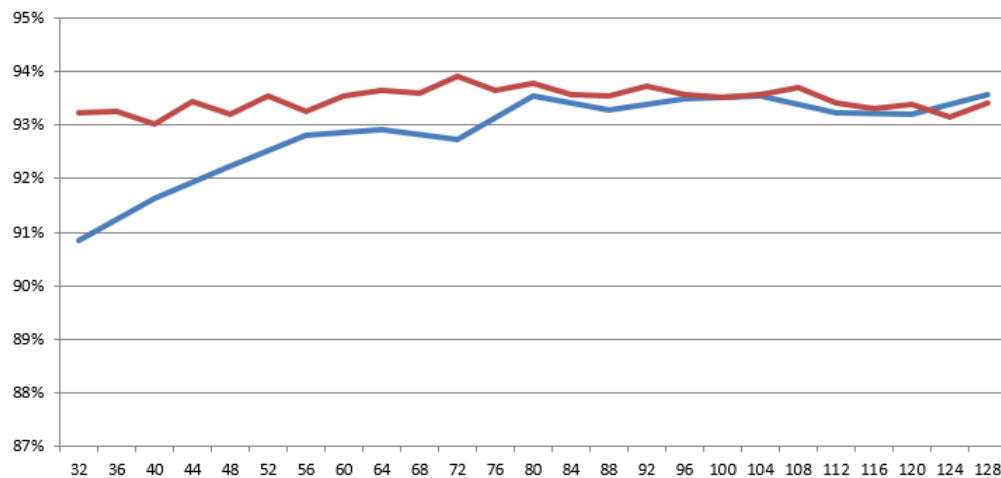
O



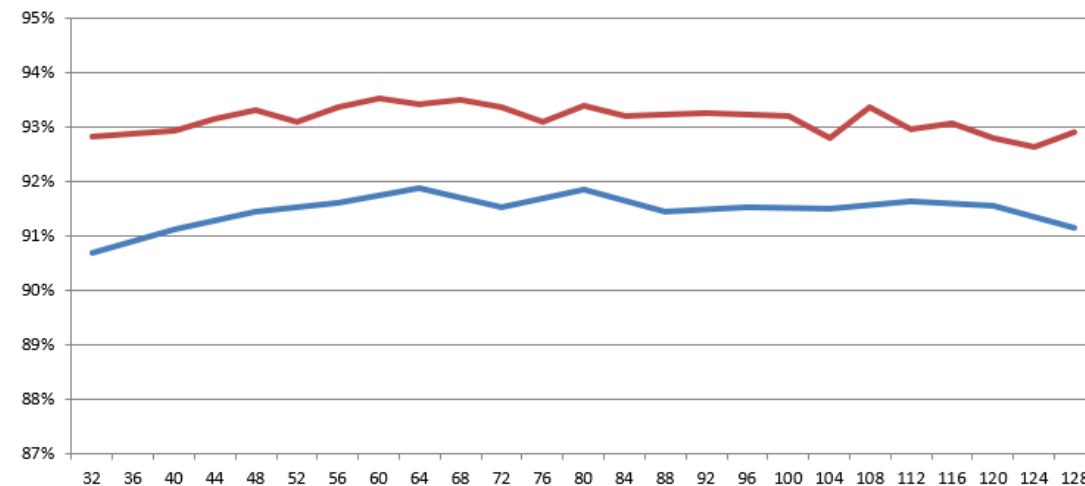
Eksperyment – obrysy budynków czy centroidy



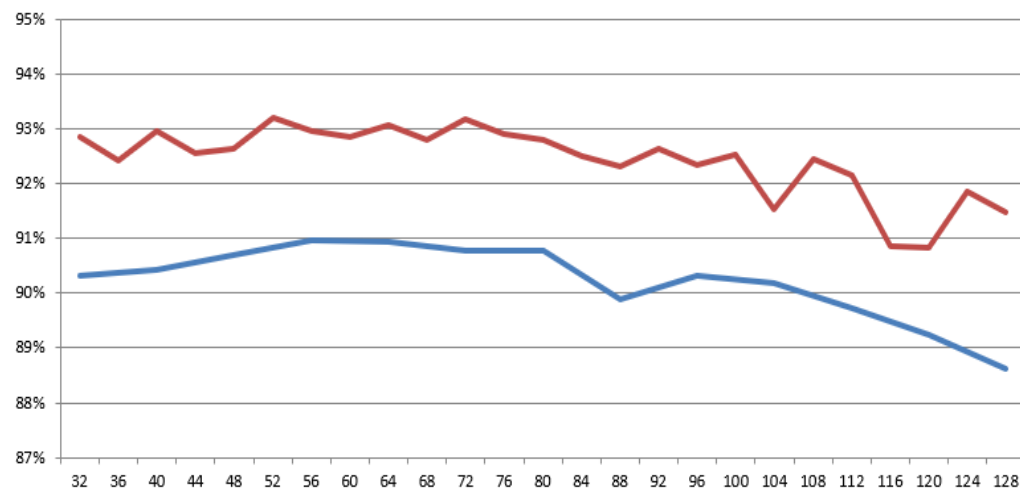
Całkowita dokładność klasyfikacji - rozdzielczość 10 cm



Całkowita dokładność klasyfikacji - rozdzielczość 25 cm



Całkowita dokładność klasyfikacji - rozdzielczość 50 cm



- Podsumowując, metoda O jest bardziej skuteczna niż metoda C, co skutkuje wyższymi wartościami ogólnej dokładności.
- Tylko dla ortofotomapy 10 cm metody C i O dały porównywalne wyniki dla okien o rozmiarach od 80 do 128 pikseli.
- We wszystkich przypadkach metoda O osiąga ogólną dokładność o 1 do 3 punktów procentowych wyższą niż metoda C.
- Wyniki wskazują na niski związek uzyskanych dokładności z wielkością sygnatury obrazu.

Wyniki część II



Eksperyment – mnożenie sygnatur obrazowych



- Eksperyment miał na celu określenie zasadności stosowania metod wzmocnienia wzorców do identyfikacji dachów azbestowo-cementowych.
- Porównano metody wzmacniania wzorców:

M1 – bez wzmocniania wzorców

M2 – wzmacnianie wzorców w trakcie uczenia

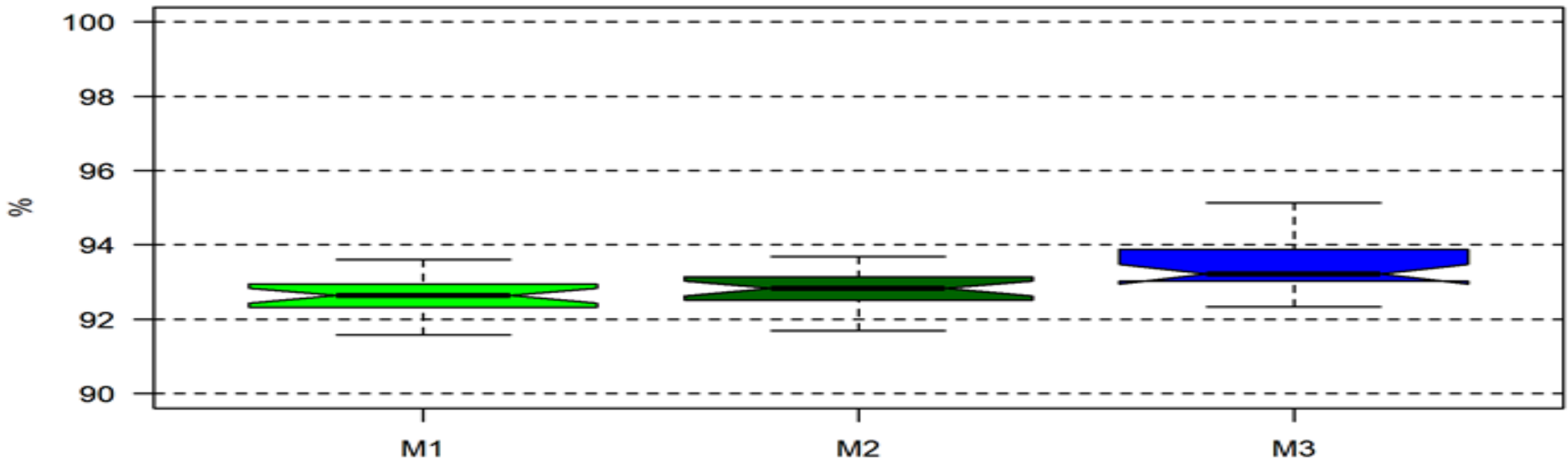
M3 – mnożenie sygnatur przed procesem uczenia

- Metody wzmocniania sygnatur obrazowych pozwalają na zwiększenie różnorodności gromadzonych danych, co powinno prowadzić do lepiej wyszkolonych modeli.

Wyniki



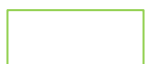
- Biorąc pod uwagę tylko całkowite dokładności klasyfikacji, zaleca się stosowanie metody M3.
- Podsumowując, spośród testowanych metod metoda M2 jest najlepszym kompromisem pomiędzy wymaganiami co do mocy obliczeniowej a uzyskiwaną dokładnością.
- Pomimo uzyskania większej dokładności dla metody M3, jest ona zbyt zasobochłonna i skutkuje wielokrotnie dłuższym czasem uczenia sieci.



Wyniki



Sklasyfikowane dachy azbestowo-cementowe



Sklasyfikowane inne dachy



Wojska Polskiego 72



Wojska Polskiego 74



Wojska Polskiego 85



Wojska Polskiego 80



- Opracowana metoda rozpoznawania dachów azbestowych jest skuteczna z całkowitą dokładnością klasyfikacji około 92%.
- Metoda ta pozwala na wykonywanie inwentaryzacji z natury w skali kraju co dwa lata.
- Obecnie w Polsce aktualizacja w skali kraju, ze względu na koszty i pracochłonność, trwa ponad dziesięć lat.
- Wstępne badania przeprowadzone dla obszaru Cypru wskazują na możliwość zastosowania opracowanej metody w innych krajach.
- Wskazanie lokalizacji dachów azbestowych umożliwia rozpoczęcie badań nad narażeniem środowiska na działanie azbestu.
- Jeden z czynników jakości środowiska i wpływu na zdrowie człowieka w analizie danych statystycznych.

Bardzo
dziękujemy za
uwagę

