

STANDARYZACJA W ZAKRESIE TRÓJWYMIAROWEJ INFORMACJI PRZESTRZENNEJ

STANDARDIZATION OF THREE-DIMENSIONAL SPATIAL INFORMATION

Urszula Cisło

Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Akademia Górniczo-Hutnicza

Słowa kluczowe: standaryzacja, informacja przestrzenna 3D, VRML, X3D, CityGML
Keywords: standardization, 3D spatial information, VRML, X3D, CityGM

Wstęp

Rozwój nowych technologii w pozyskiwaniu, modelowaniu i udostępnianiu trójwymiarowej informacji umożliwia nam obecnie wykonanie kompletnego i dokładnego opisu trójwymiarowych obiektów przestrzennych. Również oczekiwania odbiorców są znacznie wyższe. Trzeci wymiar jest już niemal normą dla prezentowania obiektów przestrzennych. Coraz chętniej dynamiczne i interaktywne wizualizacje wykorzystywane są w promocji dziedzictwa kulturowego, jako alternatywa dla tradycyjnego sposobu zwiedzania. Prezentacje takie skierowane są do szerokiego grona odbiorców i mogą być dostępne za pośrednictwem Internetu (Dziedzic, 2004). Dzięki nowym, powszechnie dostępnym technikom multimedialnym mamy możliwość “upublicznienia” obiektów, które do tej pory były nieudostępniane szerszej publiczności (Tsirliganis i inni, 2004), czy też zostały odtworzone z materiałów archiwalnych.

Zapotrzebowanie na trzeci wymiar pojawiło się również w sferze analiz przestrzennych. Dzięki rozwinięciu systemów GIS (*Geographic Information System*) do trzeciego wymiaru, zaczynają one być z powodzeniem wykorzystywane również do pełnego opisu obiektów architektonicznych (pomiar inwentaryzacyjny oraz zgromadzone dane opisowe i historyczne dotyczące danego obiektu) (Fieber, Grabowska, 2006). Dzięki takiej integracji danych graficznych i opisowych GIS umożliwia tworzenie zapytań i analiz właściwości danego obiektu.

Niezależnie od tego, czy zdecydujemy się na samą wizualizację obiektu, czy stworzymy zaawansowany system informacji o obiekcie, bardziej istotnym zagadnieniem wydaje się być powszechny dostęp do tych informacji. Ponieważ to właśnie powszechny dostęp do informacji uznawany jest jako jeden z elementów kształtujących rozwój społeczeństwa informacyjnego. Dlatego też kluczowym zagadnieniem staje się standaryzacja informacji, która daje możliwość publicznego udostępniania i wymieniaania danych pomiędzy niezależnymi oprogramowaniami i systemami (Kmieciak, 2005).

W niniejszym artykule zostały omówione podstawy języków służących głównie wizualizacji informacji trójwymiarowej w czasie rzeczywistym: VRML, GeoVRML i X3D. Przedstawione zostały również standardy przeznaczone dla geoinformacji: GML, CityGML, które oprócz wizualizacji, dają możliwość dołączenia danych opisowych o obiekcie oraz wykonywania zapytań i analiz jego właściwości.

Zapis w języku VRML

W 1994 r. powstała idea opracowania języka zdolnego pokazywać trójwymiarowe obiekty na stronach internetowych przez łącza o niskiej przepustowości. Wiązało się to z rezygnacją z przesyłu do odbiorcy gotowej sceny. Postanowiono, że przesyłane będą jedynie opisy tych scen w formacie plików tekstowych, a ich odkodowywanie i przekształcanie w obiekty trójwymiarowe następować będzie w komputerze użytkownika. Stało się to podstawą stworzenia w 1995 r. pierwszej wersji *Virtual Reality Modeling Language* (VRML 1.0), która umożliwiała definiowanie trójwymiarowych obiektów, nadawania im różnych kształtów, kolorów czy tekstur oraz poruszania się między nimi, ale bez możliwości interakcji czy animowania. Nie pozwalała również definiować krajobrazu otaczającego scenę. W kolejnej wersji już był możliwy ruch w statycznych do tej pory wirtualnych scenach. Za obecnie obowiązującą, ostatnią wersję języka VRML uważa się wersję VRML97, która w grudniu 1997 została oficjalnie uznana przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji ISO za standard międzynarodowy (Dąbkowski, 1998).

Język VRML jest ciekawą alternatywą dla klasycznej wizualizacji w postaci renderowanych obrazów i klasycznej animacji. Dzięki interaktywności daje on użytkownikowi nieograniczone możliwości poznawania stworzonego modelu (Dziedzic, 2004). Składnia VRML bazuje na obiektach nazywanych węzłami (ang. *nodes*), z których każdy składa się z nazwy, pól i zdarzeń (określane odpowiednimi typami) oraz z wartości domyślnych dla pól. Węzły te tworzą struktury hierarchiczne (węzły grupujące) opisujące geometrię, własności (oświetlenie, materiały, tekstury) oraz możliwe modyfikacje obiektów i tworzą w ten sposób trójwymiarową scenę (zapisaną w pliku tekstowym). W języku tym zastosowano czujniki interakcyjne wykrywające akcję użytkownika (np. poruszenie, kliknięcie myszką), co pozwala na detekcję interakcji obiektów geometrycznych, dzięki którym użytkownik może mieć wpływ na wygląd obiektu (Weiss i inni, 2004). Jedną z istotniejszych cech VRML jest to, iż posiada on mechanizm LoD (*Level of Details*) pozwalający wyświetlać dane (obrazy) o różnym stopniu dokładności, w zależności od odległości od nich obserwatora (Gacka, 2005). Składnia w pliku VRML jest dosyć przejrzysta. Poniżej (schemat 1) przedstawiono fragment zapisu tekstowego sceny 3D zilustrowanej na rysunku 1. Pierwsza linijka odnosi się do formatu pliku. Następnie opisany jest węzeł grupujący łączący wiele elementów sceny *Anchor*, który aktywuje pod wpływem kliknięcia dowolny obiekt zdefiniowany w polu *children*. W polu *url* umieszczona jest ścieżka dostępu do pliku, który ma zostać załadowany. Dalej mamy zapisany wygląd ściany, jej współrzędne oraz współrzędne tekstury (źródło: www.voyagegraphics.com).

Jednak język VRML posiada pewne ograniczenia, które uniemożliwiają jego pełne wykorzystanie w geodezji. Zaliczyć do nich można: możliwość obliczeń jedynie w pojedynczej precyzji, co prowadzi do strat dokładności oraz brak obsługi innych układów poza kartezjań-



Rysunek 1

```
-
Anchor {
  url "http://cic.nist.gov/vrml/"
  parameter "target=_new"
  children Group {
    children [
      ...
      Shape {
        appearance Appearance {
          material USE WALLCOLOR
          texture ImageTexture {
            url "Brick.jpg"
          }
          textureTransform TextureTransform {
            scale 10 10
          }
        }
        geometry IndexedFaceSet {
          coord Coordinate {
            point [10.626 2.415 2.415, 10.626 -12.075 2.415, 2.898 -12.075 -1.449,...]
          }
          coordIndex [3 2 10 -1, 1 5 0 -1, 2 11 10 -1, 5 4 0 -1, 78 29 76 -1,...]
          texCoord TextureCoordinate {
            point [.455 .291, .455 .018, .527 .018, .527 .32, .491 0, .491 .3, .455 0,...]
          }
          texCoordIndex [3 2 8 -1, 1 2 0 -1, 2 1 8 -1, 2 3 0 -1, 9 6 52 -1, ...]
          solid FALSE
          creaseAngle .5
        }
      ]
    ]
  }
}
```

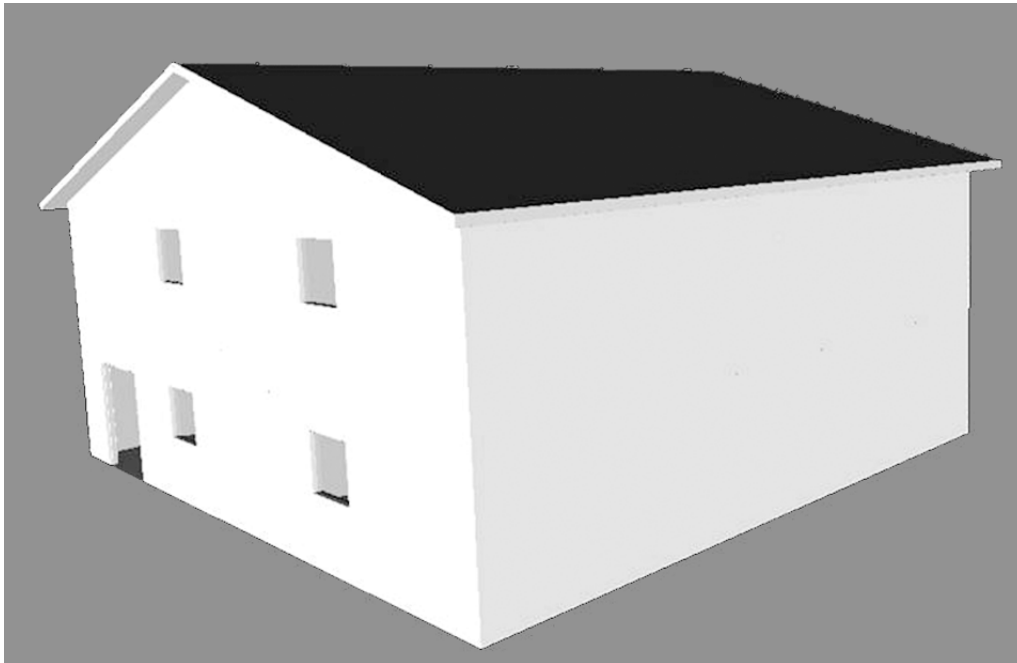
Schemat 1. Przykład zapisu tekstowego sceny 3D w języku VRML (źródło: www.voyagegraphics.com)

skim (Jędrzycka, 2004). Ale język VRML ma też wiele zalet. Jest uniwersalny, daje łatwy dostęp do wirtualnych światów i możliwość poruszania się po nich, a możliwość zawierania dodatkowych węzłów w VRML, np. do opisywania obiektów geograficznych, pozwoliła grupie GeoVRML Working Group, zrzeszonej w Web3D Consortium, stworzyć w 2000 r. nowy język – GeoVRML (Reddy, Iverson, 2002). Celem GeoVRML jest danie możliwości interaktywnej, dokładnej i dynamicznej prezentacji w Internecie trójwymiarowych danych geoprzestrzennych, takich jak mapy czy numeryczne modele terenu. GeoVRML obsługuje wiele układów współrzędnych, dzięki czemu można łączyć modele pochodzące z różnych źródeł, z różnych układów współrzędnych, czy z różnych serwerów Web. Wspomaga przejścia między różnymi układami oraz umożliwia obliczenia bez straty dokładności (wspomaga pojedynczą precyzję). Sprawdza się również w przypadku dużych zbiorów, gdyż wspomaga skalowalność danych i nawigowanie po wirtualnej scenie. Oprócz tego zapewnia możliwość wykonania animacji i pełnego opisu metadanych (Jędrzycka, 2004).

Język znacznikowy X3D

Wraz z rozwojem Extensible Markup Language (XML) i technik tworzenia stron internetowych, zaczął się rozwój następcy VRML, języka znacznikowego X3D, który w 2004 r. stał się międzynarodowym standardem ISO dla grafiki 3D generowanej w czasie rzeczywistym (Hetherington i inni, 2006). Skrót X3D oznacza Extensible 3D, czyli rozszerzalny język opisu scen 3D. Język ten podobnie jak jego poprzednia wersja VRML97 bazuje na strukturze węzłowej. Dodane zostały nowe węzły i możliwości, głównie wykorzystujące ostatnie osiągnięcia trójwymiarowej grafiki komputerowej oraz rozwoju sprzętu komputerowego. Dodane zostały m.in.: węzły geometryczne 2D, węzły bazujące na geograficznym układzie współrzędnych oraz węzły wykorzystujące technikę interaktywnego modelowania obiektów 3D za pomocą wzorów matematycznych – NURBS (*Non-Uniform Rational B-Spline*) (wg www.web3d.org). Wprowadzono trzy możliwe sposoby zapisu: tradycyjny, XML oraz binarny, co umożliwia kompresję, a przez to szybsze ładowanie modeli (Chittaro, Ranon 2007). Aby zmniejszyć wielkość dodatków do przeglądarek internetowych wykorzystywanych do prezentowania plików X3D, wprowadzono podział na tzw. komponenty (ang. *components*), które mogą być łączone w różne profile określające grupy węzłów i stopień ich złożoności.

W standardzie X3D zmieniła się głównie notacja języka na zapis charakterystyczny dla języka znacznikowego. Podobnie jak przy poprzednim standardzie VRML, przedstawiono poniżej jedynie fragment pliku X3D (schemat 2), zawierający opis definicji punktów obserwacji (ang. *viewpoint*) oraz jednej ze ścian budynku przedstawionego na rysunku 2. W pierwszej linijkach mamy odwołanie do formatu zapisu (źródło: www.savage.nps.edu).



Rysunek 2

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE X3D PUBLIC "ISO//Web3D//DTD X3D 3.0//EN" "http://www.web3d.org/specifications/x3d-3.0.dtd">
<X3D profile='Immersive' version='3.0' xmlns:xsd='http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance'
xsd:noNamespaceSchemaLocation='http://www.web3d.org/specifications/x3d-3.0.xsd'>
...
<Scene>
  <WorldInfo info='File produced by IMSI FloorPlan V4' title='FP2StoryTextures.wrl'/>
  <Viewpoint DEF='VP_Z_POS' description='Front' position='-1.8288 1.5 19.848103'/>
  <Viewpoint DEF='VP_Z_NEG' description='Back' orientation='0.0 1.0 0.0 3.141592' position='-1.8288 1.5 -20.457703'/>
  <Viewpoint description='View 1' position='-4.8768 1.5 2.7432'/>
  <Viewpoint description='View 2' position='-1.8288 1.5 -2.3622'/>
  ...
  <Group DEF='GRP_LEVEL_2'>
    <Group DEF='LOC_Ground_floor_SHELL'>
      <Group DEF='Wall_1_1'>
        <Shape>
          <Appearance>
            <Material ambientIntensity='0.8' diffuseColor='0.890196 0.811765 0.67451'
shininess='0.234375' specularColor='0.267059 0.243529 0.202353'/>
          </Appearance>
          <IndexedFaceSet coordIndex='0 1 2 -1 0 2 3 -1 4 5 6 -1 4 6 7 -1 8 9 10 -1 8 10
... ' creaseAngle='0.7' solid='false'>
            <Coordinate point='-1.905 2.4384 -0.2286 -1.905 2.4384 5.715 -1.7526 2.4384
5.715 -1.7526 2.4384 -0.2286 -1.905 0.0 -0.2286 -1.905 ... '/>
          </IndexedFaceSet>
        </Shape>
      </Group>
    </Group>
  </Group>
...

```

Schemat 2. Przykład zapisu tekstowego sceny 3D w języku X3D (źródło: www.savage.nps.edu)

Przeglądarki VRML/X3D

Wszystkie przedstawione do tej pory standardy wymagają do wizualizacji sceny przeglądarki VR (*Virtual Reality*), która udostępniana jest zwykle w formie dodatku (ang. *plugin*) do przeglądarki internetowej (obecnie wszystkie przeglądarki internetowe posiadają taki właśnie dodatek) lub samodzielny program, pakiet narzędziowy czy aplet Java dostępne dla każdego systemu operacyjnego. W tabeli 1 przedstawiono najpopularniejsze przeglądarki VR wraz z ich kompatybilnością z poszczególnymi systemami i przeglądarkami internetowymi.

Tabela 1. Przegląd najpopularniejszych przeglądarek VRML/X3D
(wg National Institute of Standards and Technology)

Software(Disclaimer)	Type	OS			Browser		X3D
		Win	Linux	Mac	IE	Firefox	
Flux Player	P, S, T	X			X	X	X
Cortona*	P	X		X	X	X	
Octaga Player*	P, S	X	X		X	X	X
BS Contact*	P	X			X	X	X
Cosmo Player	P	X				X	
blaxxun Contact	P	X			X		
FreeWRL	P, S, T		X	X		X	X
OpenVRML	P, S, T	X	X	X		X	X
InstantReality	S	X		X			X
Xj3D	S, T	X	X	X			X
Orbisnap	S	X	X	X			
Demotride	S	X					X
Carina	S	X	X	X			X
BS Contact J*	A	X	X	X	X	X	X
blaxxun3D	A	X	X	X	X	X	

Types: P – plugin, S – standalone program, T – toolkit, A – applet
(* Purchasing a license removes the product logo)

Standard dla geoinformacji – GML

Przedstawione w poprzednich rozdziałach standardy w większości przypadków, zapewniają jedynie możliwość wizualizacji pomijając aspekt zapytań tematycznych, czy analiz przestrzennych. Dlatego chcąc stworzyć zaawansowany system informacji o obiekcie należy sięgnąć do systemu GIS.

Obecnie opracowaniem standardów w zakresie geoinformacji zajmują się dwa międzynarodowe ośrodki: Open Geospatial Consortium (OGC) (OGC, 2004) i Komitet Techniczny 211 Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej ISO (ISO/TC 211). Na potrzeby wymia-

ny informacji geograficznej, w celu przesyłania jej pomiędzy różnymi systemami – on-line, niezależnie od platformy sprzętowo-systemowej i niezależnie od charakteru i technologii systemu geoinformacyjnego (Gaździcki, 2007), konsorcjum OGS opracowało język *Geography Markup Language* (GML). Podstawowe pojęcia zamodelowane w języku GML zostały pierwotnie zaczerpnięte ze Specyfikacji Abstrakcyjnej OGC, a następnie dostosowane do postanowień norm serii 19100. W pierwszej wersji GML 1.0 został oparty na DTD (*Document Type Definition*) – starszy sposób posługiwania się specjalnym językiem definiowania dokumentów, będących zbiorem reguł, które określają jakich znaczników można używać i co mogą zawierać te znaczniki. GML 1.0 jako model geometryczny stosował model *Simple Features*, który opisywał geometrię jedynie dwuwymiarową, a krzywa pomiędzy dwoma punktami interpolowana była liniowo (Lake, 2000). W wersji drugiej GML 2.0 nastąpiło przejście z DTD na nowszy sposób – XML Schema, który wykorzystuje fragmenty XML nazywane szablonami, aby zademonstrować jak powinien wyglądać dokument. Natomiast w trzeciej wersji GML 3.0 zaczęto stosować nieliniowy model geometrii oraz zwiększono możliwości wykorzystania języka do obsługi danych rastrowych, topologii czy geometrii trójwymiarowej. Najnowsza wersja GML 3.1.1 stanowi podstawę projektu normy ISO/DIS 19136 Geographic information – Geography Markup Language. Publikacja tego dokumentu normatywnego planowana jest na lipiec 2007 roku (Kmieciak, 2005).

Zasadniczo język GML realizuje ogólny model obiektu General Feature Model (ISO, 20C przyjęty w rodzinie norm ISO 19100), który zakłada, że informacja geograficzna stanowi kolekcję obiektów (ang. *feature*) reprezentującą pewną abstrakcję zjawisk występujących w świecie rzeczywistym (Kmieciak, 2005). Każdy obiekt opisany jest przez zbiór właściwości, które mogą być proste lub złożone, mogą mieć charakter nieprzestrzenny lub przestrzenny. Ponadto w GML obiekty mogą być ze sobą powiązane zależnością silnego typu, tzn. jeden obiekt jest częścią składową drugiego obiektu (zagnieżdzenie obiektów) lub słabą zależnością, w której jeden obiekt odwołuje się do drugiego obiektu. Przy czym powiązania te muszą być jawne i jednoznacznie określać relację między typami danego obiektu oraz rolę, jakie każdy z obiektów pełni w danym związku. Natomiast właściwości przestrzenne obiektów geograficznych opisywane są z wykorzystaniem elementów geometrycznych i topologicznych, które również posiadają typ, właściwości i powiązania.

W schemacie 3 został przedstawiony przykład zapisu przyziemia prostokątnego budynku zapisanego w języku GML wraz z definicją i typem jego atrybutów opisowych (Litwin, Myrda, 2005).

Główną zaletą języka GML jest możliwość sformalizowanego opisu obiektów geograficznych wraz z ich geometrią i zależnościami topologicznymi, systemów odniesienia przestrzennego, czasu czy jednostki miary, dzięki czemu umożliwia on wykonywanie zapytań tematycznych, czy analiz przestrzennych na obiektach. Pozostałe zalety wynikają z faktu, iż GML jest aplikacją XML, co daje możliwość przeglądu czy edycji danych za pomocą zwykłego edytora tekstu, zapisywania dowolnych informacji, również nieprzestrzennych. W języku GML można łatwo rozszerzyć strukturę informacji z możliwością wykorzystania wcześniej zdefiniowanych struktur. Do podstawowych zalet należy również niezależność od platformy sprzętowo-systemowej i od konkretnego systemu GIS (Litwin, Myrda, 2005). Jednak trzeba tutaj zauważyć, że GML definiuje jedynie elementy dotyczące aspektu przestrzennego (geometrycznego i topologicznego) geoinformacji dlatego, aby zastosować go w konkretnych dziedzinach konieczne jest opracowanie schematów XML zawierających elementy specyficzne dla danej dziedziny. „Surowe” dane zapisywane są w dokumentach GML

```

<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
<Vectort_ayer xmlns:gml = "http://www.opengis.net/gml" xmlns:xsi =
"http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance" id = "budynki">
  <gml:name>budynki - test</gml:name>
  <SchemaDef>
    <AttributeDef name = "ID" type = "integer"/>
    <AttributeDef name = "FUNKCJA" type = "string"/>
    <AttributeDef name = "KONSTRUKCJA" type = "string"/>
    <AttributeDef name = "KUBATURA" type = "double"/>
    <AttributeDef name = "LICZBA_LOKALI" type = "integer"/>
  </SchemaDef>
  <Features>
    <Feature gml:fid = "12000">
      <Attributes>
        <Attribute name = "ID" value = "12000"/>
        <Attribute name = "FUNKCJA" value = "MIESZKALNY"/>
        <Attribute name = "KONSTRUKCJA" value = "MUR"/>
        <Attribute name = "KUBATURA" value = "200"/>
        <Attribute name = "LICZBA_LOKALI" value = "3"/>
      </Attributes>
      <gml::geometryProperty type = "simple">
        <gml:Polygon gml:gId = "12000" gml:srsName = "UTM.U.34">
          <gml:outerBoundaryIs>
            <gml:LinearRing>
              <gml:coordinates>427547.18,5454456.67 427414.06,5454448.37 427424.43,5454412.53
              427558.43,5454420.37 427547.18,5454456.67</gml:coordinates>
            </gml:LinearRing>
          </gml:outerBoundaryIs>
        </gml:Polygon>
      </gml::geometryProperty>
    </Feature>
    .....
  </Features>
</Vectort_ayer>

```

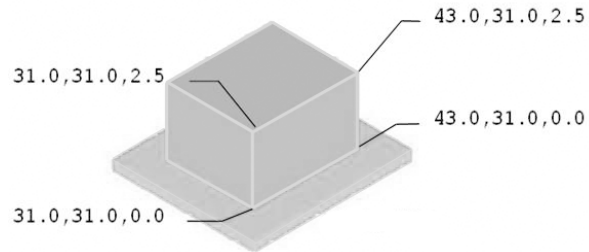
Schemat 3. Przykład zapisu tekstowego w języku GML (źródło: Litwin, Myrda, 2005)

(plik *.xml), a deklaracyjny opis danych, opisujący ich logiczną organizację w pliku oraz ich znaczenie i kontekst, podany jest w schemacie aplikacyjnym GML (plik *.xsd) (Kmieciak, 2005). Dzięki takiemu zapisowi otrzymujemy model, do którego możemy porównać konkretne dokumenty w celu przetestowania ich pod kątem zgodności ze specyfikacją języka.

Schemat aplikacyjny CityGML

Od 2002 r. Special Interest Group 3D (SIG 3D) wdraża schemat aplikacyjny dla języka Geography Markup Language w wersji 3.1 (GML3) pod nazwą CityGML, który przeznaczony jest do modelowania miasta 3D. Zasadniczym zadaniem tego schematu jest uzyskanie sformalizowanego opisu podstawowych elementów, klas, atrybutów i relacji w modelu miasta 3D, w odniesieniu do ich właściwości geometrycznych, topologicznych i semantycznych (Kolbe, Bacharach, 2006). CityGML, obecnie w wersji 1.0, ma status kandydata na specyfikację OpenGIS do reprezentacji, przechowywania i wymiany danych wirtualnych miast 3D oraz modeli regionalnych.

Ogólnie obiekt „Miasto” (ang. „City”) zdefiniowany jest tak, aby obejmował nie tylko konstrukcję budynków, ale również elewacje, roślinność, zbiorniki wodne, elementy infrastruktury drogowej, numeryczny model terenu i inne elementy. Oprócz opisu wyglądu miasta 3D w CityGML zawarte są również właściwości semantyczne i tematyczne, typologia



Rysunek 3

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
  <CityModel xmlns=http://www.citygml.org/citygml/1/0/0
  xmlns:gml=http://www.opengis.net/gml
  xmlns:xAL="urn:oasis:names:tc:ciq:xdschema:xAL:2.0"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.citygml.org/citygml/1/0/0 ../CityGML.xsd">
    <gml:description> Prosty przyk³ad danych XML zgodnych z CityGML,
    schematem aplikacyjnym GML opracowanym przez SIG 3D. Źród³o danych
    www.citygml.org
    </gml:description>
    <gml:name>3D city model of Samplecity</gml:name>
    <gml:boundedBy>
      <gml:Envelope srsName="urn:adv:crs: ETRS89_3GK2-h">
        <gml:pos srsDimension="3">0.0 0.0 0.0 </gml:pos>
        <gml:pos srsDimension="3">43.0 34.0 3.5</gml:pos>
      </gml:Envelope>
    </gml:boundedBy>
    ...
    <cityObjectMember>
      <!--Prosty budynek na poziomie szczeg³owoci LoD1 -->
      <Building gml:id="Build0816">
        <gml:name>Villa Kunterbunt</gml:name>
        <function>1000</function>
        <yearOfConstruction>1952</yearOfConstruction>
        <roofType>1030</roofType>
        <lod1Solid>
          <gml:Solid srsName="urn:adv:crs: ETRS89_3GK2-h">
            <!--prosty model blokowy -->
            <gml:exterior>
              <gml:CompositeSurface>
                <gml:surfaceMember>
                  <!--frontowa œciana -->
                  <gml:Polygon>
                    <gml:exterior>
                      <gml:LinearRing>
                        <gml:pos srsDimension="3">31.0 31.0 0.0</gml:pos>
                        <gml:pos srsDimension="3">43.0 31.0 0.0</gml:pos>
                        <gml:pos srsDimension="3">43.0 31.0 2.5</gml:pos>
                        <gml:pos srsDimension="3">31.0 31.0 2.5</gml:pos>
                        <gml:pos srsDimension="3">31.0 31.0 0.0</gml:pos>
                      </gml:LinearRing>
                    </gml:exterior>
                  </gml:Polygon>
                </gml:surfaceMember>
                ...
              </gml:CompositeSurface>
            </gml:exterior>
          </lodgeSolid>
        </Building>
      </cityObjectMember>
  </CityModel>

```

Schemat 4. Przyk³ad zapisu tekstowego sceny 3D zgodny ze schematem aplikacyjnym CityGML (źródło: www.citygml.org)

(podział według typów obiektów), hierarchia generalizacji pomiędzy klasami tematycznymi, agregacja, relacje między obiektami a właściwościami przestrzennymi. Ponieważ CityGML może prezentować teren i obiekty 3D odpowiednio w różnych stopniach dokładności od prostych, nieskalowanych modeli bez topologii i z niewielką semantyką, po bardzo złożone wieloskalowe modele z pełną topologią i szczegółową semantyką, jest on odpowiedni do zastosowania zarówno dla małych obszarów jak i dużych regionów. Podstawowy model rozróżnia 5 (0–4) kolejnych poziomów szczegółowości – LoD (Kolbe i inni, 2005).

Podstawą CityGML jest model budynku, który pozwala na reprezentację tematyczną i przestrzenną budynków, części budynków oraz ich elementów w czterech poziomach szczegółowości (LoD1 – LoD4). Natomiast model terenu może być określany za pomocą siatki prostokątnej, nieregularnej siatki TIN (*Triangulated Irregular Network*), linii nieciągłości terenu (ang. *breaklines*) i linii szkieletowych (ang. *skeleton lines*), czy chmury punktów 3D (ang. *mass point*).

Ponadto CityGML umożliwia przypisanie do obiektów wybranych tekstur czy materiału. A obiekty mogą posiadać również odnośniki do odpowiednich obiektów w zewnętrznych zbiorach danych. Dodatkowo CityGML posiada predefiniowane, zewnętrzne listy kodów i słowniki dopuszczalnych wartości atrybutów.

Na schemacie 4 przedstawiono przykład zapisu zgodny z schematem aplikacyjnym CityGML budynku w poziomie LoD1, który został zilustrowany na rysunku 3 (OGC, 2006).

Przykłady zastosowań

Zdecydowanie najwięcej przykładów zastosowań opisanych powyżej standardów można znaleźć w języku VRML. Poniżej wymieniono tylko ułamek tego, co można znaleźć w Internecie oraz tego gdzie można szukać przykładów wykorzystania przedstawionych standardów:

1. VRML:
 - Virtual Ljubljana (http://www.ljubljana.si/en/ljubljana/virtual_ljubljana/default.html),
 - Old city of Xanthi (<http://www.67100.gr/>),
 - The Arabesk Virtual Museum (<http://www.museumarabesk.nl/>),
 - Wirtualny spacer po Krakowie (<http://www.krakow.pl/gospodarka/mmmk/spacer/all.wrl>) – rysunek 2 przed stroną 13.
2. GeoVRML: www.geovrml.org.
3. X3D:
 - www.web3d.org,
 - On-A-Slant Virtual Village (<http://onaslant.ndsu.edu/x3d.html>).
4. CityGML: www.citygml.org.

Do obejrzenia wyżej wymienionych przykładów konieczne jest zainstalowanie odpowiednich dodatków do przeglądarki internetowej.

Podsumowanie

Powszechny dostęp do informacji uznawany jest jako jeden z elementów kształtujących rozwój społeczeństwa informacyjnego, dlatego kluczowym zagadnieniem staje się interoperacyjność systemów informacji przestrzennej, a co za tym idzie, standaryzacja. VRML obecnie jest najbardziej popularnym standardem udostępniania danych trójwymiarowych przez Internet, szeroko wykorzystywanym, szczególnie w promocji i turystyce. Lecz od momentu, kiedy stał się międzynarodowym standardem, nie jest on rozwijany. Z kolei atrakcyjność XML przyczynia się do ciągłego wzrostu zainteresowania językiem X3D. Lecz jeżeli chcemy stworzyć zaawansowany system informacji o obiekcie, który umożliwi nie tylko wizualizację, ale i zapytania tematyczne czy analizy przestrzenne, konieczne jest zastosowanie systemów GIS, dla których przeznaczony jest standard GML. Natomiast w przypadku, gdy chcemy stworzyć np. zaawansowany system informacji o obiektach zabytkowych w danym mieście, możemy z powodzeniem sięgnąć po schemat aplikacyjny CityGML.

Literatura

- Chittaro L., Ranon R., 2007: Web3D technologies in learning, education and training: Motivations, issues, opportunities, *Computers & Education* vol. 49.
- Dąbkowski K., 1998: VRML97 Trzeci wymiar sieci, Warszawa Wydawnictwo ZNI „MIKOM”.
- Dziedzic A., 2004: Komputerowa wizualizacja 3D relikwów romańskich z kościoła Św. Andrzeja w Krakowie, praca magisterska realizowana w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.
- Fieber K., 2006: Kompleksowa inwentaryzacja zabytkowego zespołu dworsko-parkowego w Cichawie – część architektoniczna i archiwalna, praca magisterska realizowana w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.
- Gaździcki J., 2007: Internetowy leksykon geomatyczny, www.ptip.org.pl.
- Grabowska D., 2006: Kompleksowa inwentaryzacja zabytkowego zespołu dworsko-parkowego w Cichawie – część topograficzna i przyrodnicza, praca magisterska realizowana w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.
- Hetherington R., Farrimond B., Presland S., 2006: Information rich temporal virtual models using X3D, *Computers & Graphics* vol. 30
- Jędrzycka R., 2004: Wizualizacje VRML/X3D danych fotogrametrycznych w aplikacjach internetowych, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 14.
- Kmiecik A., 2005: Problematyka modelowania informacji geograficznej w schematach GML, *Roczniki Geomatyki* 2005 – Tom III, Zeszyt 4.
- Kolbe T.H., Bacharach S., 2006: CityGML: An Open Standard for 3D City Models, *Directions Magazine* www.directionsmag.com.
- Kolbe T.H., Gröger G., Plümer L., 2005: CityGML – Interoperable Access to 3D City Models, 1st International Symposium on Geo-information for Disaster Management, Delft.
- Lake R., 2000: Introduction to GML Geography Markup Language, WAP Forum - W3C.
- Litwin L., Myrda G., 2005: Systemy Informacji Geograficznej. Zarządzanie danymi przestrzennymi w GIS, SIP, SIT, LIS, Wydawnictwo Helion.
- Open Geospatial Consortium (OGC), 2004: ISO/TC 211/WG 4/PT 19136 Geographic information – Geography Markup Language (GML), www.opengeospatial.org.
- Open Geospatial Consortium (OGC), 2006: Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification (City Geography Markup Language), www.citygml.org.
- Reddy M., Iverson L., 2002: GeoVRML 1.1 Specification, www.geovrml.org.
- Tsirliganis N., Pavlidis G., Koutsoudis A., Papadopoulou D., Tsompanopoulos A., Stavroglou K., Loukou Z., Chamzas C., 2004: Archiving Cultural Objects in the 21st Century, *Journal of Cultural Heritage* vol. 5
- Weiss Z., Konieczny R., Kasica M., Kowalski M., 2004: Interaktywne projektowanie z zastosowaniem narzędzi VRML, III Forum ProCAX Mechanik Nr 11.

Summary

Availability of three-dimensional (3D) technologies for data acquisition, modeling and exchange, gives us opportunity to get integrated and complete description of architectural or geographic three-dimensional spatial information. The third dimension is a standard for spatial objects representation. Dynamic, interactive and web-enabled visualizations are realized more and more often. Interest in third dimension in spatial analysis triggered progress in GIS systems which slowly become usable in complete description of architectural objects (inventory measurements and descriptive, historical data documentation of the object). Thanks to this integration of geometric and descriptive data GIS enables thematic queries and analytical tasks or spatial data mining.

However, regardless whether we decide on visualization only or on creating a more advanced object information system, the fundamental issue seems to be general access to that information. Because widespread access to information is regarded as a condition to achieve Information Society, standardization of information becomes of crucial importance. The standardization of information gives us opportunity of public access to data and data exchange between independent software and systems.

In this article the concept of standards for encoding three-dimensional spatial information was described. There were discussed foundations of languages mostly used for real-time three-dimensional visualization purposes: VRML, GeoVRML and X3D, successfully used for dynamic and interactive presenting results of 3D object modeling, particularly in the World Wide Web. Also GML and CityGML - modeling languages for geographic systems - were presented. They make it possible not only to visualize objects but also to add descriptive data and make thematic queries as well as analyses.

mgr inż. Urszula Cisło
doktorantka na Wydziale Geodezji Górniczej
i Inżynierii Środowiska AGH
cislo@agh.edu.pl
tel. (012) 617 38 26



Fig. 2. Visualisation of a controversial Wyspiański Pavillon currently under construction in Cracow
Rys. 2. Wizualizacja kontrowersyjnego Pawilonu Wyspiańskiego obecnie budowanego w Krakowie