

Komunikat naukowy

**Program GEO I UN - HABITAT „Komplet narzędzi obserwacji
Ziemi dla zrównoważonych miast i społeczności” oraz projekt
„Urban policy observatory”**

GEO AND UN - HABITAT programme ‘Earth observation toolkit for
sustainable cities and communities’ and ‘Urban policy observatory’
project

Dariusz Dukaczewski, Anna Markowska

Instytut Geodezji i Kartografii

Abstract

On September 25, 2015, 193 UN member states has adopted the General Assembly Resolution on the 2030 Agenda for Sustainable Development. Its implementation is monitored by a set of global indicators. In the case of the Sustainable Development Goal 11: Make cities and human settlements safe, stable, sustainable and inclusive, three tasks have been identified (11.3, 11.6, 11.7), which can be monitored employing indicators based on the remote sensing data. These targets arosed the interest of the GEO - Group on Earth Observations, which in cooperation with the UN-Habitat agency established the Earth Observation Toolkit for Sustainable Cities and Communities Programme. The Evaluation Panel of UN-Habitat and GEO has evaluated submitted expressions, accepting consortia from 19 countries (including Poland). The Polish consortium (led by IGiK) identified the needs of 142 stakeholders. It also actively participates in the works of two out of four working groups. The Polish consortium also proposed the implementation of the Urban Policy Observatory project, highly assessed and approved by the management of the Program. The aim of this project is to develop a method of generating statistical indicators (dasymmetrically referenced), adapted to Polish needs. The scope of work includes the design, testing and development of indicators, testing the usability of data from Sentinel -2 satellite, employing the data from World-3, -4, as well as data from Sentinel-1, using data from TerraSAR-X. The scope includes also testing methods for generating new dasymmetric indicators. It is planned to test the methods of generating six indicators, to modify and test the methods of preparing four indicators, and to develop and test

methods for calculating six new indicators. The methodology for generating modified and new indicators was developed. These methods will be used to prepare the description of their implementation in the form of methodological document of the Statistics Poland.

Słowa kluczowe: wskaźniki zrównoważonego rozwoju miast, GEO, UN - Habitat, Urban Policy Observatory, teledetekcja

Keywords: The Sustainable Development Indicators of cities, GEO, UN-Habitat, Urban Policy Observatory, remote sensing

Wprowadzenie

25 września 2015 r. 193 państwa członkowskie ONZ przyjęły Rezolucję Zgromadzenia Ogólnego w sprawie *Agendy na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030*. Dokument ten określa 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju (ang. The Sustainable Development Goals - SDGs) oraz związanych z nimi 169 zadań, koncentrujących się na pięciu aspektach: Ludzie (People), Planeta (Planet), Dobrobyt (Prosperity), Pokój (Peace) i Partnerstwo (Partnership). Realizacja celów i zadań zrównoważonego rozwoju jest monitorowana za pomocą zestawu wskaźników globalnych (SDG Indicators), przyjętego Rezolucją Zgromadzenia Ogólnego w dniu 10 lipca 2017 r. Na poziomie globalnym monitoring koordynuje Komisja Statystyczna ONZ, na szczeblu regionalnym – regionalne agendy ONZ (np. Europejska Komisja Gospodarcza ONZ – UNECE), zaś w poszczególnych krajach – narodowe urzędy statystyczne w Polsce – Główny Urząd Statystyczny). W roku 2016 Komisja Europejska przyjęła zestaw 100 wskaźników (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/main-tables>), uwzględniający potrzeby i wyzwania stojące przed krajami UE, częściowo odmienny od przyjętego przez ONZ. W działania z zakresu zrównoważonego rozwoju włączyła się również aktywnie Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD), m. in. poprzez program *Inicjatywa na rzecz lepszego życia (Better Life Initiative)* oraz *Zielony wzrost i zrównoważony rozwój (Green growth and Sustainable development)*.

W ramach celu 11 zrównoważonego rozwoju: *Uczynić miasta i osiedla ludzkie bezpiecznymi, stabilnymi, zrównoważonymi oraz sprzyjającymi włączeniu społecznemu* na szczeblu globalnym przyjęto 14 wskaźników (<https://sdg.gov.pl/sustainable-cities-communities/>). W dokumencie *Realizacja Celów Zrównoważonego Rozwoju w Polsce. Raport 2018* w ramach celu 11 przyjęto osiem wskaźników obliczanych dla terenu Polski (https://sdg.gov.pl/statistics_nat/sustainable-cities-communities/). W ramach celu 11 zidentyfikowano trzy zadania dotyczące warunków życia w miastach, których monitoring jest możliwy za pomocą wskaźników wykorzystujących dane teledetekcyjne. Są to:

- zadanie 11.3: *do 2030 roku zwiększyć stopień inkluzji, zapewnić zrównoważoną urbanizację i partycypację w zintegrowanym i zrównoważonym planowaniu i gospodarowaniu osiedlami ludzkimi we wszystkich krajach;*
- zadanie 11.6: *do 2030 roku obniżyć niekorzystny wskaźnik negatywnego oddziaływania miasta na środowisko per capita, zwracając szczególną uwagę na jakość powietrza oraz gospodarowanie odpadami komunalnymi i innymi zanieczyszczeniami;*
- zadanie 11.7: *do 2030 roku zapewnić łatwy i powszechny dostęp do bezpiecznych i inkluzyjnych terenów zielonych i przestrzeni publicznej, szczególnie kobietom, dzieciom, osobom starszym i osobom z niepełnosprawnością.*

Zadaniami tymi zainteresowała się globalna sieć GEO – Group on Earth Observations, skupiająca ponad 100 instytucji rządowych, ponad 100 jednostek akademickich i instytutów badawczych oraz agencje i przedsiębiorstwa dostarczające dane satelitarne. We współpracy z agendą ONZ UN-Habitat, zajmującą się sprawami urbanizacji w roku 2020 został powołany program *Komplet Narzędzi Obserwacji Ziemi dla Zrównoważonych Miast i Społeczności* (ang. *Earth Observation Toolkit for Sustainable Cities and Communities*).

Cel i zakres badań w ramach programu “Komplet Narzędzi Obserwacji Ziemi dla Zrównoważonych Miast i Społeczności”

Celem programu jest wspieranie krajów, miast i lokalnych społeczności w zrozumieniu wartości i użyteczności obserwacji Ziemi dla realizacji Celu 11 Zrównoważonego Rozwoju oraz Nowej Agendy Miejskiej (NUA) a także zapewnienie praktycznych wskazówek i danych, narzędzi i przykładów użycia teledetekcji w monitoringu zrównoważonej urbanizacji (<https://eo-toolkit-guo-un-habitat.opendata.arcgis.com/>). Założenia te wymagają realizacji następujących zadań:

- identyfikacji lokalnych potrzeb w zakresie monitorowania, które można rozwiązać za pomocą zestawu narzędzi wykorzystujących dane satelitarne;
- koordynacji działań programu prac GEO, organizacji uczestniczących, partnerów zewnętrznych i powiązanych istotnych interesariuszy;
- dzielenia się wytycznymi, zbiorami danych i narzędziami oraz innowacyjnymi podejściami do tego, w jaki sposób można zastosować dane i technologie obserwacji Ziemi oraz postępy w platformach przetwarzania w chmurze w celu umożliwienia szybkiego i

efektywnego kosztowo dostępu do obserwacji Ziemi i korzystania z niej dla celów Zrównoważonego Rozwoju 11 i NUA przez kraje i miasta;

- łączenia doświadczeń krajowych, regionalnych i miejskich w celu wspierania koordynacji i współpracy między analitykami technicznymi, ekspertami obserwacji Ziemi i decydentami w zakresie roli i potencjalnego wkładu obserwacji Ziemi we wsparcie SDG 11 i NUA;
- zwiększania zdolności krajów i miast poprzez bezpośrednie wsparcie techniczne ze strony GEO, CEOS, UN-Habitat i innych partnerów.

Do programu zgłosiły akces podmioty z 19 krajów (Austrii, Chin, Francji, Grecji, Kolumbii, Kenii, Kostaryki, Meksyku, Królestwa Niderlandów, Nigerii, Polski, RPA, Szwajcarii, Szwecji, USA, Wenezueli, Wlk. Brytanii, Włoch i Zjednoczonych Emiratów Arabskich). Polskę reprezentuje konsorcjum w składzie: Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK), Główny Urząd Statystyczny (GUS), Obserwatorium Polityki Miejskiej IRMiR, Urząd Marszałkowski Województwa Mazowieckiego oraz Wydział Geografii i Studiów Regionalnych (WGiSR UW). Przedstawiciele lidera (IGiK) oraz GUS weszli w skład Komitetu Sterującego Programu. Utworzono cztery grupy robocze:

1. Impact (cel: zwiększenie rzeczywistego wpływu narzędzi i danych obserwacji Ziemi w odniesieniu do polityki i podejmowania decyzji związanych z 11 celem Zrównoważonego Rozwoju, powiązanych celami oraz Nową Agendą Miejską – NUA);
2. Awareness Building (cel: zwiększenie wpływu narzędzi i danych obserwacji Ziemi);
3. Benchlearning Across Levels (cel: uczenie się oparte na analizie porównawczej na różnych poziomach oraz transfer wiedzy);
4. FAIR Data – Findable, Accessible, Interoperable, Reusable (cel: doskonalenie danych, zapewnienie ich interoperacyjności, dostępu do nich oraz ich wielokrotnego wykorzystania).

Przedstawiciele IGiK i GUS weszli w skład grup roboczych nr 1 i 3 oraz kierownictwa grupy 1.

Do zadań grupy roboczej nr 1 należą:

- identyfikacja interesariuszy, ich priorytetów i potrzeb oraz określenie sposobów ich wspierania;
- identyfikacja barier w korzystaniu z narzędzi i zbiorów danych Obserwacji Ziemi (EO) oraz określenie metod ich przezwyciężenia;
- identyfikacja możliwości wywarcia dodatkowego lub przyspieszonego wpływu poprzez wykorzystanie narzędzi i zbiorów danych Obserwacji Ziemi (EO);

- identyfikacja i współpraca z 10 miastami w celu wsparcia wykorzystania danych i narzędzi EO;
- identyfikacja, pozyskanie funduszy które przyspieszą i umożliwią wykorzystanie danych oraz narzędzi EO;
- opracowanie wykazu narzędzi EO i zbiorów danych do wykorzystania przez interesariuszy;
- określenie potrzeb szkoleniowych / umiejętności interesariuszy i zaprojektowanie odpowiednich metod doskonalenia ich umiejętności i wiedzy;
- opracowanie poradników ('how-to guides'), skryptów, dokumentów technicznych;
- organizacja seminariów i przygotowanie materiałów szkoleniowych dla interesariuszy.

Badanie przeprowadzone przez IGiK pozwoliło na identyfikację 142 interesariuszy. Największą grupę stanowiły urzędy państwowe szczebla ogólnokrajowego (24), następnie urzędy państwowe szczebla lokalnego i urzędy samorządowe miast (po 18), urzędy państwowe szczebla regionalnego (17), decydenci szczebla lokalnego (15), agendy rządowe, w tym urzędy statystyczne (14), zespoły techniczne (13) i biura planowania miast (11). Mniejsze grupy stanowiły firmy sektora prywatnego (8), instytuty badawcze, agencje kosmiczne i inne (po 1). Analiza potrzeb w zakresie dokumentacji dotyczącej wykorzystania danych satelitarnych do generowania statystyk wykazała, iż w przypadku urzędów państwowych szczebla ogólnokrajowego, regionalnego i lokalnego oraz urzędów samorządowych miast, biur planowania, jak również decydentów szczebla lokalnego i firm sektora prywatnego najczęściej pożądanym typem dokumentu są opisy przypadków zastosowań. Ważną pozycję w tej grupie stanowią również przewodniki metodyczne. Znaczne zainteresowanie dokumentami tego typu deklarowały również agendy rządowe. Dokumentacja techniczna była natomiast preferowanym źródłem dla zespołów technicznych i jednym z częściej wymienianych przez urzędy samorządowe miast.

Obecnie prowadzone są prace mające na celu identyfikację barier w korzystaniu z narzędzi i danych obserwacji Ziemi. Nawiązywana jest ściślejsza współpraca z wybranymi 10 miastami kuli Ziemskiej (również z Polski) oraz prowadzone są prace mające na celu uzyskanie środków, które mają pozwolić na przyspieszenie wykorzystania danych oraz narzędzi EO.

Do głównych zadań grupy roboczej nr 3 należą:

- identyfikacja odbiorców transferu wiedzy;

- analiza zastosowań narzędzi EO dostępnych za pośrednictwem strony internetowej przez interesariuszy;
- analiza stwierdzonych luk w zakresie dostępnych narzędzi EO i ich uzupełnienie;
- opracowanie raportu na temat użycia wskaźników SDG 11 przez interesariuszy różnych poziomów;
- przygotowanie warsztatów w celu prezentacji metody, ustaleń i wyników innym grupom roboczym oraz zgromadzenie informacji zwrotnych, które posłużą do przygotowania raportu końcowego.
- wygenerowanie raportu końcowego na temat uczenia się opartego na analizie porównawczej na różnych poziomach i zastosowanej metody.

Grupa robocza nr 3 zrealizowała pierwsze zadanie. W chwili obecnej trwają prace nad analizą zastosowań i luk narzędzi EO dostępnych za pośrednictwem strony programu. Są prowadzone również badania nad wykorzystaniem wskaźników SDG 11 przez interesariuszy. Prace nad realizacją zadań grupy 1 i 3 będą kontynuowane w roku 2022.

Cel i zakres badań projektu “Urban Policy Observatory”

Polskie konsorcjum zaproponowało realizację projektu Urban Policy Observatory, wysoko ocenionego i zaakceptowanego przez kierownictwo programu Komplet Narzędzi Obserwacji Ziemi dla Zrównoważonych Miast i Społeczności. Celami tego projektu są:

1. Testowanie i rozwój wskaźników statystycznych (odniesionych dazymetrycznie), opracowanych na podstawie danych satelitarnych i danych *in-situ*, dotyczących:
 - SDG 11.3 urbanizacji, zagęszczenia zabudowy, dynamiki terenów zurbanizowanych, terenów porzuconych, stref zagrożenia erozją;
 - SDG 11.6 wysypisk, zanieczyszczenia powietrza w miastach, deficytu napowietrzenia terenów miejskich;
 - SDG 11.7 obszarów otwartych w miastach, bezpiecznych terenów zielonych.
2. Testowanie użyteczności danych z satelitów Sentinel – 2 (z wykorzystaniem jako materiału odniesienia danych z satelitów wysokorozdzielczych WorldView-3, - 4).
3. Opracowanie i testowanie metody generowania wskaźników.
4. Przygotowanie przez IGiK oraz WGiSR UW skryptów i materiałów szkoleniowych dla potencjalnych użytkowników:

- GUS-u - interesariusza przetwarzającego i publikującego dane dla administracji publicznej i obywateli;
- Obserwatorium Miejskiego IRMIR - interesariusza przetwarzającego i wykorzystującego dane;
- Urzędu Marszałkowskiego Województwa Mazowieckiego - interesariusza przetwarzającego i wykorzystującego dane.

W przypadku wskaźników grupy SDG 11.3. przewidziano testowanie i rozwój:

- Wskaźnika SDG 11.3.1 – Sustainable urbanization rates (wykorzystania ziemi do wzrostu zaludnienia);
- Zmodyfikowanego wskaźnika SDG 11.3.1.d – Dasymetric sustainable urbanization rates (wskaźnika odniesionego dazymetrycznie do terenów zabudowanych);
- Wskaźnika SDG 11.3.2 – Urban planning management (udziału procentowego miast z partycypacyjnymi mechanizmami w zakresie planowania).

Zaproponowano również:

- Dazymetryczny wskaźnik gęstości miejskiej (Dasymetric Indicator of Urban Density), stanowiący wynik analizy danych CORINE Land Cover level 6, demograficznych danych statystycznych, wskaźników teledetekcyjnych: NDVI, SAVI i wieloczasowej analizy głównych składowych;
- Dazymetryczny wskaźnik obszarów procesów konwersji miejskiej (Dasymetric Indicator of areas in urban conversion process), będący wynikiem analizy danych CORINE Land Cover level 6, demograficznych danych statystycznych, wskaźników teledetekcyjnych: NDVI - Normalized Difference Vegetation Index (Tucker, 1977), SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index (Huete, 1988), TSAVI - Transformed Soil Adjusted Vegetation Index Baret et al., 1989), IB - Index of Brightness (Escadafal, Pouget, 1987), RI - Redness Index (*ibid.*), CI - Coloration Index (*ibid.*) i wieloczasowej analizy głównych składowych;
- Dazymetryczny wskaźnik porzuconych terenów uprawnych (Dasymetric Indicator of abandoned arable land), stanowiący wynik analizy danych CORINE Land Cover level 6, wskaźników teledetekcyjnych: BI - Bare Soil Index (Rikimaru, Miyatake, 1997), SAVI, TSAVI, RI, XVI – Ruderal Vegetation Index (Dukaczewski, 1994).

Określono szczegółowo metodykę opracowania tych wskaźników. Jako obszary pilotażowe wybrano aglomerację Warszawy i Krakowa. W kolejnym etapie przewidziano ich ekstrapolację na teren województwa mazowieckiego.

W przypadku wskaźników grupy SDG 11.6. przewidziano testowanie i rozwój:

- Wskaźnika SDG 11.6.1 – Solid waste management (proporcja masy odpadów gromadzonych i kierowanych na wysypiska do estymowanej generowanej masy odpadów);
- Wskaźnika SDG 11.6.2 – Urban air pollution (średnie roczne poziomy drobnego pyłu zawieszonego).

Zaproponowano również:

- Zmodyfikowany wskaźnik SDG 11.6.2.d – Dazymetryczny wskaźnik miejskiego zanieczyszczenia powietrza (Dasymetric indicator of urban air pollution), uwzględniający średnie roczne poziomy drobnego pyłu zawieszonego odniesione do terenów zabudowanych);
- Dazymetryczny wskaźnik deficytu areacji (Dasymetric Indicator of aeration system deficit), obliczany drogą analizy przestrzennej stanu zanieczyszczenia powietrza, lokalizacji korytarzy napowietrzających, gęstości zaludnienia na terenach zabudowanych oraz zagregowanych danych medycznych o zachorowalności.

W przypadku tych wskaźników mają zostać zastosowane m. in. teledetekcyjne wskaźniki terenów zantropogenizowanych: NDVI, SAVI, TSAVI, IB, RI, XVI, CI i wieloczasowa analiza głównych składowych. Jako obszary pilotażowe wybrano aglomerację Warszawy, Krakowa i Poznania, konurbacji GOP. W kolejnym etapie przewidziano ich ekstrapolację na teren województwa mazowieckiego.

W przypadku wskaźników grupy SDG 11.7. przewidziano natomiast testowanie i rozwój:

- Wskaźnika SDG 11.7.1 – Open spaces in cities (średniego udziału terenów otwartych w miastach);
- Wskaźnika SDG 11.7.2 - Safe spaces in cities (udziału ofiar przemocy fizycznej lub seksualnej wg płci, wieku i typu niepełnosprawności w ciągu 12 miesięcy).

Zaproponowano również:

- Zmodyfikowany wskaźnik SDG 11.7.1.d – Dazymetryczny wskaźnik terenów otwartych w miastach (Dasymetric Indicator of open spaces in cities), stanowiący średni udział terenów otwartych w miastach z uwzględnieniem typów użytkowania / pokrycia terenu dla ludności z uwzględnieniem struktury wg płci, wieku oraz typu niepełnosprawności);
- Zmodyfikowany wskaźnik SDG 11.7.2.d – Dazymetryczny wskaźnik bezpiecznych przestrzeni w miastach (Dasymetric Indicator of safe spaces in cities), uwzględniający udział ofiar przemocy fizycznej lub seksualnej wg płci, wieku i typu

niepełnosprawności w ciągu 12 miesięcy odniesiony wieloboków typów użytkowania / pokrycia terenu);

- Dazymetryczny wskaźnik terenów otwartych w miastach i ich dostępności (Dasymetric Indicator of open spaces in cities and its accessibility), obliczony na podstawie średniego udziału terenów otwartych w miastach z uwzględnieniem typów użytkowania / pokrycia terenu i ich dostępności dla różnych grup niepełnosprawnych.

W przypadku tych wskaźników mają zostać zastosowane m.in. teledetekcyjne wskaźniki: GVI - Green Vegetation Index (Howard, 1991; Chiao, 1991), AST - Age Vegetation Index for broadleaved vegetation (Lienard, 1986), ASC - Age Vegetation Index for coniferous vegetation (*ibid.*), IPR - Coniferous Trees Index (*ibid.*), WU - Index of destruction (*ibid.*), SI - Canopy Shadow Index (*ibid.*), NDVI, SAVI, BI, IB, TSAVI, XVI i RI. Jako obszary pilotażowe wybrano aglomerację Warszawy, Krakowa i Poznania, konurbacji GOP. W kolejnym etapie przewidziano ich ekstrapolację na teren województwa mazowieckiego.

Dostępne materiały źródłowe i możliwości ich wykorzystania

Podstawowy materiał źródłowy do obliczania wskaźników grup SDG 11.3, 11.6 i 11.7 mają stanowić dane satelitarne Sentinel – 2 projektu Copernicus, dane statystyczne dla gmin oraz dane spisowe GUS. Z uwagi na celowość określenia wiarygodności danych średniorozdzielczych postanowiono wykorzystać jako materiał odniesienia do ich oceny wysokorozdzielcze dane satelitarne z satelitów WorldView-3, -4, udostępniane na zasadach komercyjnych za pośrednictwem IGiK. W przypadku wskaźników grupy SDG 11.6 zostaną wykorzystane również dane z satelity Sentinel – 5P. Podczas wypracowywania metod generowania wskaźników grupy SDG 11.7 przewidziano wykonanie na obszarze GOP dodatkowych badań interferometrycznych stabilności gruntu z wykorzystaniem danych z satelity Sentinel-1 programu Copernicus, których wiarygodność zostanie oceniona z zastosowaniem jako materiału odniesienia wyników przetworzeń wysokorozdzielczych danych satelitarnych TerraSAR-X udostępnianych na zasadach komercyjnych.

Jako pomocniczy materiał do realizacji prac związanych z wypracowaniem metody generowania wskaźników grupy SDG 11.3 zostanie wykorzystana baza danych CORINE Land Cover poziomu 3 (Bielecka, Ciołkosz, 2007) której kolejne edycje dla Polski były opracowane przez IGiK, baza danych Urban Atlas, BDOT10k (Dukaczewski, 2013) i ortofotomapy. Materiałem uzupełniającym będzie baza EGiB.

Materiałami pomocniczymi w przypadku prac związanych z opracowaniem metody generowania wskaźników grupy SDG 11.6. będą miejskie mapy hałasu oraz (w miarę dostępności) mapy zanieczyszczeń powietrza i mapy ruchu na terenach zurbanizowanych. Bardzo istotną rolę odegrają dane statystyczne dotyczące demografii oraz zagregowane statystyczne dane medyczne.

Rolę pomocniczych materiałów źródłowych do opracowania metod generowania wskaźników grupy SDG 11.7 winny odegrać dane dotyczące ścieżek dla niewidomych i niedowidzących, mapy miejskich systemów transportu zbiorowego i rozkłady, dane o wypadkach komunikacyjnych oraz dane o przestępstwach. Szczegółowa baza danych użytkowania ziemi na terenach miejskich (opracowana w trakcie prac dotyczących wskaźników grupy 11.3) ma natomiast posłużyć do wygenerowania map: powierzchni ulic, terenów zabudowanych, elementów miejskiej infrastruktury publicznej, otwartej przestrzeni publicznej, potencjalnej otwartej przestrzeni publicznej, publicznych terenów zielonych.

Metody generowania map wskaźników

Wstępny etap prac badawczych ma stanowić badanie wiarygodności danych średniorozdzielczych z satelitów Sentinel – 2 i Sentinel – 1 w oparciu o dane z satelitów wysokorozdzielczych (odpowiednio WorldView-3, -4 i TerraSAR-X). Z uwagi na różne parametry techniczne danych zespół projektujący uznał za celowe przeprowadzenie badania pojemności informacyjnej i użyteczności produktów do generowania wskaźników grup SDG 11.3, 11.6 i 11.7, możliwych do uzyskania w wyniku przeprowadzonych przetworzeń danych satelitarnych. Postanowiono więc przeprowadzić analizę kwalitonomiczną z wykorzystaniem Metody Uśrednionych Znamion Jakości (Kolman, 1977). Metoda ta umożliwia przeprowadzanie oceny na podstawie cech niemierzalnych lub trudnych do mierzenia w skali ilościowej. Umożliwia ona przejście ze skali jakościowej do ilościowej. Metoda ta wykorzystuje wektorową teorię stanów i kwalitonomię (zajmującą się badaniem stanów i zmian jakości). W przypadku analizy z wykorzystaniem wektorowej teorii stanów należy zrealizować następujące etapy:

1. Określenie stanów względnych kryteriów jakości (proporcjonalnych do stanów bezwzględnych) i przedziałów zmienności;
2. Analizę stanu zbiorczego czynników na płaszczyźnie stanów, przy wykorzystaniu czynnej składowej wersora czynnikowego (wersinta) i biernej składowej wersora czynnikowego (wernula);
3. Analizę wyników (ewentualne testowanie).

Badanie z wykorzystaniem analizy kwalitonomicznej wymaga zrealizowania następujących etapów:

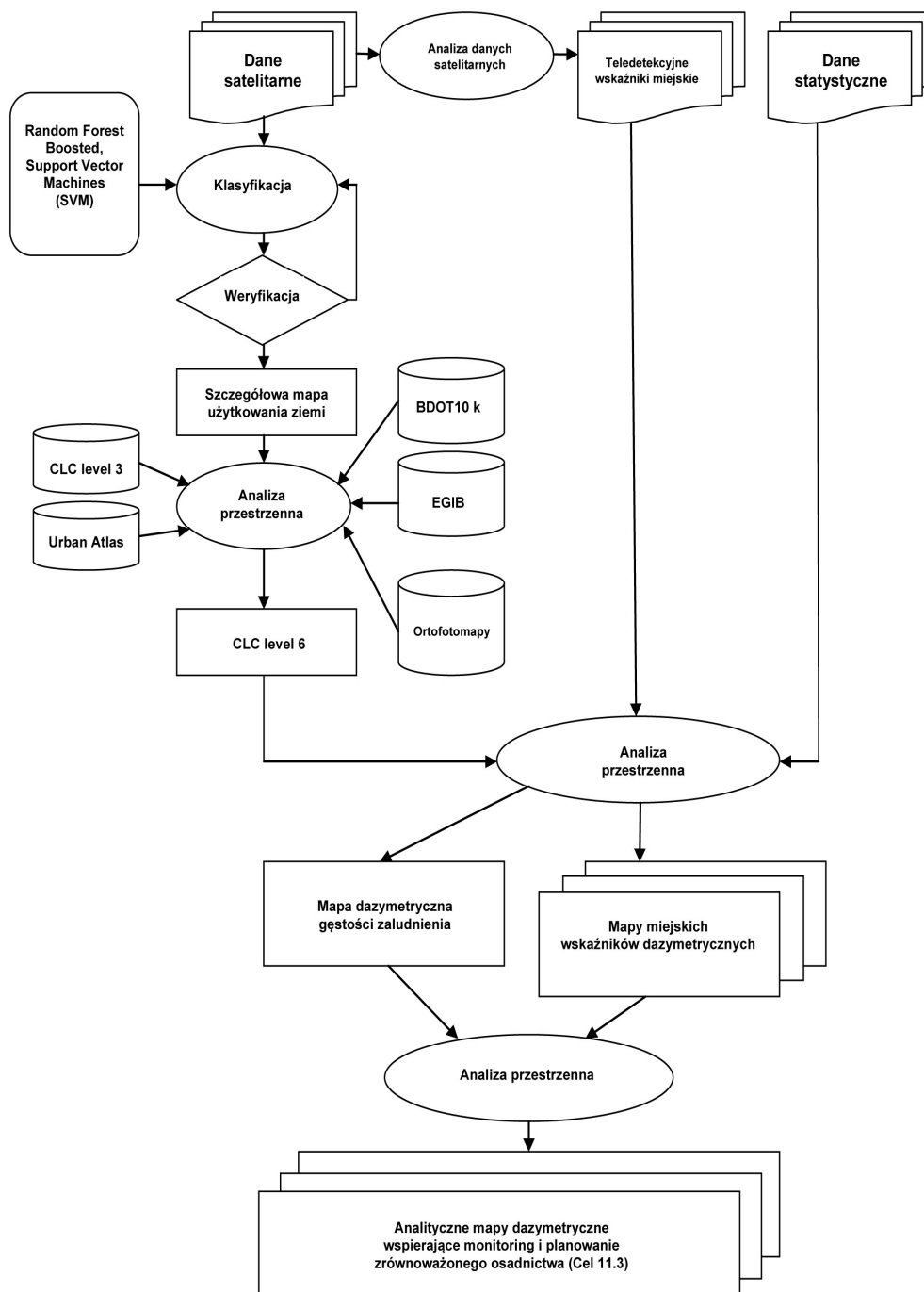
1. Wyboru przedmiotów jakości;
2. Zestawienia kryteriów jakości (niemierzalnych);
3. Selekcji kryteriów;
4. Podziału na grupy znamionowe;
5. Wyznaczania wyróżników kryterialnych (metryzacja, segregacja szczegółowa, segregacja przybliżona, porównanie stopniowane, rozstrzygnięcie alternatywne, taksacja);
6. Obliczenia znamionowych wyróżników jakości i różnicowanie ważności znamion jakości;
7. Obliczenia syntetycznego wskaźnika jakości;
8. Analizy wyniku (ewentualne testowanie).

Obie wersje metody dają zbliżone wyniki końcowe. Ze względu na szybkość obliczeń, dla celów testowania wybrano wersję wykorzystującą analizę kwalitonomiczną.

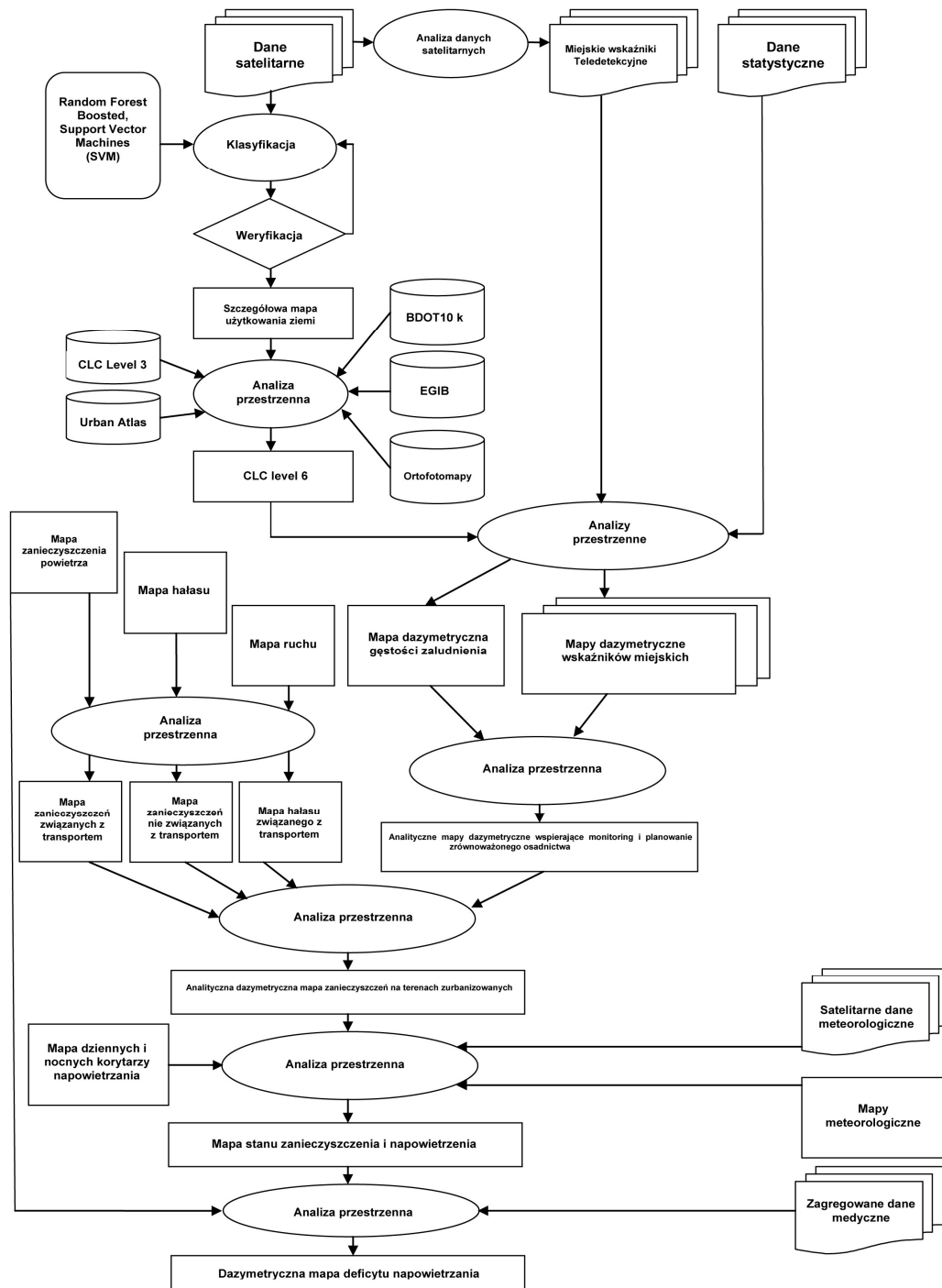
Jako pierwszy i wspólny etap prac nad wypracowaniem metod generowania wskaźników grupy SDG 11.3, 11.6 i 11.7 zaplanowano opracowanie szczegółowej mapy użytkowania ziemi drogą klasyfikacji danych satelitarnych na podstawie danych z satelitów Sentinel – 2 i WorldView-3, - 4. Mapa będzie poddawana analizie przestrzennej z wykorzystaniem baz danych: CORINE Land Cover level 3, Urban Atlas, BDOT10k, EGIB oraz ortofotomap (rys. 1). W jej wyniku powstanie szczegółowa warstwa użytkowania ziemi na terenach miejskich. Równoległe analizy danych satelitarnych ma pozwolić na generowanie teledetekcyjnych wskaźników miejskich. Uzyskane wyniki wraz z danymi statystycznymi mają umożliwić przeprowadzenie analizy przestrzennej w wyniku której mają być generowane mapy dazymetryczne gęstości zaludnienia oraz mapy miejskich wskaźników dazymetrycznych. Kolejna analiza ma pozwolić na generowanie nowych analitycznych map dazymetrycznych wspierających monitoring i planowanie zrównoważonego osadnictwa.

W przypadku prac nad nowymi wskaźnikami grupy SDG 11.6 postanowiono wykorzystać również dane z satelity Sentinel 5P. Uznano za celowe wykorzystanie analitycznych map dazymetrycznych, wypracowanych w ramach generowania wskaźników grupy SDG 11.3. Metoda została rozszerzona o opracowanie dazymetrycznej mapy zanieczyszczenia powietrza (rys. 2). Analiza dostępnych map hałasu oraz (w miarę dostępności) map zanieczyszczeń powietrza i ruchu ma pozwolić na opracowanie warstw zanieczyszczeń oraz hałasu związanych i nie związanych z transportem. Ich wykorzystanie wraz z analitycznymi mapami dazymetrycznymi wspierającymi monitoring i planowanie

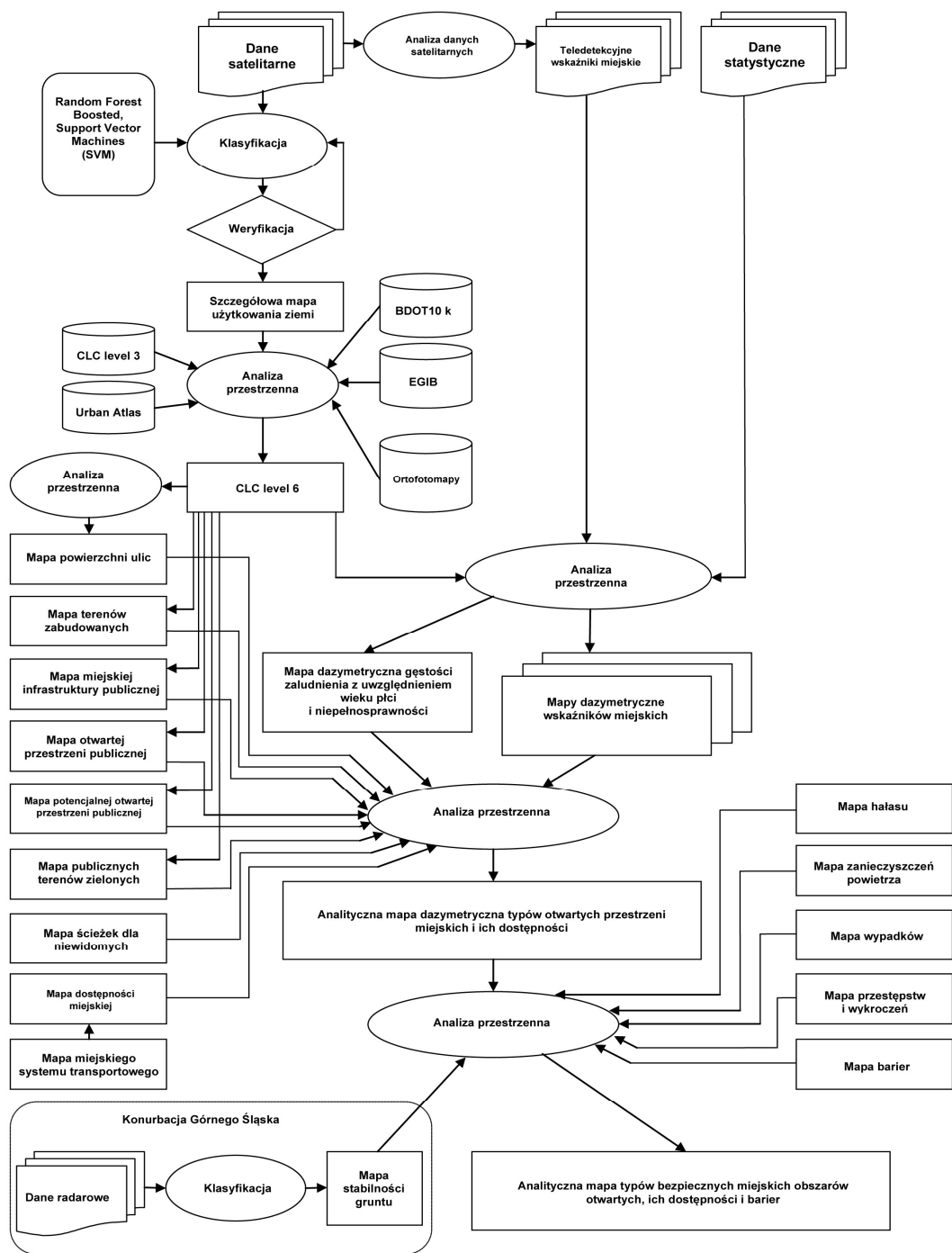
zrównoważonego osadnictwa ma umożliwić opracowanie analitycznej dazymetrycznej mapy zanieczyszczeń na terenach zurbanizowanych Analiza danych z satelity Sentinel 5P oraz opracowanej mapy korytarzy napowietrzania w powiązaniu z wcześniej opracowaną mapą ma umożliwić wygenerowanie mapy stanu zanieczyszczenia i napowietrzania. Ta zaś, w powiązaniu mapą zanieczyszczenia powietrza oraz zagregowanymi danymi medycznymi ma posłużyć do opracowania dazymetrycznej mapy deficytu napowietrzania.



Rys. 1. Ogólna metoda generowania wskaźników grupy SDG 11. 3



Rys. 2. Ogólna metoda generowania wskaźników grupy SDG 11. 6



Rys. 3. Ogólna metoda generowania wskaźników grupy SDG 11. 7

W przypadku prac nad nowymi wskaźnikami grupy SDG 11.7 postanowiono wykorzystać mapy wygenerowane w ramach realizacji prac związanych z zadaniem 11.3. Ponadto wykorzystanie demograficznych spisowych danych statystycznych GUS ma pozwolić na opracowanie mapy dazymetrycznej gęstości zaludnienia z uwzględnieniem wieku, płci i niepełnosprawności (rys. 3). Szczegółowa mapa użytkowania ziemi terenów miejskich ma zostać wykorzystana do utworzenia map powierzchni ulic, terenów zabudowanych, otwartej i potencjalnie otwartej powierzchni publicznej, publicznych terenów zielonych. Dane te w powiązaniu z mapą ścieżek dla niewidomych i niedowidzących, mapą dostępności miejskiej mają posłużyć do opracowania analitycznej mapy dazymetrycznej typów otwartych przestrzeni miejskich i ich dostępności.

Analityczna mapa dazymetryczna typów otwartych przestrzeni miejskich i ich dostępności, w powiązaniu z mapami hałasu, zanieczyszczeń powietrza, wypadków, przestępstw i wykroczeń, barier, ma posłużyć do opracowania analitycznej mapy typów bezpiecznych miejskich obszarów otwartych, ich dostępności i barier. Zakres treści tej mapy zostanie rozbudowany o dane na temat stabilności gruntu, opracowaną drogą badań interferometrycznych z wykorzystaniem danych satelitarnych TerraSAR-X oraz z satelity Sentinel-1. W tym zakresie zostaną wykorzystane doświadczenia IGiK, uzyskane w trakcie badań interferometrycznych, m. in. w ramach projektu DEFSAR z wykorzystaniem danych COSMO-SkyMed i TerraSAR-X (Ziolkowski et al., 2016) oraz danych z satelity Sentinel-1 (Sentinel-1 InSAR Coherence for Land CoverMapping..., 2020). Wypracowane i przetestowane metody mają posłużyć do zredagowania szczegółowego opisu ich realizacji w formie zeszytów metodycznych Głównego Urzędu Statystycznego.

Podsumowanie

Zaproponowany projekt Urban Policy Observatory i ogólna metoda jego realizacji zostały zaakceptowane przez kierownictwo programu Komplet Narzędzi Obserwacji Ziemi dla Zrównoważonych Miast i Społeczności GEO i UN-Habitat. Tym samym ma on szanse realizacji jako jedno z rozwiązań pilotujących w ramach realizowanego Programu. Projekt Urban Policy Observatory, podobnie jak proponowany program krajowy STATSAT (stanowiący jego uzupełnienie w zakresie potrzeb krajowych) ma za zdanie wsparcie administracji publicznej w procesach monitorowania i podejmowania decyzji drogą dostarczanie informacji dotyczących środowiskowych warunków jakości życia mieszkańców miast. Stanowi on zespół działań mających na celu dostosowanie i transfer rozwiązań technologicznych do jednostek służb statystyki publicznej, umożliwiających

wykorzystanie danych teledetekcyjnych do generowania wskaźników statystycznych. Zaproponowane rozwiązanie, polegające na wypracowaniu metody generowania wskaźników statystycznych na podstawie danych satelitarnych, ma na celu eliminację słabości polskiej administracji, która nie monitoruje w pełni zachodzących procesów przestrzennych ze względu na ograniczoną dostępność danych, ich wysoki koszt oraz luki w zakresie odpowiednich kompetencji dotyczących przetwarzania danych satelitarnych, ich interpretacji, analiz przestrzennych (z równoczesnym wykorzystaniem danych statystycznych oraz danych *in-situ*). Publikacja przez GUS map wskaźników wykorzystujących te dane umożliwi ich powszechne, bezpłatne zastosowanie. Mapy te pozwolą na formułowanie, diagnozowanie i monitorowanie celów wskazanych w krajowej polityce miejskiej (Art. 21a ustawy *o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym*) i zapewnią informacje dla ministra odpowiedzialnego za jej realizację (Art. 21b ustawy). Ich zakres tematyczny nawiązuje do zakresu Nowej Karty Lipskiej (przyjętej 30.11.2020 r.), wyznaczającej kierunki zrównoważonego rozwoju miast europejskich i polityki miejskiej UE po 2020 r., podkreślającej celowość działań na rzecz poprawy jakości środowiska naturalnego, zieleni, kształtowania zdrowych warunków życia w miastach i poprawy użytkowania ziemi na terenach zurbanizowanych. Docelowo Projekt ma przyczynić się do rozwiązania problemu dostępności wiarygodnych, szczegółowych, ciągłych, aktualnych danych dla planowania przestrzennego na najniższym szczeblu, umożliwiając pozyskanie danych statystycznych z użyciem metod teledetekcji i powszechne, darmowe udostępnienie ich przez GUS w postaci bazy danych i map z wykorzystaniem Portalu Geostatystycznego.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowanie Zespołowi Oceniającemu UN-Habitat, EO4SDG Initiative Executive Secretary, Human Planet and GUOI initiative, UN IAEG-SDG WGGI oraz GEO Urban Resilience Programme Board Sub Group za pozytywną ocenę wniosku projektu "Urban Policy Observatory".

Finansowanie

Badania powstały w ramach projektu Earth Observation Toolkit for Sustainable Cities and Communities Programme realizowanego ze środków Narodów Zjednoczonych

Literatura (References)

Baret F., Guyot G., Major D. J. 1989: TSAVI: A vegetation index which minimizes soil brightness effect on LAI and APAR estimation, *Proceedings of the Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS'89*, vol., 3: 1355 – 1358.

- Bielecka E., Ciołkosz A. 2007: Wykorzystanie informacji o pokryciu terenu zawartych w bazach CORINE Land Cover w gospodarce przestrzennej. *Roczniki Geomatyki* 5 (7): 27 – 38.
- Dukaczewski D. 1994: Mise au point d'un SIG multitemporel pour la gestion forestière et agricole, intégrant des données de télédétection, Thèse DESS, Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale, Université Paris VI Pierre et Marie Curie, Ecole Nationale des Sciences Géographiques, Toulouse, 89 p.
- Dukaczewski D. 2013: Porównanie BDOT10k z europejskimi bazami danych topograficznych [w:] R. Olszewski, D. Gotlib [red.], Rola Bazy Danych Obiektów Topograficznych w tworzeniu infrastruktury informacji przestrzennej w Polsce. Warszawa, GUGiK: 99 – 107, ISBN 978-83-254-1975-2.
- Escadafal R., Pouget M. 1987: Cartographie des formations superficielles en zone aride avec Landsat TM, *Photo-interprétation*, 4 (2) : 9 – 12;
- European Commission. Eurostat. Sustainable development indicators <https://ec.europa.eu/eurostat/web/sdi/main-tables>.
- Huete A. R. 1988: A Soil – Adjusted Vegetation Index (SAVI), *Remote Sensing of Environment* :295 – 309.
- Kolman R. 1977: Badanie wyrobów metodą uśrednionych znamion jakości. Bydgoszcz ,TNOiK, 54s.
- Programme GEO and UN-Habitat 'Earth Observation Toolkit for Sustainable Cities and Communities' <https://eo-toolkit-guo-un-habitat.opendata.arcgis.com/>.
- Projekt Urban Policy Observatory <https://eo-toolkit-guo-un-habitat.opendata.arcgis.com/pages/poland-use-case>.
- Realizacja Celów Zrównoważonego Rozwoju w Polsce. Raport 2018. Raport przyjęty przez Radę Ministrów 5 czerwca 2018 r., 106 s. http://unic.un.org.pl/files/259/Polska_VNR_20180615.pdf.
- Rezolucja przyjęta przez Zgromadzenie Ogólne w dniu 25 września 2015 r. 70/a Przekształcamy nasz świat: Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030, A/Res/70/1, Zgromadzenie Ogólne [ONZ], 41 s.
- Rikimaru A., Miyatake S. 1997: Development of Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model using Indices of Vegetation, Bare soil and Shadow. *Proceeding of the 18th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS) 1997*, vol. 3, Kuala Lumpur, Malaysia, 20–25 October 1997.
- Sentinel-1 InSAR Coherence for Land Cover Mapping: A Comparison of Multiple Feature-Based Classifiers (2020) A. Jacob, F. Vicente-Guijalba, C. Lopez-Martinez, J. M. Lopez-Sanchez, M. Litzinger, H. Kristen, A. Mestre-Quereda, D. Ziolkowski, M. Lavallo, C. Notarnicola, G. Suresh, O. Antropov, Shaojia Ge, J. Praks, Yifang Ban, E. Pottier, J. J. Mallorquí, J. Duro, and M. Engdahl; *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 13(1):535-552.
- Tucker C. V. 1977: Use of near infrared red radiance ratios for estimating vegetation biomass and physical status, *Proceedings of 11 International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Ann Arbor, vol. 1, ERIM:493 – 494.

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 nr 80, poz. 717 z późn. zm.). Ziolkowski D., Kraszewski B., Karwel A.K., Kurczynski Z. 2016: Integration of Digital Surface Models from Photogrammetric and Airborne Laser Scanning Data for the Processing of Radar Imagery, *16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016*, 28 June - 6 July 2016, Albena. Book 2, vol. 2:917-924.

Streszczenie

25 września 2015 r. 193 państwa członkowskie ONZ przyjęły Rezolucję Zgromadzenia Ogólnego w sprawie Agendy na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030. Jej realizacja jest monitorowana za pomocą zestawu wskaźników globalnych. W ramach celu 11 Zrównoważonego Rozwoju: Uczynić miasta i osiedla ludzkie bezpiecznymi, stabilnymi, zrównoważonymi oraz sprzyjającymi włączeniu społecznemu zidentyfikowano trzy zadania (11.3, 11.6 i 11.7), których monitoring jest możliwy za pomocą wskaźników wykorzystujących dane teledetekcyjne. Zadaniem tymi zainteresowała się sieć GEO – Group on Earth Observations, która we współpracy z agendą ONZ UN-Habitat powołała program Komplet Narzędzi Obserwacji Ziemi dla Zrównoważonych Miast i Społeczności. Do programu akces zgłosiły podmioty z 19 krajów (w tym z Polski). Konsorcjum polskie (kierowane przez IGiK) zidentyfikowało potrzeby 142 interesariuszy z 19 krajów projektu. Uczestniczy również aktywnie w pracach dwóch spośród czterech grup roboczych. Konsorcjum polskie zaproponowało także realizację projektu Urban Policy Observatory, wysoko ocenionego i zaakceptowanego przez kierownictwo Programu. Jego celem jest wypracowanie metody generowania wskaźników statystycznych (odniesionych dazymetrycznie) do monitorowania realizacji zadań 11.3, 11.6 i 11.7, dostosowanych do warunków i potrzeb polskich. Zakres prac obejmuje projektowanie, testowanie i rozwój wskaźników, badanie użyteczności danych z satelitów Sentinel -2 programu Copernicus w oparciu o dane wysokorozdzielcze z satelitów World-3, -4 oraz danych z satelity Sentinel-1 z wykorzystaniem danych z satelitarnych TerraSAR-X, wypracowanie i testowanie metod generowania nowych wskaźników dazymetrycznych oraz przygotowanie skryptów i materiałów szkoleniowych dla potencjalnych użytkowników. Przewidziano testowanie metod generowania sześciu wskaźników (po dwa dla zadań: 11.3, 11.6 i 11.7), modyfikację i testowanie metod przygotowywania czterech wskaźników (po jednym dla zadań: 11.3 i 11.6 oraz dwóch dla 11.7), a także wypracowanie i testowanie metod obliczania sześciu nowych wskaźników (trzech w ramach zadania 11.3, dwóch w 11.6 i jednego w 11.7). Opracowano metodykę generowania zmodyfikowanych i nowych wskaźników statystycznych. Wypracowane i przetestowane metody mają posłużyć do zredagowania szczegółowego opisu ich realizacji w formie zeszytów metodycznych GUS.

Dane autorów / Authors details

dr hab. Dariusz Dukaczewski, prof. IGiK

ORCID 0000-0002-9885-2257

e-mail: dariusz.dukaczewski@igik.edu.pl

dr Anna Markowska

ORCID 0000-0001-8446-6171

e-mail: anna.markowska@igik.edu.pl

Przesłano / Received	04.08.2020
Zaakceptowano / Accepted	25.09.2020
Opublikowano / Published	28.09.2020



© Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

