

# STANDARDY I METADANE

Kilkuletnie prace autorów nad ustanowieniem standardu wykonawczego (technicznego) dla procesu inwentaryzacji obiektów architektonicznych, budownictwa ogólnego i zabytkowego zwieńczone zostały przedstawieniem macierzy produktu końcowego. Bazą dla jego powstania jest skanowanie laserowe.

PIOTR FALKOWSKI,  
ZENON PARZYŃSKI,  
JACEK UCHAŃSKI,  
ŁUKASZ UCHAŃSKI

Istnieje pilna potrzeba zastąpienia nowym dokumentem dotychczasowej instrukcji technicznej G 3.4 dotyczącej inwentaryzacji architektonicznej. Ale standaryzacja procesu inwentaryzacji obiektu stanowi tylko margines bardziej złożonego zagadnienia, jakim jest standaryzacja prac związanych z technologią skaningu laserowego (TLS, MLS i LiDAR) w ogóle. Przyczyn powstania koncepcji standardu metadanych dla skanowania jest wiele. Najważniejsze potrzeby to:

- scharakteryzowanie parametrów technicznych różnych metod skanowania,
- ustalenie metod i sposobów certyfikacji i kalibrowania urządzeń,
- zdefiniowanie i scharakteryzowanie rodzajów i parametrów zbiorów danych pomiarowych (chmury punktów),
- określenie sposobu nadawania chmurom punktów georeferencji oraz przedstawienia metod i aplikacji wykorzystywanych w postprocessingu,

- ustalenie postaci produktu końcowego wraz z jego charakterystyką,

- określenie sposobu opisu wymienionych powyżej danych,

- ustalenie uniwersalnych formatów wymiany danych przestrzennych dla chmur punktów oraz wygenerowania z nich produktów,

- ustalenie sposobu identyfikacji w procesie archiwizacji i składowania danych przestrzennych.

## ● ○ METADANYCH

Aby cała operacja standaryzacji miała sens, wszystkie powstałe w procesie skanowania zbiory i produkty należy opisywać metadanymi z uwzględnieniem reguł wynikających z dyrektywy INSPIRE. Jak wiadomo, metadane są to dane o danych. Odgrywają one istotną rolę w tworzeniu infrastruktur danych przestrzennych, szczególnie w szybkim i efektywnym wyszukiwaniu danych. Dyrektywa INSPIRE nakłada na kraje Unii Europejskiej obowiązek tworzenia metadanych o zasobach danych przestrzennych. To zaś wymaga zastosowania wielu standardów geoinformatycznych zdefiniowanych normami ISO. Narzędziem do tworzenia metada-

nych są najczęściej dedykowane aplikacje. Poza tym poszczególne zbiory danych przestrzennych po połączeniu mają stanowić spójny nowy zbiór, a ich łączenie przebiegać ma automatycznie.

Konieczne staje się więc opracowanie przepisów określających rozwiązania techniczne zapewniające interoperacyjność oraz harmonizację zbiorów danych przestrzennych i usług dla skanowania laserowego.

W rozporządzeniu Komisji Europejskiej nr 1205 z 3 grudnia 2008 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady określono, czym są metadane oraz cel ich tworzenia. Na tej podstawie można je podzielić na metadane opisujące:

1. zbiory, serie zbiorów i usługi,
2. niektóre typy danych,
3. technologię wykorzystaną do zebrania danych i/lub służącą do przetworzenia danych źródłowych.

W pierwszej grupie znajdują się te metadane, które dotyczą identyfikacji zbioru (nazwa, typ, język, adres i identyfikator zbioru). W drugiej – metadane opisujące konkretne da-

	D1	D2	D3	D4	D5
S1	Q1			Q14	
S2		Q2			
S3			Q3		
S4				Q4	
S5		Q52			Q5

Rys. 1. Macierz klasy produktu

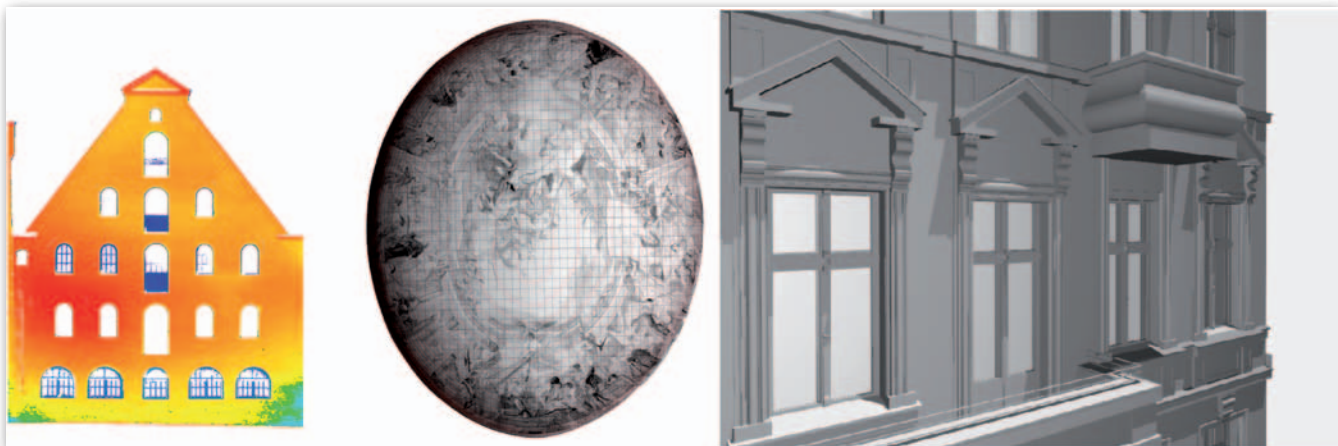
(np. działki ewidencyjne). Do trzeciej zaliczyć można metadane dotyczące jakości i ważności zbioru (pod warunkiem że w opisie zostaną ujęte kwestie technologii zbierania i/lub przetwarzania danych).

Sprawa rozdziału metadanych opisujących zbiór od metadanych opisujących konkretne dane nie jest jednak oczywista. Bo czy metadane opisujące np. dokładność lub aktualność są metadanymi zbioru, czy danych znajdujących się w zbiorze? Rozdziału takiego można jednak dokonać. Jeśli np. jakiś element metadanych opisuje dokładność danych jednym wskaźnikiem (bez podziału na rodzaje danych), jest to element opisujący zbiór. Jeśli natomiast opis dokładności odnosi się do wybranych danych zbioru – to taki element metadanych byłby elementem opisującym dane.

W rozporządzeniu KE nie znajdziemy opisu technolo-



Rys. 2. Przykłady wykonywanych opracowań i produktów końcowych według macierzy klasy produktu; od lewej: Q4, Q4, Q2



Rys. 3. Jakość wykonywanych opracowań według macierzy klasy produktu; od lewej: Q3, Q3, Q3

gii w kontekście metadanych. Niemniej uważamy, że zbiór metadanych należy rozszerzyć o pewne elementy dotyczące technologii zbierania danych źródłowych i postprocessingu. W szczególności dotyczy to skaningu laserowego, w przypadku którego brakuje standardów technicznych dotyczących sprawdzania i kalibracji sprzętu czy stosowania danej metody.

Kwestią podstawową staje się zatem ustalenie:

- metod pozyskiwania danych,
- sposobu ich przetworzenia,
- postaci produktu końcowego.

Dlatego najpierw należy rozpatrzyć sposób opisywania i notacji informacji dotyczących wszystkich powyższych elementów. Najbardziej odpowiednie wydaje się zdefiniowanie metadanych opisujących zarówno parametry używanego sprzętu, jak i strukturę samych danych pozyskanych w czasie pomiaru. Sugerowany jest tu podział na trzy ściśle ze so-

bą związane grupy obejmujące technologie skanowania laserowego: TLS (naziemna), MLS (mobilna), oraz LiDAR (lotnicza). Dla każdej z nich należy określić krótkie zestawienie użytkowanego sprzętu, rodzajów rejestrowanych danych oraz dokumentów opisujących produkty końcowe. Zestawienie takie obejmowałoby:

- specyfikację sprzętu używanego do pozyskiwania danych,
- strukturę oraz specyfikację rejestrowanej chmury punktów,
- wielkość i gęstość chmury punktów,
- cel utworzenia zbioru danych (chmury punktów),
- format zapisu danych,
- rodzaj wybranej georeferencji,
- rodzaj skanera,
- rozdzielczość,
- certyfikację i kalibrację urządzenia,
- charakter i rodzaj postprocessingu,
- format wymiany danych,
- rodzaj produktu końcowego.

## ● NAZIEMNY SKANING LASEROWY

Naziemny skaningu laserowego (Terrestrial Laser Scanning) jest stosunkowo nową techniką pomiaru. Jej działanie opiera się na wysyłaniu wiązki laserowej oraz rejestrowaniu odbicia w trybie fazowym bądź impulsowym. Wracając do skanera, wiązka niesie ze sobą informacje dotyczące wartości odbicia sygnału od powierzchni obiektu (np. budynku). Za jej pomocą jesteśmy także w stanie zmierzyć kąt oraz dystans do skanowanego obiektu.

Produkty otrzymywane w wyniku TLS to:

- chmura punktów o współrzędnych  $x, y, z$ ,
  - *intensity image* (czyli czarno-białe zdjęcie zarejestrowane przez detektor lasera) i zbiór zdjęć pomiarowych.
- Pomiary TLS wykonuje się w celu uzyskania precyzyjnego trójwymiarowego modelu obiektu, a na potrzeby użytkowników wytwarzane są następujące produkty:
- trójwymiarowe modele w postaci chmury punktów po-

zwalające na wykonywanie pomiarów, generowanie przekrojów i wizualizację obiektów,

- rysunki inwentaryzacyjne (rzuty, przekroje i widoki wytworzone na bazie zarejestrowanej chmury punktów),
- trójwymiarowe, wektorowe modele budynków, obiektów przemysłowych i inżynierskich,
- modele obiektów o nietypowych kształtach (w tym tzw. inżynieria odwrotna), badanie deformacji.

Wymienione produkty znajdują coraz częstsze zastosowanie przy opracowywaniu dokumentacji BIM (Building Information Modeling) dostarczającej informacji o budowlach dla potrzeb zarządzania nimi oraz STEP (Standard for the Exchange of Product Data) umożliwiającą zachowanie interoperacyjności danych pomiędzy systemami. Zarówno BIM, jak i STEP charakteryzują się tym, iż do pełnego ich wykorzystania potrzebne są właśnie metadane, a zatem i tutaj stajemy przed koniecznością uzupełnienia surowych da-

ŹRÓDŁO: SCAN3D POLSKA

ŹRÓDŁO: SCAN3D POLSKA

nych o dodatkowe dane systematyzujące. Do dziś nie został jednak wypracowany żaden standard ISO poświęcony naziemnemu skaningu laserowemu (co potwierdza chociażby David Barber z Uniwersytetu w Newcastle w pracy „Towards a standard specification for terrestrial laser scanning of cultural heritage”).

## ● MOBILNY SKANING LASEROWY

MLS (Mobile Laser Scanning) jest technologią pomiaru pozwalającą na rejestrowanie chmury punktów za pomocą skanera zamontowanego na pojeździe. W przypadku platformy MLS elementami, które powinny podlegać pełnej charakterystyce za pomocą metadanych, są:

- rodzaj pojazdu (samochód, platforma ruchoma, wagon kolejowy, łódź),

- typ skanera lub grupy skanerów działających w funkcji profilowania,

- typ inercyjnego systemu nawigacyjnego (INS),

- typ odbiornika GNSS wspomagającego działanie INS,

- typ zestawu kamer pomiarowych pozwalających na wykonywanie pomiarów stereoskopowych,

- typ jednostki rejestrującej dane,

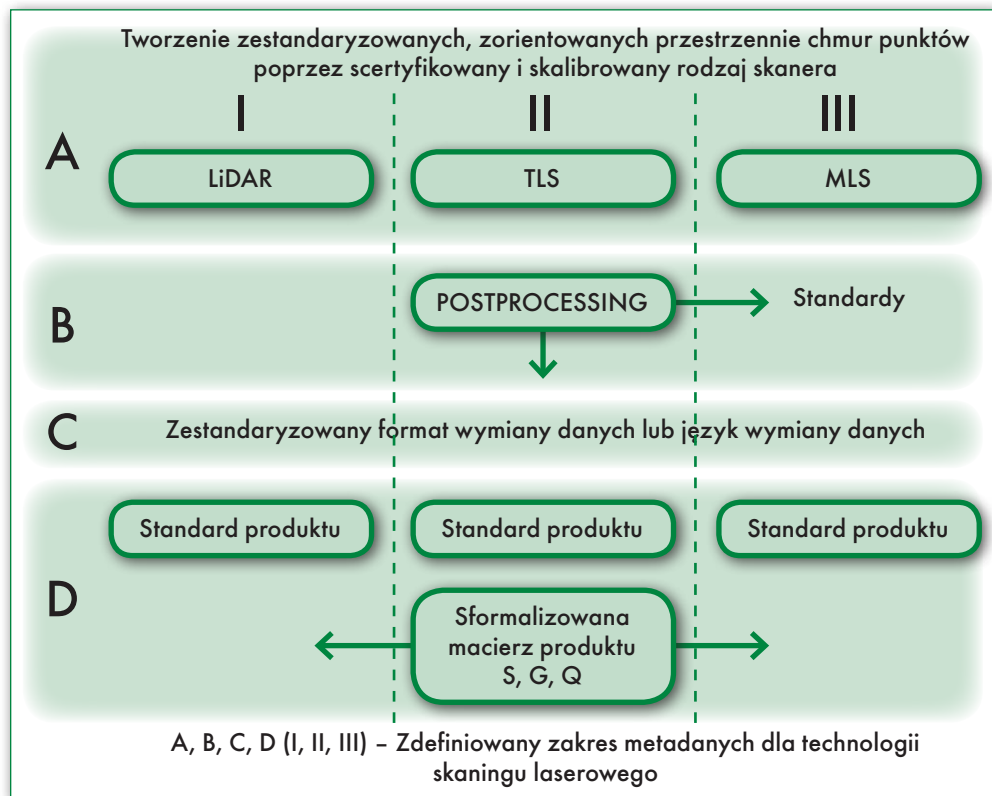
- format zapisu danych umożliwiających pełną interoperacyjność (np. z systemami typu CAD bądź uniwersalnymi, jak: LAS, PTS lub PTC),

- poziom gęstości rejestrowanych informacji w stosunku do poziomu szczegółowości wykonywanych na ich podstawie opracowań,

- georeferencja umożliwiająca zorientowanie pozyskanych chmur punktów,

- certyfikaty precyzujące zarówno jakość opracowań, jak i rektyfikację użytkownego sprzętu (skanerów lub anten GPS).

Istotne w tym przypadku staje się odpowiednie zaszeregowanie stosowanych narzędzi oraz podanie ich parametrów technicznych w sposób



Rys. 4. Proponowany zakres obszarowy zapisany w postaci metadanych

umożliwiający późniejsze wykorzystanie.

Równie ważne jest opisanie pozyskanych danych, czyli:

- chmury punktów – charakteryzuje się ona różną gęstością (50 do 5 tys. pkt/m<sup>2</sup>) i różną dokładnością wyznaczenia współrzędnych (od centymetra do metrów w stosunku do zewnętrznej osnowy) i w wielu rozwiązaniach jest uzupełniona informacjami o barwie mierzonych obiektów,

- zbioru zdjęć pomiarowych.

W wyniku pomiaru uzyskujemy dodatkowe dane do stworzenia precyzyjnego modelu 3D obiektu, które także należałoby opisać:

- chmura punktów o rozdzielczości od 200 do 2 tys. pkt/m<sup>2</sup> (dokładność 2 cm, a dla powierzchni płaskich 0,5 cm),

- zdjęcia dokumentujące mierzony obiekt i pozwalające na wykonywanie pomiarów współrzędnych z dokładnością 10 cm.

Chmura stanowi wirtualny, dokładny model mierzonego obiektu i znajduje zastosowanie w produktach, które

powinny być uwzględnione w przyszłym standardzie, np.:

- pomiary inwentaryzacyjne dróg ze szczególnym uwzględnieniem nawierzchni,

- opracowania map do celów projektowych, pomiary wysokościowe i NMT, pomiary tuneli, skrajni torów itp.,

- pomiary pierzei ulic.

Wydaje się, że opracowanie standardu zapisu i wymiany danych jest najbardziej zaawansowane właśnie w przypadku technologii mobilnego skaningu laserowego. Prym wiodą w tym Stany Zjednoczone, powyższe kwestie pojawiają się w pracach prowadzonych m.in. przez rządowy Narodowy Instytut Standaryzacji i Technologii (NIST).

## ● LOTNICZY SKANING LASEROWY

LiDAR (Light Detection And Ranging) to technika pomiaru współrzędnych x, y, z punktów na powierzchni ziemi za pomocą skanera zainstalowanego na statku powietrznym. Elementami platformy LiDAR-owej są:

- statek powietrzny (samolot lub helikopter),

- skaner działający w funkcji profilowania,

- inercyjny system nawigacyjny (INS),

- odbiornik GPS wspomagający działanie INS,

- kamera do wykonywania zdjęć fotogrametrycznych,

- system zarządzania lotem,

- jednostka rejestrująca dane.

Technologia LiDAR-owa daje możliwość zapisania kilku odbić tego samego promienia laserowego, dzięki czemu można zarejestrować zarówno współrzędne punktów położonych nad ziemią (np. korony drzew), jak i na ziemi. To znacznie przyspiesza i upraszcza klasyfikację chmury punktów, w tym oddzielenie numerycznego modelu terenu (NMT) od numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT). Inną cechą jest możliwość rejestracji zdjęć lotniczych dzięki zainstalowaniu na platformie średnioformatowej kamery fotogrametrycznej. Zdjęcia ułatwiają interpretację chmury punktów i pozwalają na wykonywanie niezależnych pomiarów oraz opracowanie ortofotomapy.

Rozdzielczość i dokładność geometryczna chmury punktów zależą od użytego systemu/skanera i wysokości lotu. Oferowane produkty to:

- numeryczny model terenu (NMT) i numeryczny model pokrycia terenu (NMPT), zapisane w postaci zbioru o ustalonej liczbie punktów na metr kwadratowy,

- mapy (można je wykonać z dokładnością odpowiadającą mapie do celów projektowych),

- ortofotomapa,
- wektorowy trójwymiarowy model.

Sprawa standardów dotyczących opracowań wykorzystujących dane z platform lotniczych również jest nierozwiązana. Co prawda pojawiają się odniesienia do standardów ISO 19139 oraz ISO 19115, jednakże nie są to dokumenty traktujące bezpośrednio o danych pochodzących z LiDAR-u.

Podsumowując powyższą charakterystykę technologii TLS, MLS i LiDAR, należy zwrócić uwagę na fakt, że metadane powinny dotyczyć nie tylko rejestracji informacji, ale również powstających podczas obróbki produktów. Autorzy artykułu skupiają się głównie na usystematyzowaniu procesu pozyskiwania materiałów, ale w ramach procesów, takich jak chociażby inwentaryzacja architektoniczno-budowlana, należy także rozważyć wprowadzenie standardów określających własności produktów końcowych (np. ortofotomapa, wizualizacje 2D i 3D, fotoplan, rzuty elewacji, przekroje czy opracowania mapowe). Temat ten jest na tyle pojemny, że został tu jedynie zasygnalizowany, a jego pełna analiza narzuca wymóg przeprowadzenia odpowiednich badań.

## ● PROPOZYCJA UNIWERSALNEGO STANDARDU

Już kilka lat temu autorzy zaproponowali macierz standardu danych pochodzących z naziemnego skaningu laserowego dla obszaru inwen-

taryzacji architektonicznych i budowlanych. Macierz na rys. 1 jest macierzą klasy produktu i prezentuje w prosty sposób podział, dzięki któremu możliwe jest scharakteryzowanie oraz przypisanie własności każdemu produktowi będącemu pochodną naziemnego skaningu laserowego. Charakteryzuje ona trzy wzajemnie powiązane parametry: S – szczegółowość, D – dokładność, Q – jakość, i jest zapisana w postaci modelu pojęciowego za pomocą języka UML.

- D – kategoria dokładności, poczynając od obmiaru schematycznego (D1), a kończąc na obmiarze precyzyjnym spełniającym wszelkie kryteria dokładności (D5),

- S – kategoria opisu semantycznego, zaczynając od opisu

bardzo ogólnego (S1), kończąc na szczegółowej bazie danych przestrzennych (S5),

- Q – klasa produktu w rozumieniu liczby elementów charakteryzujących dany obiekt.

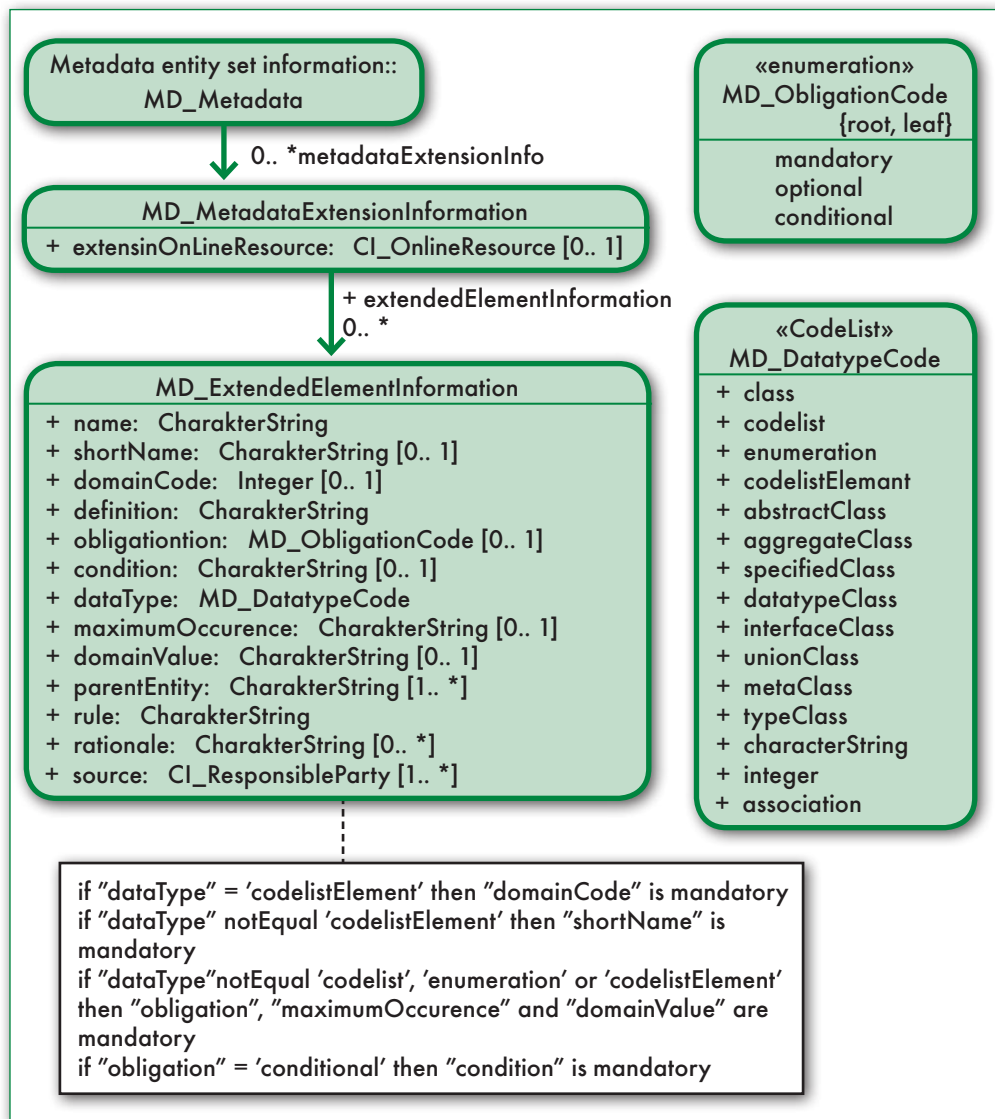
Tym samym istnieje możliwość usystematyzowania produktów pod względem ich opisu, wartości geometrycznej oraz jakości. Zaproponowany standard może służyć jako wzór zarówno dla opracowań pochodzących ze skaningu naziemnego i lotniczego, jak i mobilnego. Dzięki temu produkt (rys. 2 i 3) – jako rezultat pomiarów i ich przetworzenia – może stać się pojęciem uniwersalnym, tak istotnym dla zachowania wspomnianej wcześniej interoperacyjności. Pozwoli nam to na wypracowanie

jednolitego standardu dla opracowań bazujących na wykorzystaniu skanowania laserowego jako metody pozyskiwania danych przestrzennych i stanie się nieocenioną bazą z ułatwionym do niej dostępem oraz przejrzystą strukturą, którą łatwo można opisać poprzez zdefiniowane w ten sposób metadane (rys. 4).

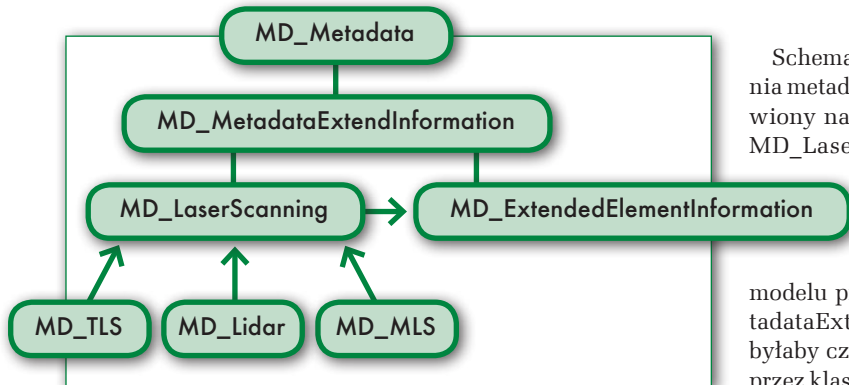
## ● PROPOZYCJA METADANYCH

W Polsce za podstawę określenia zawartości zbioru metadanych danych przestrzennych uznaje się wspomniane wyżej rozporządzenie Komisji Europejskiej. Ujęte w nim elementy metadanych dotyczą:

1. identyfikacji zbioru, serii zbiorów lub usługi,



Rys. 5. Model rozszerzonej informacji metadanych z normy 19115



Rys. 6. Schemat ideowy rozszerzenia zbioru metadanych

2. klasyfikacji danych przestrzennych i usług danych przestrzennych,
3. słowa kluczowego (jeśli metadane opisują usługę),
4. położenia geograficznego,
5. odniesienia czasowego,
6. jakości i ważności danych przestrzennych,
7. zgodności (z przepisami wykonawczymi),
8. wymogów dotyczących dostępu i użytkowania,
9. organizacji odpowiedzialnej za tworzenie zasobu,

10. metadanych o metadanych.
- Jest to obligatoryjny zestaw metadanych. Propozycja autorów zmierza do jego rozszerzenia o kluczowe parametry dotyczące skaningu laserowego. W normie PN-EN-ISO 19115 dotyczącej metadanych (ISO 19115, 2010) jest przewidziana taka możliwość. Wówczas model rozszerzonej informacji metadanych z normy 19115 wyglądałby jak na rys. 5.

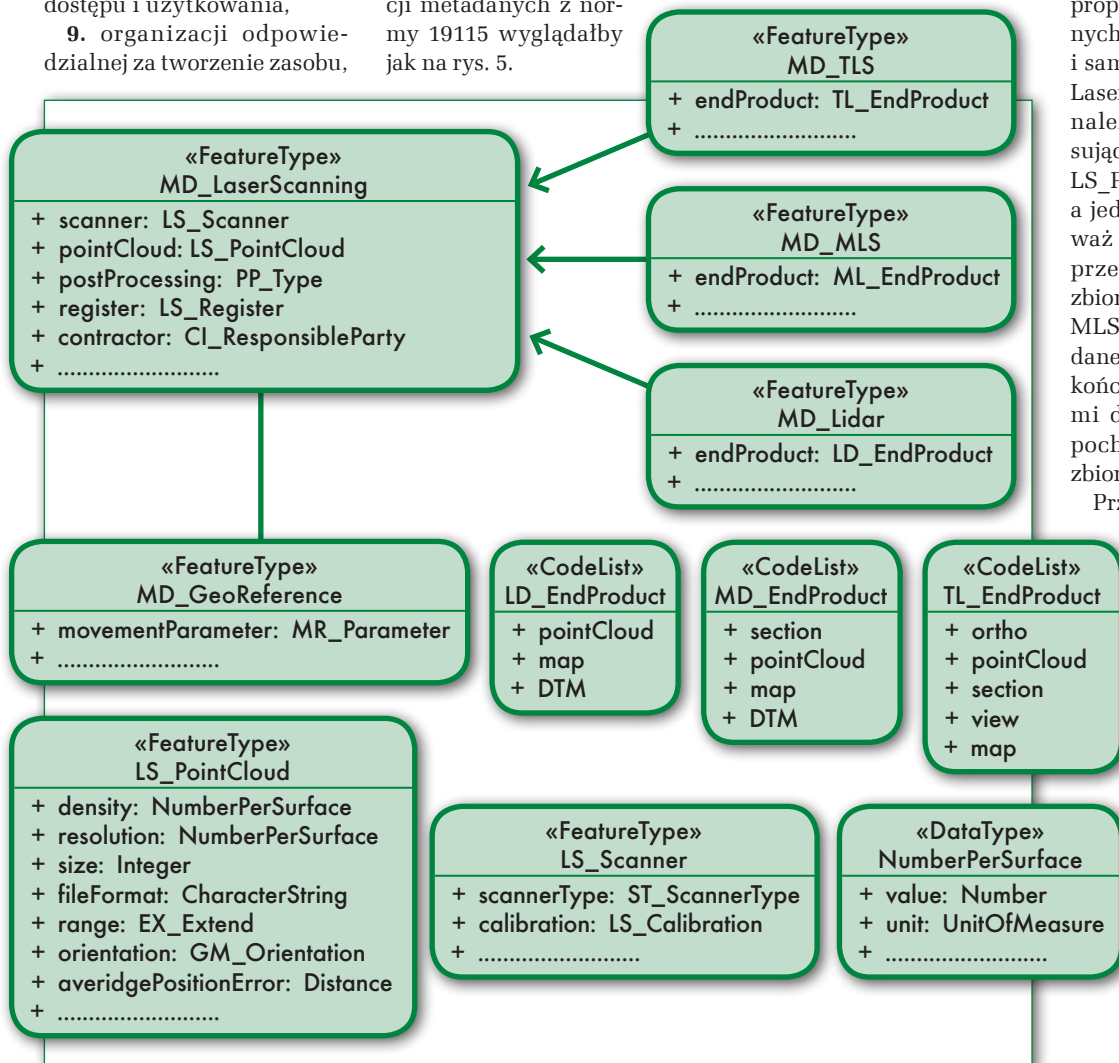
Schemat ideowy rozszerzenia metadanych jest przedstawiony na rys. 6, gdzie klasa MD\_LaserScanning, wchodząc w skład rozszerzonego zbioru informacji reprezentowanych na modelu przez klasę MD\_MetadataExtendInformation, byłaby częściowo opisywana przez klasę MD\_ExtendedElementInformation.

Na rys. 7 jest przedstawiony uszczegółowiony model pojęciowy metadanych dla technologii skaningu laserowego. Oczywiście w wielu miejscach jest to model schematyczny. Niektóre nazwy typów atrybutów nie zostały zdefiniowane, np. PP\_Type, ponieważ wcześniej trzeba podjąć wiele decyzji standaryzujących, m.in. określić, jakie procedury w postprocessingu zo-

staną uznane za standardowe. Taka sama sytuacja występuje w przypadku kalibracji lasera, w związku z czym trudno mówiąc o konkretnej postaci metryki kalibracji. Istnieje też konieczność określenia sposobów zorientowania wiązki skanera (np. dowiązania do istniejącej osnowy) i dokładności dowiązania, stąd na schemacie (rys. 7) problem został tylko zasygnalizowany poprzez nazwę typu GM\_Orientation. Przedrostek GM ma oznaczać, że w skład tego typu będą wchodzić elementy geometryczne. Należy także określić dopuszczalne dokładności, rozdzielczości itp. dla chmur punktów oraz dla produktów końcowych, innymi słowy macierz klasy produktu wypełnić konkretną treścią.

Zgodnie z wcześniejszą propozycją podziału metadanych na te dotyczące zbiorów i samych danych klasy: MD\_LaserScanning i LS\_Scanner należą do metadanych opisujących technologię, z kolei LS\_PointCloud opisuje dane, a jednocześnie zbiór, ponieważ chmura punktów będzie przechowywana w postaci zbioru. Klasy MD\_TLS, MD\_MLS i MD\_LiDAR też opisują dane (tu w postaci produktów końcowych, które będą danymi dla różnych opracowań pochodnych) i jednocześnie zbiory z danymi.

Przedstawione schematy są propozycją mającą na celu zainteresowanie tą tematyką osób zajmujących się skanowaniem oraz zainicjowanie prac związanych ze standaryzacją. Usystematyzowanie informacji/danych oraz ich harmonizacja ułatwią korzystanie z danych pozyskiwanych dzięki tej nowoczesnej i szybko rozwijającej się technologii.



Rys. 7. Propozycja modelu metadanych dla skaningu laserowego

PIOTR FALKOWSKI,  
ZENON PARZYŃSKI,  
JACEK UCHAŃSKI,  
ŁUKASZ UCHAŃSKI