

**PROPOZYCJA ZNOWELIZOWANIA WYTYCZNYCH
TECHNICZNYCH G-3.4 UWZGLĘDNIAJĄCA
NOWE TECHNOLOGIE POMIAROWE**

**A PROPOSAL TO REFORM THE TECHNICAL
GUIDELINES G-3.4 INCORPORATING
NEW MEASUREMENT TECHNOLOGIES**

Piotr Falkowski¹, Zenon Parzyński², Jacek Uchański¹

¹ Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne S.A.,

² Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska

Słowa kluczowe: inwentaryzacja architektoniczna, inwentaryzacja budowlana, integracja, harmonizacja, standardy

Key words: architectonic inventory, building inventory, integration, harmonization, standards

Wstęp

Dogłębna analiza przedmiotu inwentaryzacji architektoniczno-budowlanej w kontekście nowelizacji zapisów wytycznych technicznych G-3.4 przeprowadzona przez zespół autorski została wyczerpująco przedstawiona na Sympozjum Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (Uchański i in., 2008) oraz na Konferencji nt. „Współczesne technologie geoinformacyjne”, zorganizowanej z okazji 90-lecia AGH (Falkowski i in., 2009). Podsumowujące te spotkania specjalistów wnioski uświadomiły autorom, iż tematyka jaką podjęli jest nierozzerwalnie związana z wieloma aspektami poruszonymi aktualnie w dyskusjach nad implementacją dyrektywy INSPIRE, w kluczowych kwestiach dotyczących problematyki standaryzacji w poszczególnych dziedzinach i procesach.

Standaryzacja dotycząca budynków, obiektów budowlanych, w tym m.in. obiektów za-
bytkowych, jak się wydaje, w dyrektywie INSPIRE zdefiniowana jest w kategorii obiektów
pod pojęciem budynki. Dotyka zatem, zdaniem autorów, nieuregulowanej dotychczas stan-
dardami technicznymi problematyki wzajemnego powiązania pomiędzy definicją budynków
wynikającą z: 1) definicji modelu zawartą w INSPIRE, 2) definicji wynikającej ze sformu-
owań zawartych w wytycznych technicznych G-3.4 (Wytyczne, 1981), 3) aktualnie opraco-
wywanych standardów technicznych przez zespoły tematyczne GUGiK oraz Biuro Główne-

go Geodety Województwa Mazowieckiego, 4) istniejących w omawianym zakresie polskich norm, 5) definicji obejmujących światowe koncepcje budowy tzw. City Models oraz Building Information Modelling (BIM)¹.

W artykule pominięto poruszane już wcześniej zagadnienia dotyczące definicji procesu inwentaryzacji budynków i budowli zgodnej z istniejącymi wytycznymi technicznymi. Skoncentrowano się na omówieniu koncepcji budowy modelu nowej instrukcji technicznej w znaczeniu o wiele szerszym, opartym m.in. o model pojęciowy procesu inwentaryzacji zapisany w języku UML, zgodnie z zaleceniami Open Geospatial Consortium. Zaproponowano stosowanie naziemnego skanowania laserowego, jako nowoczesnej technologii rejestrującej obiekty (w tym budowlane) w otaczającej ludzi georeferencyjnej przestrzeni informacyjnej.

Istota modelowania pojęciowego w opisie procesu technologicznego

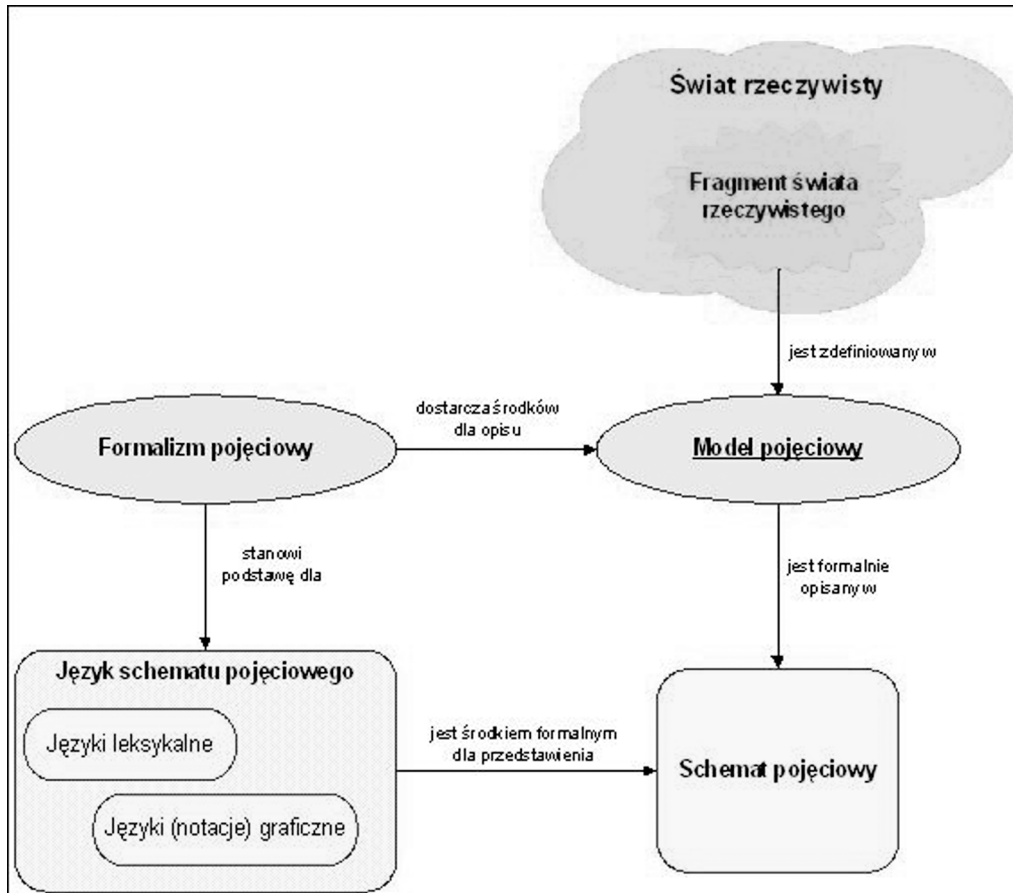
Można sobie zadać pytanie: do czego może służyć UML i modelowanie pojęciowe? Odpowiedź jest następująca: modelowanie pojęciowe jest jednoznaczny i pełny opisem modelu. Modelowanie pojęciowe jest metodologią tworzenia modeli. Jeśli cokolwiek chcemy zaprojektować, opisać (np. fragment rzeczywistości w przypadku systemów GIS, AEC² urządzenie, budowlę, złożony program komputerowy itp.), musi najpierw powstać w umyśle projektanta model (projekt) tego, co chcemy zrobić. Należy wyróżnić w nim obiekty, które są istotne (pomijając nieistotne na danym etapie), powiązania i oddziaływania między nimi, operacje, które będzie można na obiektach wykonać itp. Modele zapisuje się w postaci schematów pojęciowych, które są abstrakcyjnym opisem w kategoriach informatycznych. Modele zapisane w postaci schematów pojęciowych lub aplikacyjnych (schemat pojęciowy dotyczący jakiegoś konkretnej dziedziny) umożliwiają poprawne i jednoznaczne rozumienie struktury modelu oraz stanowią podstawę różnych implementacji modelu, które będą dzięki temu ze sobą zgodne. Dodatkowym plusem modelowania pojęciowego jest jego niezależność od późniejszych implementacji na różnych platformach sprzętowych z wykorzystaniem różnego oprogramowania. Istotę modelowania pojęciowego prezentuje rysunek 1 (Pachelski, 2009).

¹ BIM to proces generowania i zarządzania danymi o budynkach. Począwszy od projektu, przez proces inwestycyjny, eksploatację, konserwację, aż do fizycznego zniszczenia. W procesie zwykle używa się trójwymiarowych, dynamicznych, pozyskanych w czasie rzeczywistym danych softwareowych do modelowania dla potrzeb racjonalizacji i ergonomizacji w projektowaniu budynku oraz konstrukcji. Zainicjowany w ten sposób proces generuje tym samym model informacyjny budynku (również znany jako BIM), który obejmuje geometrię budynku, jego przestrzenne powiązania, informację semantyczną (opisową) oraz wartości i właściwości elementów składowych budynku.

Jedną z teorii głosi, że twórcą tego terminu jest Profesor Charles M. Eastman z Georgia Institute of Technology. Teoria ta bazuje na poglądzie, że termin model informacyjny budynku jest niczym innym tylko tym samym co model produkcyjny budynku, który profesor Eastman używał dość często w swojej książce oraz innych publikacjach od roku 1970 (Model produktu oznacza model danych oraz model informacyjny w inżynierii).

Zgodzono się ponadto, że termin ten został spopularyzowany przez Jerry'ego Laiserin jako odzwierciedlenie wspólnej nazwy dla cyfrowej reprezentacji procesu zarządzania budynkiem jako wymiany oraz interoperacyjności w kwestii informacji w cyfrowym formacie. W odniesieniu do niego oraz innych pierwsza implementacja BIM realizowana była przez Virtual building concept przez Graphisoft, ArchiCAD i debiutowała w 1987 roku.

² AEC – architecture engineering construction.



Rys. 1. Istota modelowania pojęciowego

Norma ISO 19109 (ISO 2005) wyróżnia kilka bardzo ogólnych etapów budowy schematów aplikacyjnych:

- identyfikację dziedziny z przeglądem wymagań stawianych opracowywanemu modelowi;
- identyfikację typów obiektów z charakterystyką ich właściwości, związków, ograniczeń;
- zapisanie modelu w języku formalnym (np. UML – *Unified Modelling Language*);
- integrację powstałego schematu aplikacyjnego ze schematami zdefiniowanymi w normach ISO serii 19100.

Po podjęciu decyzji co będziemy modelować i powstaniu zarysu modelu w umyśle jego twórcy, model należy zapisać w języku formalnym, tzn. takim, który pozwoli na zapis jednoznaczny. Jednym z takich języków jest język UML służący do zapisu modeli pojęciowych. Nie jest to jedyny język służący do tego celu, natomiast jest on zalecany do stosowania w dyrektywie INSPIRE (Dyrektywa, 2007), jest także standardem stosowanym w informaty-

ce. Istnieje już wiele aplikacji, które umożliwiają tworzenie schematów aplikacyjnych w UML pozwalających na ich późniejszy transfer np. do XML.

Relatywnie trudnym aspektem projektowym jest ostatni etap tworzenia schematów aplikacyjnych, czyli ich integracja. Integracja opracowywanego schematu aplikacyjnego polega na wykorzystaniu w jego budowie elementów schematów standardowych (schematu przestrzennego, czasowego, metadanych itp.), zdefiniowanych w normach ISO serii 19100 np. przez wykorzystanie w definicji typów atrybutów klas określonych w normach (nie jest to oczywiście jedyny sposób). Przy nowelizacji wytycznych technicznych, takich jak G-3.4 istotną sprawą jest też harmonizacja schematu aplikacyjnego. Harmonizacja ma polegać na uzgodnieniu z innymi schematami aplikacyjnymi z danej dziedziny. W naszym przypadku, jeśli zostałby użyty obiekt (klasa) określony np. w schemacie wytycznych G-5 (a taki schemat jest obecnie opracowywany), to definicja tego obiektu w obu tych schematach powinna być taka sama lub należałoby użyć odwołania do schematu G-5.

Istotne aspekty technologiczne naziemnego skaningu laserowego w procesie inwentaryzacji obiektów budowlanych

Specyfika pomiarów inwentaryzacyjnych z wykorzystaniem skanera laserowego

Nowa wersja wytycznych, bazująca na technologii naziemnego skaningu laserowego, powinna uwzględniać w procesie inwentaryzacji obiektów budowlanych wiele aspektów, które zdaniem autorów, są niezbędne dla prawidłowego ich skonfigurowania w proponowanym modelu pojęciowym. Prezentowane poniżej założenia, dotyczące omawianej technologii, powstały jako wynik doświadczeń produkcyjnych nabytych podczas realizacji projektów inwentaryzacyjnych oraz wynik studiowania dostępnej literatury. Spośród projektów realizowanych przez Warszawskie Przedsiębiorstwo Geodezyjne S.A. (WPG) należy wymienić m.in. następujące inwentaryzacje: 1) budynków Zespołu Pałacowo-Ogrodowego Łazienki Królewskie w Warszawie, 2) wybranych sal na Zamku Królewskim w Warszawie, 3) kościoła ss. Wizytek w Warszawie, 4) budynku Polskiej Ambasady w Wilnie (Pałac Paca).

Należy podkreślić, że rejestracja za pomocą skanerów laserowych tzw. chmur punktów (czyli zbioru punktów o współrzędnych XYZ i ewentualnie informacji o *jasności* lub *barwie* obiektu dla każdego zarejestrowanego punktu) wprowadza nową jakość w dziedzinie pomiarów inwentaryzacyjnych, gdyż w wyniku pomiaru otrzymujemy wirtualny model, który wiernie odwzorowuje w trójwymiarowej przestrzeni cały inwentaryzowany obiekt. Model taki ma charakter dyskretny (składa się z odizolowanych punktów). Aby możliwe było odczytanie z niego informacji, konieczne jest przeprowadzenie interpretacji i filtracji zarejestrowanych punktów. Wykonanie pomiarów skanerem laserowym i opracowanie zarejestrowanych chmur punktów wymaga zastosowania technologii uwzględniającej specyfikę pomiarów i charakter uzyskanych wyników.

Dalsza część niniejszego rozdziału zawiera wytyczne odnośnie technologii pomiaru, uwzględniające uwarunkowania wynikające ze stosowanych w Polsce norm i instrukcji technicznych GUGiK.

Proces technologiczny wykonania inwentaryzacji obiektu budowlanego można podzielić na następujące etapy (por. Falkowski, 2008):

- dobór odpowiednich instrumentów pomiarowych,
- założenie osnowy odniesienia,
- założenie i pomiar osnowy fotogrametrycznej,
- pomiar inwentaryzacyjny z wykorzystaniem skanera,
- wykonanie pomiarów uzupełniających,
- wykonanie orientacji zarejestrowanych chmur punktów,
- kontrola opracowania,
- zapis wyników z zastosowaniem standardów wymiany danych.

Dobór odpowiednich instrumentów pomiarowych

Skaner laserowy rejestruje zbiór punktów pomierzonych metoda biegunową, czyli tzw. „chmurę punktów”, która cechuje się określoną rozdzielczością przestrzenną i dokładnością rejestracji kąta oraz określoną dokładnością pomiaru odległości. Skomplikowanym zagadnieniem jest ocena rzeczywistej dokładności pomiaru i odwzorowania obiektu. W wyznaczaniu ostatecznego błędu pomiaru należy wziąć pod uwagę nie tylko elementy wymienione wcześniej, ale także metodę wyznaczania współrzędnych z chmury punktów, metodę pomiaru fotopunktów, metodę wyrównania zbioru chmur punktów. Z wymienionych powyżej czynników warto zwrócić uwagę na aspekt wyznaczania z chmury punktów różnych miar, czy współrzędnych obiektów. Zazwyczaj te wartości wyznacza się nie w oparciu o pojedyncze punkty chmury punktów, lecz w oparciu o zbiór wszystkich punktów odwzorowywujących dany obiekt. Podejście takie, szczególnie w połączeniu z technikami automatycznej detekcji kształtu, pozwala znacznie podnieść dokładność ostatecznych pomiarów w stosunku do dokładności wyznaczenia współrzędnych pojedynczego punktu. Z dotychczas przeprowadzonych badań (Kersten et al., 2008; Falkowski, 2008; Stuart et al., 2004) wynika, że nie udało się ustalić jednorodnych procedur i technik badania dokładności pomiarów skanerem. Powoduje to, że błąd pomiaru podawany jest szacunkowo dla poszczególnych typów instrumentów i w zależności od typu wynosi od 2 mm do kilku centymetrów. Stosowane w inwentaryzacji skanery laserowe charakteryzują się błędem pomiaru pojedynczego punktu wynoszącym kilka (4 do 8) milimetrów (por. Uchański i in., 2008). Uwzględniając błędy osnowy można stwierdzić, że przy użyciu obecnie stosowanych skanerów laserowych można odczytywać współrzędne i wyznaczać miary z dokładnością ± 1 cm.

Zgodnie z Wytycznymi Technicznymi G-3.4 (Wytyczne, 1981) oraz z normami ISO stosowanymi w budownictwie (PN-ISO 7737, 1994; PN-ISO 7976-1, 1994) można wyróżnić dwa poziomy dokładności pomiaru:

- elementy architektoniczne – mury, ściany; wymiary podawane z dokładnością do 1 cm (zakładana dokładność pomiaru: ± 1 cm, nawet, jeżeli nie ma możliwości identyfikacji poszczególnych elementów z taką dokładnością).
- stolarka okienna, drzwiowa, detale; jeżeli są opracowywane w dużym powiększeniu, to wymiary podawane są z dokładnością do 1 mm (zakładana dokładność pomiaru: $\pm 2-3$ mm).

Z przytoczonych powyżej założeń dokładnościowych wynika, że przy obecnym rozwoju technologii niemożliwe jest zastosowanie skanera do dokładnych pomiarów elementów stolarki okiennej i detali przedstawianych w dużym powiększeniu. Dla takich elementów ko-

nieczne jest wykonanie innymi metodami pomiarów uzupełniających, tak aby uzyskać wymiarowanie tych elementów o odpowiedniej dokładności.

Doświadczenia produkcyjne WPG wskazują, że przy doborze skanera należy uwzględnić następujące kryteria:

- Dokładność pomiaru. Pomiar skanerem powinny umożliwić zwymiarowanie elementów budynku z dokładnością 1 cm.
- Zasięg skanera. Przy doborze skanera należy uwzględnić długość przewidywanych maksymalnych celowych, należy także zweryfikować rozdzielczość chmury punktów dla takich celowych. Skaner wykonuje pomiary biegunowo, co oznacza, że chmura punktów cechuje się niższą rozdzielczością przestrzenną dla obiektów położonych w większej odległości od skanera. Przeprowadzone badania (Fidera et al., 2004; Lichti, 2004) wykazały, że rozdzielczość chmury punktów wyznaczana za pomocą średniej odległości między punktami nie powinna być niższa niż wartość obliczona według następującej reguły: Dopuszczalna odległość między punktami = dopuszczalny błąd dokładności.
- Dodatkowa rejestracja obrazu. Niektóre skanery laserowe, poza współrzędnymi XYZ chmury punktów, rejestrują także obraz obiektu. Pod tym względem możemy wyróżnić trzy typy skanerów: 1) skanery rejestrujące tylko współrzędne, 2) skanery rejestrujące dodatkowo także tzw. *intensity image* oraz 3) skanery rejestrujące dodatkowo zdjęcia cyfrowym aparatem fotograficznym (możliwe jest też niezależne wykonanie zdjęć skalibrowanym aparatem).
- Kryteria ekonomiczne: czas i łatwość pomiaru. Warto tutaj zwrócić uwagę na różnicę pomiędzy skanerami fazowymi i impulsowymi. W skanerach fazowych zarejestrowanie panoramicznej chmury punktu o wysokiej rozdzielczości zajmuje od kilku do kilkunastu minut, podczas gdy zarejestrowanie podobnej chmury punktów za pomocą skanera impulsowego trwa zazwyczaj od kilkudziesięciu minut do kilku godzin (por. Shan, Toth, 2008);

Założenie osnowy odniesienia

W wyniku pojedynczego pomiaru skanerem laserowym rejestrowana jest chmura punktów. Na dalszych etapach opracowania chmury punktów pozyskane z różnych stanowisk są orientowane i łączone do jednego układu współrzędnych, tak aby możliwe było wykonanie metrycznych przekroi przez kilka kondygnacji budynku. Aby zapewnić właściwą dokładność orientacji konieczne jest założenie lokalnej osnowy odniesienia. Osnowa taka musi charakteryzować się właściwą geometrią i dokładnością wyznaczenia współrzędnych punktów, tak aby zapewnić właściwą dokładność pomiaru fotopunktów.

Osnowy odniesienia musi być osnową jednorodną. Zapisy Wytocznych G-3.4 i norm ISO mówią, że współrzędne osnowy mogą być wyznaczone tylko w układzie lokalnym, właściwym dla danego budynku, konieczne jest natomiast dowiązanie osnowy wysokościo-wo do Układu Państwowego. Jako punkt o wysokości 0,00 w układzie lokalnym przyjmuje się punkt przy wejściu głównym do budynku i dla tego punktu podaje się wysokość w Układzie Państwowym.

Założenie i pomiar osnowy fotogrametrycznej

Większość dostępnych na rynku skanerów laserowych (poza kilkoma modelami skanujących tachimetrów elektrooptycznych) nie pozwala na wyznaczenie orientacji instrumentu przed rozpoczęciem pomiaru (tzw. *free station*). Chmura punktów rejestrowana jest w wewnętrznym układzie skanera (początek układu wewnątrz skanera, zazwyczaj w punkcie w którym przecina się oś pionowa z poziomą osią obrotu instrumentu), a następnie transformowana do układu zewnętrznego w oparciu o punkty, które można rozpoznać w chmurze punktów. Punkty takie przez analogię z orientowaniem zdjęć pomiarowych będą nazywane fotopunktami.

W orientacji chmur punktów wykorzystuje się dwa rodzaje fotopunktów:

- Fotopunkty w postaci płaskich tarcz z naniesionym kontrastowym oznaczeniem punktu (najczęściej stosowany rodzaj oznaczenia to szachownica składająca się z ciemnych i jasnych pól, a punkt odniesienia znajduje się w środku szachownicy). Punkty takie rozpoznawane są w chmurze punktów na podstawie zarejestrowanych wartości odbicia (intensywności) promienia laserowego (tzw. *intensity image*).
- Fotopunkty w postaci obiektów przestrzennych (prawie we wszystkich przypadkach jest to sfera o znanym promieniu). Za punkt odniesienia najczęściej przyjmuje się środek obiektu (sfery). Punkty takie rozpoznawane są w chmurze punktów za pomocą narzędzi do automatycznego wykrywania kształtu (przez porównanie chmury z zapisanym wektorowo „wzorcem” kształtu danego obiektu).

Przeprowadzone badania (Falkowski, 2008; Bae Kwang-Ho, Lichti, 2004, Bornaz, Rinaud, 2004) wykazały, że metody orientacji chmur punktów bazujące na automatycznym wykryciu kształtu zwiększają dokładność pomiaru do 30%, nie są jednak powszechnie stosowane w pomiarach inwentaryzacyjnych ze względów ekonomicznych. Przeprowadzone analizy wykazały, że dokładność orientacji chmury punktów w oparciu o płaskie tarcze jest wystarczająca dla potrzeb inwentaryzacji (Uchański, Falkowski, 2009) Współcześnie stosowane programy pozwalają na orientację chmur punktów w dwojaki sposób:

- Każda z chmur orientowana jest oddzielnie. W takim wypadku należy zapewnić dla każdego stanowiska skanera minimum 4 fotopunkty (orientacja wykonywana jest w oparciu o 3 punkty, jednak w takim wypadku nie występuje żadna kontrola).
- Chmury punktów łączone są w grupy za pomocą identyfikowalnych punktów wspólnych (punktów wiążących), punkty wspólne i stanowiska skanera połączone są w poligon. W takim wypadku należy zapewnić fotopunkty dla pierwszego i ostatniego stanowiska skanera (ewentualnie w środku poligonu, jeżeli przewidujemy, że mogą być niespełnione wymagania dokładnościowe). Należy także upewnić się, czy wystąpi odpowiednia liczba punktów wspólnych. Część producentów skanerów sugeruje stosowanie sygnalizowanych punktów wspólnych (w postaci sfer lub tarcz obrotowych).

Pomiar inwentaryzacyjny z wykorzystaniem skanera

Przed rozpoczęciem pomiarów konieczne jest zaprojektowanie stanowisk skanera. Przy projektowaniu należy uwzględnić następujące sytuacje:

- Zazwyczaj, ze względu na występujące w pomieszczeniach załamania ścian oraz różne obiekty zasłaniające ściany (np. meble), niemożliwe jest zarejestrowanie modelu całego pomieszczenia. W takich wypadkach tak należy zaplanować stanowiska ska-

nera, aby możliwe było opracowanie rzutów, przekroi i widoków. Należy zatem zapewnić widoczność wszystkich załamania ścian i detali, a jeżeli jest to niemożliwe należy wykonać pomiar uzupełniający inną techniką.

- W przypadku łączenia chmur punktów w ciągi poligonowe należy zagwarantować odpowiednią liczbę punktów łącznych.
- Należy zbadać długość maksymalnych celowych i tak zaprojektować stanowiska skanera, aby spełnione były wymagania odnośnie rozdzielczości i dokładności geometrycznej pomiaru.

Wykonanie pomiarów uzupełniających

W przypadku wystąpienia elementów, których nie da się z odpowiednią dokładnością pomierzyć skanerem, lub nie zostały one zarejestrowane w chmurze punktów, należy wykonać pomiar uzupełniający. W takim wypadku stosuje się inne techniki pomiaru gwarantujące wymaganą dokładność (PN-ISO 7976-1, 1994), a w szczególności: tachimetrie elektrooptyczne, taśmy, dalmierze, fotografię dwu- i jednoobrazową.

Wykonanie orientacji zarejestrowanych chmur punktów

Orientacja chmur punktów jest to transformacja współrzędnych każdego z punktów z układu wewnętrznego skanera do układu zewnętrznego, wspólnego dla całego budynku. W procesie orientacji zakłada się, że zarejestrowana chmura pozbawiona jest błędów, albo też wprowadza się dodatkowe parametry pozwalające uwzględnić systematyczne błędy pomiaru odległości, nieprostokątne lub nie przecinające się osi.

Orientację można wykonać oddzielnie dla każdej chmury punktów lub można łączyć chmury w poligony za pomocą punktów wspólnych. Przyjmuje się, że kryterium kontrolującym dokładność orientacji chmur punktów jest błąd średni wpasowania w osnowę.

Opracowanie rysunków inwentaryzacyjnych

Zakres opracowania rysunków inwentaryzacyjnych różni się w zależności od potrzeb zamawiającego i charakteru obiektu. Problem szczegółowości i postaci wynikowej opracowań inwentaryzacyjnych powstałych w wyniku pomiarów obiektów skanerem laserowym został opisany przez Uchańskiego i Söerensena (Uchański i in., 2008). Ze względu na rozległość tematu w niniejszym artykule ograniczono się do zasygnalizowania pewnych zagadnień i wskazania najczęściej opracowywanych produktów.

Wyróżnia się trzy rodzaje rysunków inwentaryzacyjnych: 1) rzuty, 2) przekroje, 3) widoki.

Rysunki są opracowywane z dokładnością i szczegółowością odpowiadającą skali 1:100 lub 1:50, charakterystyczne detale opracowywane są w skalach większych.

Dzięki zastosowaniu pomiarów skanerem laserowym i wykorzystaniu współczesnych technik opracowania możliwe jest także wykonanie innych niż rysunki inwentaryzacyjne, opracowań inwentaryzujących obiekt (Uchański i in., 2008). Należy tutaj przede wszystkim wymienić: wektorowe modele 3D oraz ortoobrazy elewacji, sklepień i posadzek.

Kontrola opracowania

Etap kontroli opracowania jest szczególnie istotny ze względu na konieczność stwierdzenia poprawności wyznaczenia poszczególnych miar z chmur punktów. Skanery laserowe w chwili obecnej nie są certyfikowane przez Główny Urząd Miar i Wag. Także normy z grupy PN-ISO 17123 (PN-ISO 17123, 2009) nie obejmują jeszcze swoim zasięgiem skanerów. Konieczne jest zatem wprowadzenie procedur kontrolnych, które zagwarantują poprawność pomiarów skanerem. W oparciu o normę PN-ISO 17123-1:2005 *Optyka i instrumenty optyczne – Terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych – Część 1: Teoria* oraz normę PN-ISO 7976-1:1994 *Tolerancje w budownictwie – Metody pomiaru budynków i elementów budowlanych – Metody i przyrządy* można wypracować procedury weryfikujące dokładność pomiaru. Najczęściej stosowaną procedurą jest kontrola szeregu miar poprzez niezależny pomiar innym instrumentem (np. dalmierzem laserowym posiadającym certyfikat GUMiW).

W zakresie kontroli całości opracowania można wyróżnić następujące etapy kontroli:

- kontrole kameralne, podczas których sprawdza się kompletność i postać formalną rysunku,
- kontrole terenowe, podczas których treść rysunku weryfikowana jest przez porównanie ze stanem faktycznym, a miary pozyskane z zarejestrowanych chmur punktów weryfikowane są za pomocą innych urządzeń pomiarowych.

Zapis wyników, standardy wymiany danych

Obecnie wyniki opracowania w postaci rysunków, czy modeli 3D są zapisywane w powszechnie stosowanych formatach plików CAD, takich jak DWG, DXF, DGN, 3DS. Dla chmur punktów zazwyczaj stosuje się natywny format urządzenia pomiarowego dołączając ewentualnie program pozwalający na konwersję chmur do kilku innych formatów. Jedynym szeroko przyjętym formatem wymiany danych dla chmur punktów jest format PTS. Format ten bazuje na plikach tekstowych, w których w poszczególnych wierszach zapisane są współrzędne XYZ punktów oraz ewentualnie informacja o jasności lub barwie.

Równolegle prowadzone są prace zmierzające do stworzenia międzynarodowych standardów wymiany danych dla opracowań inwentaryzacyjnych. Należy tutaj wymienić standardy CITYGML, IFC, STEP-ISO 10303. Szerzej ten temat został omówiony przez Parzyńskiego i Uchańskiego na konferencji z okazji 90-lecia AGH „Współczesne Technologie Geoinformacyjne” w 2009 roku (Falkowski i in., 2009).

Propozycja nowelizacji wytycznych technicznych G-3.4

Wytyczne techniczne G-3.4 z 1981r. (Wytyczne, 1981) dotyczą inwentaryzacji zespołów zieleni, zespołów urbanistycznych i obiektów architektury. Wytyczne składają się z 59 stron tekstu i 67 załączników z przykładami widoków, rzutów, przekrojów itp. (rys. 2), które stanowią 3/4 ich objętości. Historyczne, ale nadal obowiązujące wytyczne nie uwzględniają wielu nowych aspektów jakie wniosła technologia naziemnego skaningu laserowego do dziedziny *3D-modelling* – trójwymiarowej prezentacji inwentaryzowanych budowli, modeli budynków, czy też obiektów zabytkowych.

Wytyczne wymagają pilnej nowelizacji – z tym faktem chyba nikt już dyskutować nie będzie. Z jednej strony należy uwzględnić w nich postęp technologiczny (wprowadzenie nowych rozwiązań informatycznych, naziemnego skaningu laserowego, itd.), z drugiej zaś strony należy je dostosować do wymogów dyrektywy INSPIRE (Dyrektywa, 2007) i obecnych trendów europejskich i światowych.

Zdaniem autorów propozycja nowelizacji powinna iść w kilku kierunkach.

Po pierwsze, w wytycznych należy:

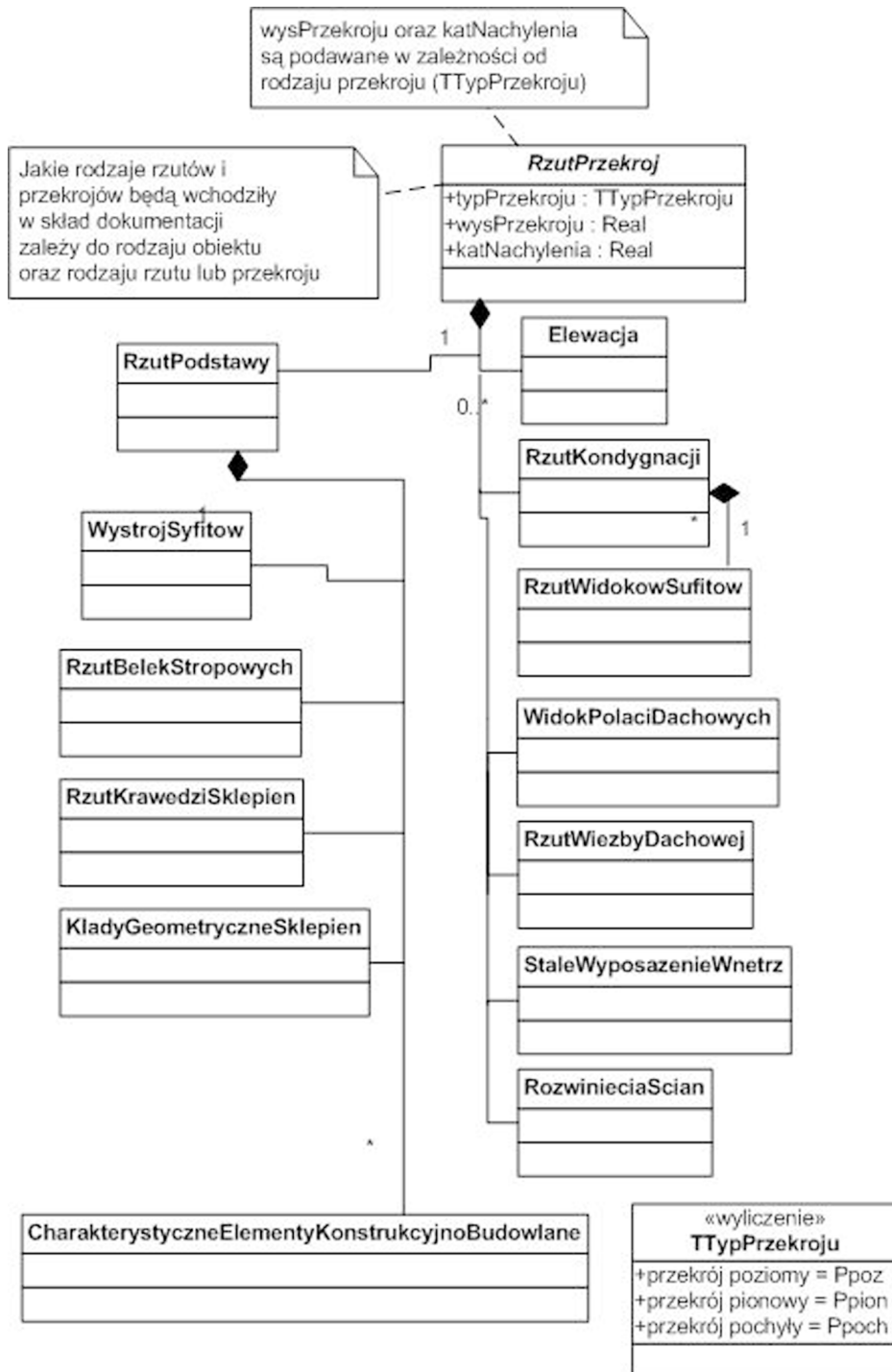
- usunąć opisy technologii przewidzianych do obligatoryjnego stosowania,
- wprowadzić zapis, że każda technologia, która sprostą niżej postawionym wymaganiom może zostać wykorzystana, nawet jeśli nie będzie wymieniona w wytycznych,
- sformułować wymagania dotyczące: 1) **zawartości** materiałów ostatecznych (produktów końcowych), które będą przekazywane zleceniodawcom – jakie elementy inwentaryzowanego obiektu muszą się znaleźć na jego rzucie, widoku, itp.; 2) **dokładności** – np. na danym przekroju, rzucie itp. dokładność położenia punktów względem osnowy lub innych punktów nie może być mniejsza niż jakaś zadana parametrycznie konkretna wartość.

W standardzie powinny zostać określone tylko wymagania minimalne, innymi słowy, np. jeśli ktoś zastosuje naziemny skaningu laserowy, który będzie dostarczał danych z większą dokładnością niż ta określona w wytycznych, to tym lepiej dla realizowanego zadania.

Po drugie zdecydowanie skłaniać się należy do zapisania w wytycznych możliwości przekazywania nie tylko wydruków rzutów, przekrojów itp., ale też lub zamiast wydruków zobrazowania inwentaryzowanego obiektu w postaci elektronicznej. Zdaniem autorów jest niezasadnione zapisywanie w wytycznych konkretnych formatów wymiany danych, bo one, nawet jeśli dzisiaj są uznawane za standardy, jutro już standardami być nie muszą. Format takiej postaci elektronicznej oraz jej nośnik powinny zostać uzgodnione ze zleceniodawcą na etapie formułowania (definiowania) zadania. Dzisiaj w zdecydowanej większości przypadków z wyników pomiarów (niezależnie od tego w jaki sposób były one wykonywane) tworzy się bazę danych, a ich opracowanie poddaje się procesowi postprocessingu.

Kolejną sprawą, którą należy uwzględnić jest kwestia odwzorowania pełnej charakterystyki inwentaryzowanych obiektów, zwłaszcza w przypadku inwentaryzowania obiektów zabytkowych (kształt, forma, spektralna charakterystyka odbiciowa). Prace dotyczące tych zagadnień prowadzone są obecnie w wiodących ośrodkach na świecie, np. w Bibliotece Kongresu USA. Proponuje się przy tym przyjęcie pewnych standardów dotyczących profili barwnych, kalibracji sprzętu itp. (Płoszajski, 2008). Tą kwestię interpretuje również dokument „Karta londyńska” (Karta londyńska, 2009). Jest w nim zawarta opinia środowisk stosujących grafikę komputerową w kwestiach inwentaryzacji natury ogólnej, jak i szczegółowej, dotycząca zagwarantowania historycznej wiarygodności inwentaryzowanych obiektów zabytkowych. Przy nowelizacji wytycznych należy również zastanowić się nad wprowadzeniem standardów funkcjonujących już na świecie lub aktualnie opracowywanych (formatu IFC, STEP-ISO10303, OGC-AECOO, ISO17123, National BIM Standard, City GML and 3D Modelling).

Bezdiskusyjną sprawą wydaje się być dostosowanie nowej postaci wytycznych do wymogów dyrektywy INSPIRE, czyli zapisanie jej jako schematu aplikacyjnego UML. Schemat taki należy zintegrować z przyjmowanymi schematami standardowymi oraz zharmonizować z innymi schematami „geodezyjnymi”, jak również schematami innych branż (np. branży budowlanej, architektonicznej). Schematy „geodezyjne” są obecnie opracowywane w ra-



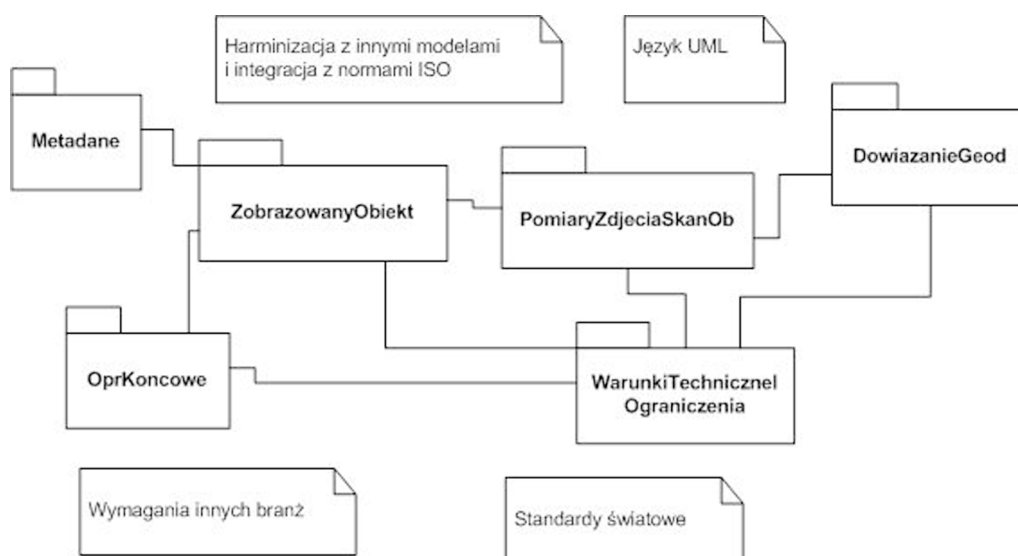
Rys. 2. Fragment obowiązujących wytycznych technicznych G-3.4 zapisany jako model UML

mach projektu „Wypracowanie i wdrożenie innowacyjnych metod integracji danych katastralnych, mapy zasadniczej i bazy danych topograficznych oraz modernizacja usług publicznych świadczonych przez Służbę Geodezyjną i Kartograficzną”, realizowanego przez Samorząd Województwa Mazowieckiego przy współpracy z Głównym Geodetą Kraju i współfinansowanego z Mechanizmów Finansowych Europejskiego Obszaru Gospodarczego oraz w ramach opracowywanych przez GUGiK standardów technicznych. Powtarzany projekt wytycznych technicznych G-3.4 konieczne należy zharmonizować z nowopracowanymi w ramach ww. projektu schematami.

Na rysunku 3 przedstawiono propozycję wytycznych w postaci diagramu pakietów UML:

- W pakiecie „WarunkiTechniczneIOgraniczenia” znajdują odzwierciedlenie kwestie związane z wymogami wytycznych technicznych uregulowane standardami technicznymi, na podstawie których zostały opracowane i różnych ograniczeń związanych np. z wymaganiami zleceniodawcy.
- Pakiet „DowiazanieGeod” obejmie klasy dotyczące założenia osnowy lokalnej dla inwentaryzowanego obiektu, jej dowiązania do osnowy państwowej oraz pomiarów stanowisk instrumentów (skanera, kamery itp.).
- W pakiet „PomiaryZdjeciaSkanOb” zostaną włączone klasy służące charakterystyce użytego sprzętu, wykonanych pomiarów, zdjęć, wiązki skanu laserowego na jednym stanowisku.
- Pakiet „ZobrazowanyObiekt” będzie obejmował kontrolę poprawności wykonanych zdjęć, wiązek, pomiarów, wyrównania i połączenia danych w jedną całość (np. obraz 3D obiektu).
- Pakiet „OprKoncowe” obejmie materiały przekazywane zleceniodawcy, ośrodkowi dokumentacji geodezyjnej (jeśli zajdzie taka potrzeba) itp.

Osobnym zagadnieniem sformułowanym w diagramie są metadane (pakiet „Metadane”). Proponuje się, by metadane składały się z dwóch części:



Rys. 3. Diagram pakietów nowej postaci wytycznych technicznych G-3.4

1. W części pierwszej należy umieścić metadane zgodne z „Polskim krajowym profilem metadanych w zakresie geoinformacji” (Polski profil, 2008) lub zgodne z tzw. „Core Metadata” (ISO 19115, 2003). Za „Polskim profilem” przemawia fakt, że jest to polski profil. Minusem jest to, że po jego opracowaniu nic dalej się nie dzieje, gdyż metadane nie posiadają żadnego umocowania prawnego. Za „Core Metadata” przemawia fakt umieszczenia tego profilu w normie ISO 19115.

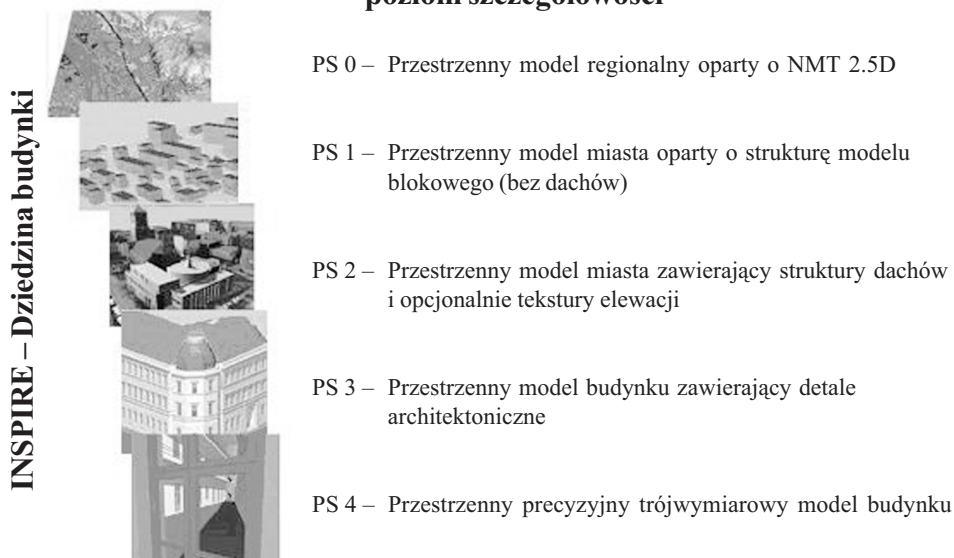
2. W drugiej części powinny znaleźć się metadane dotyczące inwentaryzacji obiektów dziedzictwa kulturowego (Płoszajski, 2008) jeśli inwentaryzowany obiekt może być zakwalifikowany do takiej kategorii.

Ograniczenia wydawnicze tej publikacji powodują, że zawężono się do zasygnalizowania jedynie diagramu pakietów w nowej postaci wytycznych zamiast schematu aplikacyjnego z wyszczególnionymi klasami, ich atrybutami, relacjami i ograniczeniami. Z drugiej strony nie jesteśmy jeszcze gotowi, by zaproponować, które standardy (oprócz norm ISO) należy w nowej postaci wytycznych wykorzystać.

Zakończenie

Podjęta przez autorów tematyka znowelizowania wytycznych technicznych G-3.4, uwzględniająca nowe techniki pomiarowe, uzmysłowiła fakt iż jej prawidłowe zrozumienie wiąże się nierozdzielnie z o wiele szerszym teoretycznie zagadnieniem, umiejscawiającym istotę problemu w światowych dążeniach uporządkowania tej tematyki w aspekcie wieloskalowej przestrzeni informacyjnej. Związane jest to ze światowymi trendami wieloaspektowego powiązania informacji o budynkach w strukturze modelowania tej informacji – bazującej

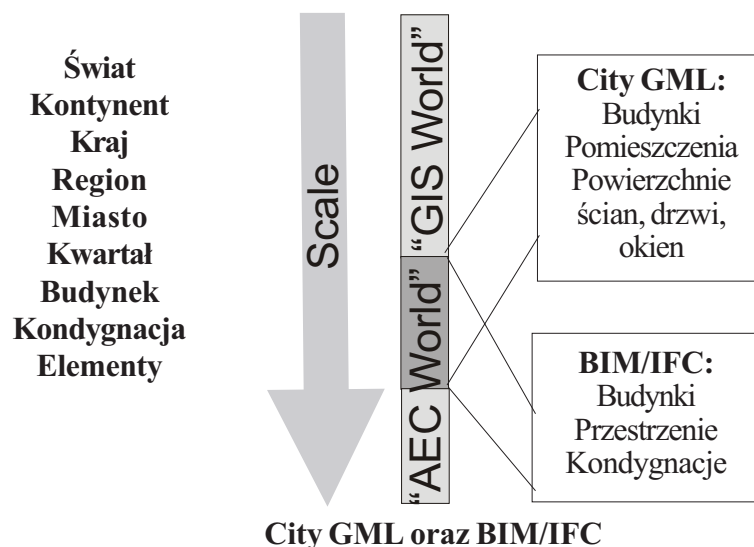
Modelowanie wieloskalowe budynkowej przestrzeni informacyjnej – poziom szczegółowości



Rys. 4. Poziomy modelowania przestrzeni budynkowej (Capstick, 2009)

na tworzeniu procesu począwszy od prostej dokumentacji technicznej, przez rozwinięcie modelu budynku, następnie przestrzeni budynkowej, aż do całkowitego globalnego ujęcia wszystkich budynków w postaci modeli miast – naturalnie opartej o przestrzeń trójwymiarową. Wynika stąd zatem pogląd, sprowadzający się do uogólnienia polegającego na sformułowaniu następującej tezy: tworząc współczesne wytyczne oparte o rozwiązania standaryzacyjne na poziomie podstawowym nie powinno się zapominać o fakcie podporządkowania tych działań ogólnemu spojrzeniu na całokształt zagadnienia dążącego do rozwiązań globalnych. Świadczą o tym funkcjonujące już na świecie rozwiązania standaryzacyjne, oparte o zaprezentowane rozwiązania modelowe (rys. 4 i 5) nad którymi, zdaniem autorów, należałoby prowadzić dalsze dyskusje i analizy.

Zakres zależności przestrzeni informacyjnej dla systemu modelowania informacji o budynkach BIM w strukturze GIS oraz środowisku AEC (architecture engineering construction) w ujęciu skalowym



Rys. 5. Zależności przestrzeni informacyjnej dla BIM (Capstick, 2009)

Literatura

- Bae Kwang-Ho, Lichti D., 2004: Automated registration of unorganised point clouds from terrestrial laser scanners, Proceedings ISPRS Conference Commission V, Istanbul.
- Bornaz L., Rinaudo F., 2004: Terrestrial laser scanner data processing, Proceedings ISPRS Conference Commission V, Istanbul.
- Capstick D, 2009: CityGML and 3D modelling, Ordnance Survey Research Department
http://www.idee.es/resources/presentaciones/canarias.../citygml_IGN.ppt
- Dyrektywa, 2007: 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE)
http://www.gugik.gov.pl/gugik/dw_files/741_dyrektywa_inspire.pdf
- Falkowski P., 2008: Experiences related to utilisation of laser scanning for engineering surveying tasks (verification of accuracy capabilities), Reports on Geodesy 2007.

- Falkowski P., Parzyński Z., Uchański J., 2009: Przygotowawcze prace projektowe modelowego opracowania standardu technicznego inwentaryzacji obiektów architektonicznych przy użyciu technologii naziemnego skaningu laserowego, Konferencja Naukowo-Techniczna: Współczesne technologie geoinformacyjne, Kraków.
- Fidera A., Chapman M., Hong J., 2004: Terrestrial lidar for industrial metrology applications: modelling, enhancement and reconstruction, Proceedings ISPRS Conference Commission V, Istanbul.
- ISO 19109, 2005: Geographic information – Rules for application schema, ISO 2005.
- ISO 19115, 2003: Geographic information – Metadata, ISO 2003.
- Karta londyńska, 2009: <http://www.londoncharter.org>
- Kersten Th., Mechelke K., Lindstaedt M., Sternberg H., 2008: Geometric Accuracy Investigations of the Latest Terrestrial Laser Scanning Systems, FIG Working Week Stockholm.
- Lichti D., 2004: A resolution measure for terrestrial laser scanners, Proceedings ISPRS Conference Commission V, Istanbul.
- Pachelski W., 2009: Podstawy geoinformatyki, wykłady prowadzone na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, materiały niepublikowane.
- Płoszajski G., 2008: Standardy w procesie digitalizacji obiektów dziedzictwa kulturowego, 247 s., dostępna w Bibliotece Cyfrowej Politechniki Warszawskiej, <http://bcpw.bg.pw.edu.pl/dlibra/docmetadata?id=1262&from=publication&>
- PN-ISO 17123, 2009: Normy od nr 17123-1 do nr 17123-5, <http://enormy.pl/?m=src&atr=PN-ISO{spc}17123{spc},,,,al,al,al>
- PN-ISO 7737, 1994: Tolerancje w budownictwie – Przedstawianie danych dotyczących dokładności wymiarów, Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-ISO 7976-1, 1994: Tolerancje w budownictwie – Metody pomiaru budynków i elementów budowlanych. Metody i przyrządy, Polski Komitet Normalizacyjny.
- Polski profil, 2008: Polski krajowy profil metadanych w zakresie geoinformacji, http://www.gugik.gov.pl/gugik/w_pages/w_doc_show.php?loc=69&doc=119
- Shan J., Toth Ch., 2008: Topographic Laser Ranging and Scanning. Principles and Processing, CRC Press, Boca Raton.
- Stuart G., Lichti D., Mike St., 2004: Application of a high-resolution, ground-based laser scanner for deformation measurements, Proceedings ISPRS Conference Commission V, Istanbul.
- Uchański J., Falkowski P., Sørensen L., 2008: Problematyka standaryzacji w dziedzinie inwentaryzacji obiektów architektonicznych technikami skaningu laserowego naziemnego, Materiały z Sympozjum PTFiT, Międzyzdroje.
- Uchański J., Falkowski P., 2009: Experiences of WPG S.A. in the usage of terrestrial laser scanners for building inventory purposes, IX Konferencja naukowo-techniczna nt.: „Aktualne problemy w geodezji inżynierskiej”. 26-27 marca, Warszawa - Białołęka.
- Wytyczne 1981: Wytyczne Techniczne G-3.4: Inwentaryzacja zespołów urbanistycznych, zespołów zieleni i obiektów architektury. GUGiK, Warszawa.

Abstract

The paper is the continuation of the discussion presented on the PTFiT conference in Międzyzdroje in 2008, and on the AGH conference in May 2009. Development of technology entails an urgent need for new approach to creation of standards for various types of surveys. One of the areas rapidly changing recently is a very broad inventory of buildings. In their study, the authors attempt to demonstrate that the existing technical guidelines for measuring the performance of work are outdated and should be changed. The paper presents the results of experiments in the field of measurement of buildings with the usage of laser scanner. Based on their experience the authors point to the need for a complex approach to define standards for performance of measurements works, to abandon suggesting specific technologies in these standards, to be replaced by a formal description of the procedures and the required accuracy. Technical guidelines issued by the Surveyor General of Poland in 1980s are not universally

applicable legal standards and must be replaced by new standards of work measurement developed in accordance with the principles of spatial data infrastructure creation.

The paper discusses the concept of building a new model of technical guidelines based on the conceptual model of the process of inventory in the UML language in accordance with the recommendations of Open Geospatial Consortium technologies for ground-based laser scanning measuring technology as a modern way of registration of all sorts of objects (including buildings), property (including construction) in the surrounding us geo-referenced geo-information space.

mgr inż. Piotr Falkowski
p.falkowski@wpg.com.pl
tel. +48 22 629 71 78

dr inż. Zenon Parzyński
zenekmp@onet.eu,
tel. +48 22 234 77 51

mgr inż. Jacek Uchański
j.uchanski@wpg.com.pl
tel. +48 22 629 71 78