

## cJaccard, cPrecision, cRecall and cF-score: Miary zgodności opracowane na potrzeby oceny dokładności danych Global Human Settlement Layer (GHSL)



Katarzyna Krasnodębska<sup>1</sup>



Przemysław Śleszyński<sup>1</sup>



Andrzej N. Affek<sup>1</sup>

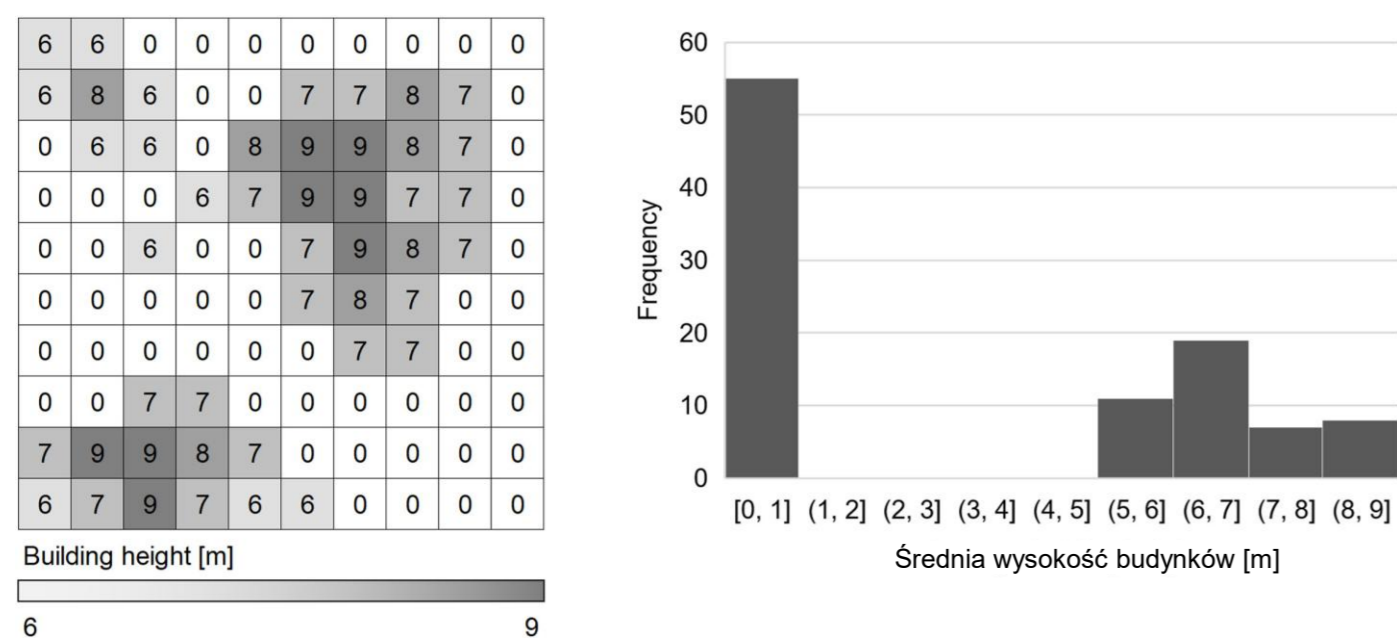
<sup>1</sup> Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk, e-mail: katarzyna.krasnodębska, psleszyn, a.affek @igipz.pan.pl

### WPROWADZENIE

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie opracowanych miar zgodności: *cJaccard*, *cPrecision*, *cRecall* i *cF-score*, ich wykorzystania w produkcji i oceny dokładności danych Global Human Settlement Layer (GHSL) oraz ich zastosowania w raporcie o zmianach krajobrazu w Polsce w perspektywie 1950-2050+ przygotowywanym w ramach Komitetu Nauk Geograficznych PAN (tzw. Zielona Księga Krajobrazów Polski).

### OBSZAR BADAWCZY

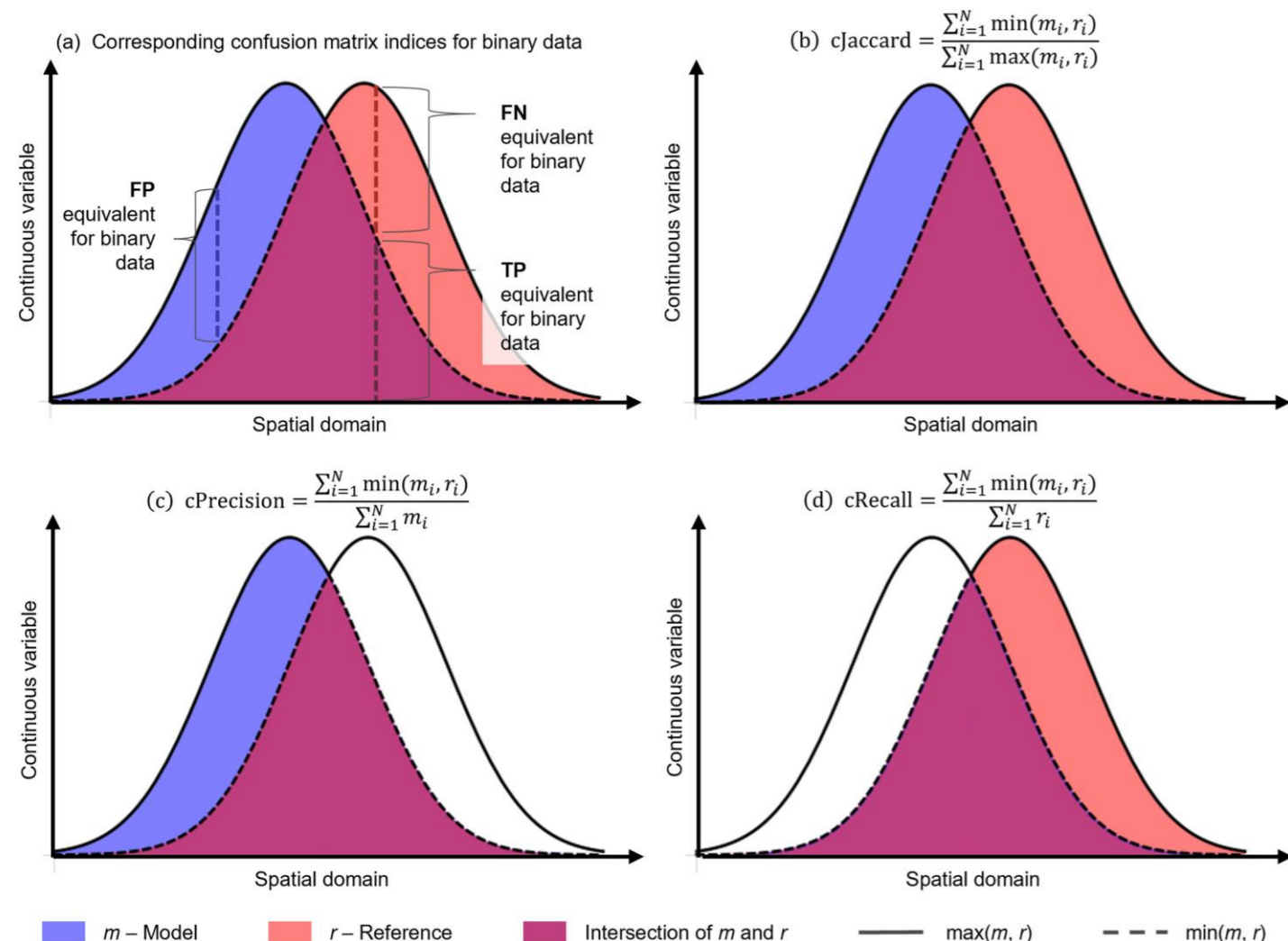
Dane przedstawiające oszacowania atrybutów w skali ilorazowej [1] są coraz częściej wykorzystywane do modelowania zmiennych przestrzenno-środowiskowych w formacie gridowym (Rys. 1), w tym oszacowań powierzchni klas (np. powierzchni zabudowanej), liczebności populacji lub pomiarów związanych z roślinnością, takich jak na przykład wysokość korony drzew. Krasnodębska et al. 2025 [2] przedstawili podejście mające na celu rozszerzenie powszechnie stosowanych miar zgodności wywodzących się z macierzy pomyłek, tj. wskaźnika Jaccarda (ang. *Jaccard Index*), Precyzji (ang. *Precision*), Czulości (ang. *Recall*), oraz ich kompozytu, *F-score* na nieujemne, ciągle atrybuty w skali ilorazowej. Proponowane miary, *cJaccard*, *cPrecision*, *cRecall* i *cF-score*, są rozszerzeniem swoich binarnych odpowiedników na skalę ilorazową, przy zachowaniu ich właściwości: są interpretowalne, o wartościach w przedziale 0 – 1, oraz są niezależne od rozkładu danych, a co za tym idzie odpowiednie do oceny danych o nierównomiernym rozkładzie (np. tzw. *rare events*).



Rys. 1. Ilustracja koncepcji danych gridowych w skali ilorazowej. Po lewej: zbiór danych w gridzie 10 × 10 przedstawiający średnią wysokość budynków w każdej komórce siatki. Po prawej: histogram oszacowanych wysokości budynków. Najczęściej występują wartości zerowe, czyli tło. Źródło: Krasnodębska et al. 2025 [2]

### METODY

Wskaźniki *cPrecision*, *cRecall* i *cJaccard* zostały sformułowane przez Krasnodębska et al. 2025 [2] z wykorzystaniem operatorów Minimum i Maksimum, obliczonych dla poszczególnych elementów. W tym podejściu, dane referencyjne i modelowane są traktowane oddzielnie, jako ciągle wielkości oszacowań atrybutów zdyskretyzowane do zbiorów zdefiniowanych dla każdego pojedynczego elementu (Rys. 2a). Ich zgodność jest interpretowana jako stosunek ich geometrycznego przecięcia do ich geometrycznej sumy (Rys. 2b-d). Przecięcie dwóch zbiorów jest interpretowane jako obszar zdefiniowany przez operator Minimum. Suma dwóch zbiorów interpretowana jest jako obszar zdefiniowany przez operator Maksimum. Wskaźnik *cF-score* jest sformułowany jako średnia harmoniczna wskaźników *cPrecision* i *cRecall*.



Rys. 2. Geometryczne przedstawienie pojęć geometrycznego przecięcia i geometrycznej sumy funkcji ciągłych (panele b,c,d) w odniesieniu do ich binarnych odpowiedników (panel a). Źródło: Krasnodębska et al. 2025 [2]

### WNIOSKI

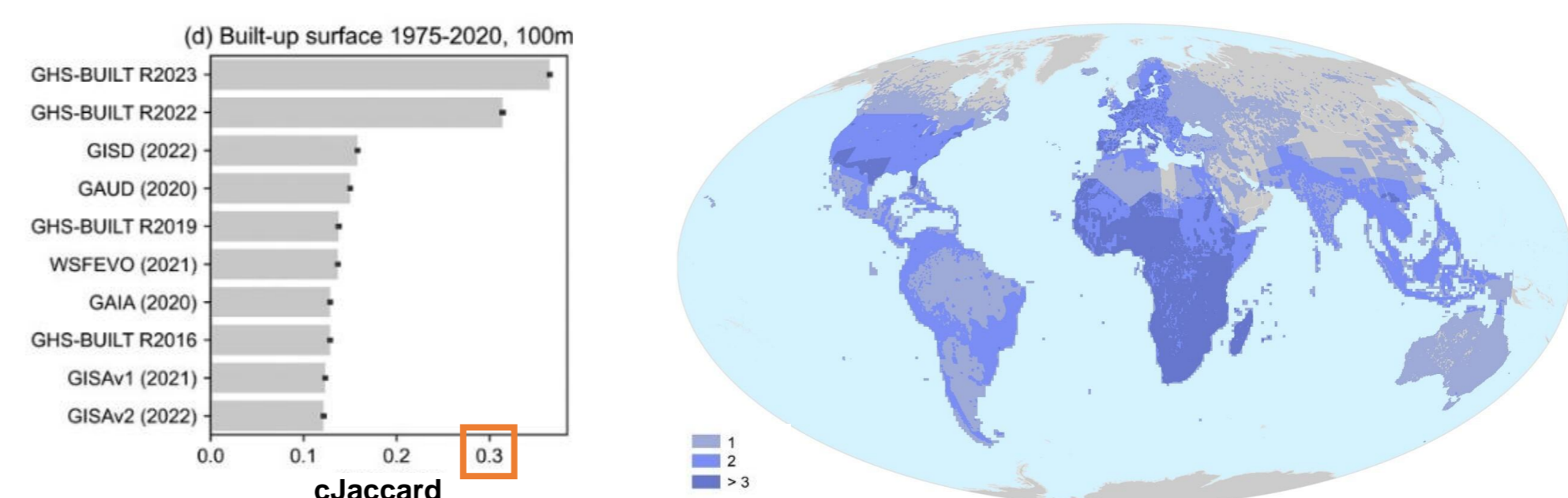
W niniejszej pracy przedstawiliśmy cztery wskaźniki służące do oceny zgodności danych przedstawiających ciągle oszacowania atrybutów w skali ilorazowej: *cJaccard*, *cPrecision*, *cRecall* oraz *cF-score*.

Ze względu na niezależność od rozkładu danych oraz zależność od wielkości porównywanych wartości, wskaźnik *cJaccard* jest praktyczną miarą do oceny dokładności zbiorów danych przedstawiających nierównomiernie rozłożone i rozproszone atrybuty w skali ilorazowej, takie jak rozproszone tereny zabudowane lub osadnictwo ludzkie, i znalazł szerokie zastosowanie w produkcji i ocenie danych GHSL.

Co więcej, wskaźniki *cPrecision* i *cRecall* umożliwiają rozróżnienie błędów niedoszacowania i przeszacowania w całkowitym odsetku błędnie przypisanych wielkości, dzięki czemu znajduje praktyczne zastosowanie w kontroli jakości produkowanych na bieżąco danych GHS-EMC.

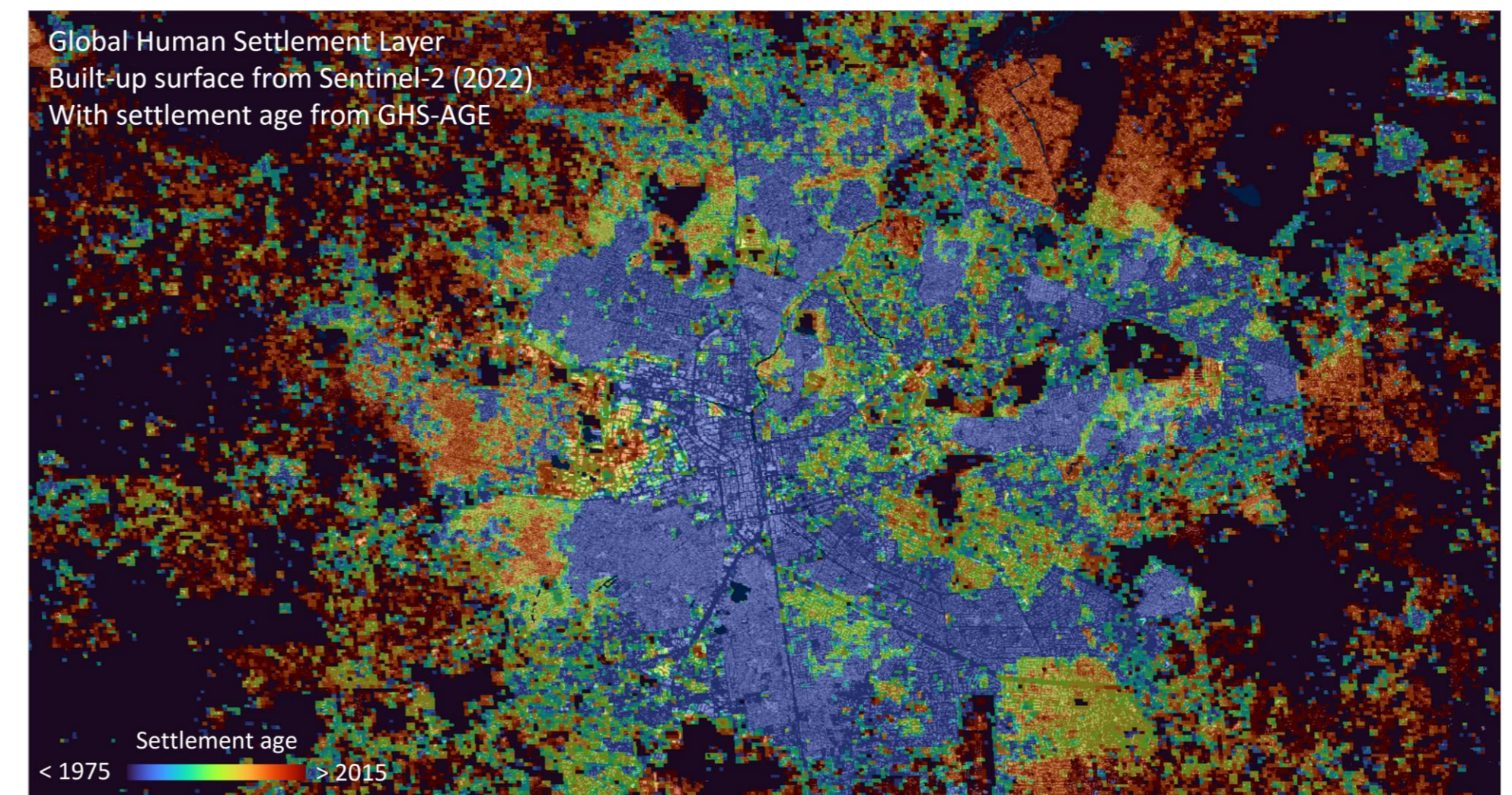
### ZASTOSOWANIE

Wskaźnik *cJaccard* został wykorzystany do optymalizacji modelu szacowania zmiany powierzchni terenów zabudowanych w czasie [3] wykorzystanego do produkcji danych wieloczasowych GHSL R2023A [4]. Wskaźnik *cJaccard* (Rys. 3) został również wykorzystany w szerokiej analizie mającej na celu porównanie danych GHSL z innymi otwartymi zestawami danych o zasięgu globalnym [5].



Rys. 3. Lewy panel: Ocena dokładności dostępnym w wolnym dostępie globalnych oszacowań powierzchni zabudowanej w czasie z wykorzystaniem wskaźnika *cJaccard* (w oryginalnym artykule zwanym R-accuracy). Dla każdego zestawu danych wartość *cJaccard* była niższa niż 0.4, podczas gdy całkowita zgodność mierzona ze wskaźnikiem *cJaccard* wynosi 1.0. Prawy panel: liczba niezależnych źródeł referencyjnych wektorowych obrysów budynków wykorzystana w ocenie. Źródło: Rys. 23 i Rys. 25 z Pesaresi et al. 2025 [5], zmodyfikowane przez autorów.

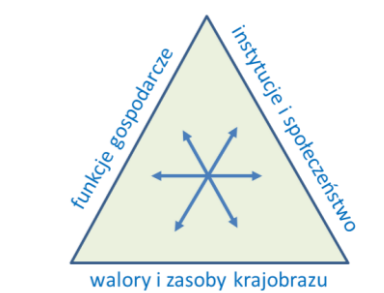
Wskaźniki *cPrecision*, *cRecall* i *cJaccard* są operacyjnie wykorzystywane do oceny jakości danych generowanych na bieżąco w ramach programu Copernicus Exposure Mapping Component (GHS-EMC, Rys. 4), dotyczących udziału terenów zabudowanych oraz udziału roślinności na terenach zabudowanych [6].



Rys. 4. Wizualizacja struktury i wieku terenów zabudowanych: bazowa warstwa (w białym kolorze) przedstawia szczegółową strukturę przestrzenną terenów zabudowanych, na podstawie danych GHS-EMC R2025A [7] o powierzchni terenów zabudowanych w 2022 r. w 10 m rozdzielczości, w kolorze przedstawiono szacowany wiek budynków, na podstawie danych GHS-AGE [8], w rozdzielczości 100 m, opracowanych na podstawie wieloczasowych danych GHSL R2023A. Wizualizacja: Johannes H. Uhl, Komisja Europejska.

Opracowane wskaźniki zgodności znajdują zastosowanie nie tylko przy ocenie jakości danych, ale również przy charakterystyce trendów osadniczych w czasie i w przestrzeni. Przykładem jest Zielona Księga Krajobrazów Polski – inicjatywa Komitetu Nauk Geograficznych PAN, której celem jest m.in. interdyscyplinarna synteza wiedzy o krajobrazach Polski oraz rekomendacje dla praktyki. W inicjatywie udział bierze ponad 200 osób z ok. 40 ośrodków kraju (nauki przyrodnicze, społeczne, techniczne, rolniczo-leśne i in.). Planowane rezultaty badań będą zawarte w ok. 40 subraportach w 5 grupach tematycznych, w tym C1 – „Krajobrazowe uwarunkowania zmian zaludnienia i osadnictwa”, synteza i inne działania (2024-2027+)

W subraporcie C1 (P. Sudra, K. Krasnodębska, P. Śleszyński wskaźnik *cJaccard* jest m.in. wykorzystany do ustalenia kierunków i natężenia procesów demograficznych i osadniczych zachodzących w krajobrazach Polski.



### LITERATURA

[1] Stevens S. S., 1946, *On the Theory of Scales of Measurement*, *Science*, 103(2684), 677–80, <https://doi.org/10.1126/science.103.2684.677>  
 [2] Krasnodębska K., Goch W., Uhl J. H., Versteeg J. A., Pesaresi M., 2025, *Advancing Precision, Recall, F-score, and Jaccard index: An approach for continuous, ratio-scale measurements*, *Environmental Modelling & Software*, 193, 106614, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2025.106614>  
 [3] Pesaresi M., Politis P., Goch K., Kemper T., 2024, *Operational procedure for multi-temporal assessment of built-up surfaces and volumes in the Global Human Settlement Layer R2023A*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, JRC135315, <https://dx.doi.org/10.2760/664949>  
 [4] European Commission. Joint Research Centre., 2023. *GHSL data package 2023*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, JRC133256, <https://dx.doi.org/10.2760/098587>  
 [5] Pesaresi M., Schiavina M., Politis P., Freire S., Krasnodębska K., Uhl J. H., et al., 2024, *Advances on the Global Human Settlement layer by joint assessment of earth observation and population survey data*, *International Journal of Digital Earth*, 17(1), 2390454, <https://doi.org/10.1080/17538947.2024.2390454>  
 [6] Kemper T., Politis P., Mari Rivero, I., Riffler, M., Leitner, A. et al., *Copernicus Exposure Mapping Component Built-up product 2022 - EMC-BUILT R2025*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2025, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/0844854>, JRC144315  
 [7] EMC-BUILT R2023A - Exposure Mapping Component built-up surface grid, derived from Sentinel-2 year 2022, European Commission, Joint Research Centre (JRC) PID: <http://data.europa.eu/89n/4c88ccc-bfd1-48c5-9047-61-c0343c41e9>, doi:10.2905/4c88ccc-bfd1-48c5-9047-61-c0343c41e9  
 [8] Uhl, J. H., Politis, P., Pesaresi, M. (2026): *GHSL-AGE R2025A - Global gridded estimates of the dominant age of the built stock (1975-2020)*, European Commission, Joint Research Centre PID: <http://data.europa.eu/89n/d503bb56-9884-4e4d-bb8f-d86711d9749f>, doi: <https://doi.org/10.2905/d503bb56-9884-4e4d-bb8f-d86711d9749f>