

INNOWACYJNE METODY TWORZENIA GRAFIKI TRÓJWYMIAROWEJ NA PRZYKŁADZIE PROGRAMU PROFORMA

Agnieszka TISZBIEREK

Streszczenie: Artykuł opisuje współczesne metody wizualizacji grafiki trójwymiarowej. Głównym tematem jest innowacyjny program ProFORMA. Celem artykułu jest omówienie nowoczesnej metody pozyskiwania grafiki trójwymiarowej opartej na innowacyjnej metodzie on-line, a także przedstawienie efektów pracy omawianego programu. Artykuł ma zarówno zapoznać czytelników z nowością świata grafiki trójwymiarowej, jak również przekonać o wyższości stosowanych przez powstały i rozwijający się nowy programu do tworzenia grafiki 3D algorytmów i metod pozyskiwania trójwymiarowych wizualizacji.

Słowa kluczowe: grafika trójwymiarowa, ProFORMA, Innowacyjne metody, Modele trójwymiarowe, Metody on-line i off-line.

1. Innowacje w świecie tworzenia wizualizacji trójwymiarowych

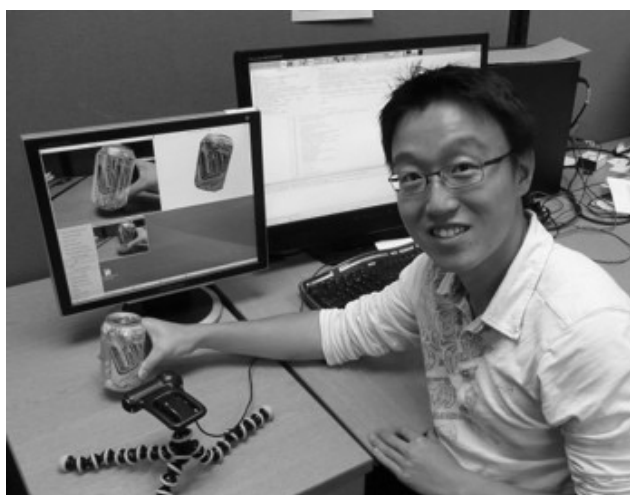
Grafika trójwymiarowa jest obecnie najnowocześniejszą dziedziną grafiki komputerowej, bardzo często używaną do tworzenia trójwymiarowych wirtualnych wizualizacji obiektów rzeczywistych. Dzięki temu, że dziedzina ta wciąż się rozwija, ciesząc się ogromnym zainteresowaniem zarówno wśród profesjonalnych grafików jak i amatorów, powstają wciąż nowe metody tworzenia wizualizacji 3D. Owocuje to powstawaniem coraz to nowszych programów, które pozwalają uzyskać także lepsze efekty pracy. Uzyskane przy ich pomocy doskonałe wizualizacje są wykorzystywane w wielu dziedzinach. Grafikę trójwymiarową można podzielić na różne grupy w zależności od tego, jakie jej cechy charakterystyczne weźmie się pod uwagę podczas tworzenia podziału. Jeden z takich podziałów pozwala na zestawienie grup obrazów 3D, opierając się na sposobie ich wykonania. Można wyróżnić dwie istotne grupy. Pierwsza grupa gromadzi wizualizacje będące odzwierciedleniem rzeczywistych przedmiotów (poprzez odtworzenie ich w wirtualnej przestrzeni komputera, opierając się jedynie na zmysłach i precyzji człowieka) oraz obrazy nierzeczywiste będące wytworem wyobraźni autora (projekty nierzeczywiste istniejące jedynie w przestrzeni wirtualnej). Do tworzenia jej używa się różnych znanych i sprawdzonych programów, wśród których można wyróżnić popularny i lubiany przez grafików komputerowych program Bender. Niestety, powstałe przy pomocy tych metod wizualizacje są jedynie „odbiciem” świata rzeczywistego, bowiem na ich wygląd i kształt ogromny wpływ miały wyobraźnia, zdolności oraz sposób postrzegania świata przez autora. Takie wizualizacje były bardzo często różne od swoich rzeczywistych wzorców. Sytuacja zmieniła się diametralnie, gdy mowa jest o wizualizacjach zawartych w drugiej grupie, powstałych dzięki tzw. skanowaniu. Ich „twórcą” jest sprzęt komputerowy, który dzięki odpowiedniej technice i algorytmom odtworzył przedmiot rzeczywisty w wirtualnej przestrzeni programu komputerowego. Do niedawna druga grupa reprezentowana była jedynie przez komercyjne programy bazujące nie tylko na kamerze

internetowej, ale także na świetle lasera używanego podczas robienia wizualizacji. Wizualizacja ta była niezwykle pracochłonna i wymagała ogromnego wkładu człowieka. Należało przygotować odpowiednią scenę, oświetlać przedmiot pod odpowiednim kątem, tak by linia lasera mogła objąć dany obszar. Programy te były drogie i wymagające ogromnego wkładu pracy człowieka. Dokonanie prostej wizualizacji wymagało czasu i umiejętności, co nie pozwalało na pracę z nimi każdemu użytkownikowi. Dlatego bardzo ważnym i ciekawym wydarzeniem był projekt, który został ogłoszony w 2009 na Uniwersytecie Cambridge. Studenci rozpoczęli pracę nad programem, który dzięki wykorzystaniu odpowiednich algorytmów będzie potrafił zeskanować rzeczywisty obiekt do pamięci komputera potrzebując jedynie komputera i prostej kamery internetowej. Wtedy też praca człowieka będzie się ograniczać jedynie do wolnego obracania obiektu wzdłuż własnej osi środkowej, a skanowanie da bardzo dobre efekty za pierwszym razem i nie będzie konieczności ciągłego powtarzania go. Choć - jak na razie - powstał dopiero pierwszy szkic projektu oraz pierwsza wersja testowa programu (wersja pracująca pod system Linux), warto przyjrzeć się uważnie temu projektowi i dobrze go poznać, bowiem powstający program jest ogromną innowacją będącą przełomem w świecie grafiki. Powstały program ogromnie ułatwi pracę grafikom, a efekty jego działania będą mogły być wykorzystane w wielu dziedzinach nauki. Dobrym przykładem może być zastosowanie idealnej, powstałej bez większego wysiłku i kosztów wizualizacji skomplikowanych maszyn w programach symulacyjnych, które dzięki temu staną się lepsze, bardziej precyzyjne, a wyniki ich pracy bardziej zadowalające i czytelniejsze. Takie działania pozwolą na przeprowadzanie badań i symulacji bez udziału samych maszyn. Badania takie staną się mniej czasochłonne i kosztowne w porównaniu do tych wykonywanych na rzeczywistych maszynach.

1.1. Program ProFORMA

Program ProFORMA jest projektem, który powstał w 2009 roku na Uniwersytecie Cambridge. Autorami opisywanej innowacji są tamtejsi studenci, a mianowicie Qi Pan oraz Gerhard Reitmayr. Studiują oni na Wydziale Inżynierii. Program powstał w laboratorium inteligentnych maszyn, a promotorem pracy był dr Tom Drummond. Nazwa programu jest skrótem od słów opisujących podstawową zasadę jego działania (z ang. Probabilistic Feature-based On-line Rapid Model Acquisition, co można przetłumaczyć jako: W oparciu o cechy probabilistyczne szybkie pozyskanie modelu on-line). Ogólnie można zatem stwierdzić, że sam program działa wykorzystując obliczenia dokonane przez wykorzystanie algorytmu triangulacji Delaunay; punkty (zbierane w swoiste grupy) uzyskane z konstrukcji on-line poprzez przewidywanie ruchu rzeźbią strukturę dzięki użyciu algorytmu probabilistycznego, który szybko pozwala na uzyskanie siatki powierzchni skanowanego obiektu. Autorzy twierdzą, że motywacją dla ich był fakt, iż obecne systemy skanujące wymagają wiele czasu i pracy. Rekonstrukcja modelu bowiem opiera się na dwóch podstawowych fazach. Mianowicie na fazie pierwszej polegającej na zbieraniu obrazu i fazie drugiej - powolnej rekonstrukcji wymagającej dużo czasu, aby zweryfikować, czy otrzymany model z sekwencji obrazów jest poprawny. Natomiast studenci z Cambridge zaproponowali nowy system, który generuje model 3D w czasie rzeczywistym na bieżąco, gdy sekwencja wejściowa jest jeszcze zbierana. Podczas gdy użytkownik obraca obiekt rzeczywisty przed statyczną kamerą, częściowy model wirtualny jest tworzony i wyświetlany w przestrzeni komputera jako widok pomocniczy. Model jest również wykorzystywany przez system do śledzenia obiektu. Wspomniana triangulacja Delaunay

pozwała zatem na szybkie tworzenie modelu 3D. Dzieje się tak, ponieważ pozyskiwane punkty (uzyskane dzięki strukturze on-line z estymacji ruchu) są podstawą powodującą następne stworzenie rzeźby obiektu, aż po uzyskanie gotowego modelu. Program powstał w środowisku Linux i jest bardzo nowym odkryciem, dlatego mało jest źródeł opisujących go. Głównym źródłem wiedzy na temat programu jest, niestety, jedynie dokumentacja (napisana w języku angielskim jak dotychczas nieprzetłumaczona na żaden inny język) oraz materiały udostępnione przez autora. Istnieje także parę artykułów opisujących program, lecz jedynie w zagranicznej prasie komputerowej. Przed opisaniem programu warto było się także zapoznać z ciekawą opinią dotyczącą pracy oraz z referencjami wystawionymi programowi przez opiekuna projektu. Dodatkowym atutem pracy jest nagroda Best Demo, którą projekt zdobył w Ismar w roku 2009. W listopadzie 2009 roku rozpoczęły się także pierwsze prace nad wersją demo programu przeznaczoną dla użytkowników, zarówno tych stosujących system Linux, jak i system Windows.



Rys. 1. Qi Pan główny twórca programu ProFORMA przy pracy

1.2. Pomysł i początki programu ProFORMA

Idea stworzenia projektu zakładającego powstanie innowacyjnej metody uzyskiwania wizualizacji 3D powstała poprzez poznanie metod już istniejących oraz problemów, jakie one powodują osobom, które z nich korzystają. We współczesnym świecie modele 3D posiadają szeroki zakres zastosowań, są zatem bardzo często tworzone i wykorzystywane w wielu dziedzinach życia. Pomimo ich wszechobecności, wytworzenie tych modeli może być trudnym i czasochłonnym zajęciem. Obecnie istnieje wiele automatycznych i półautomatycznych technik komputerowych rekonstrukcji przedmiotów rzeczywistych. Mają one jednak sporo wad, co powoduje, że ostatecznie wiele wysokiej jakości tworzonych modeli 3D powstaje przy użyciu czasochłonnych i skomplikowanych metod lub też w całości powstają one w sposób „ręczny”. Stare metody rekonstrukcji (metod nazywanych „off-line” z racji, że tworzona przez nie wizualizacja nie powstaje w sposób bezpośredni i bieżący) mają potencjał do tworzenia bardzo dokładnych i szczegółowych

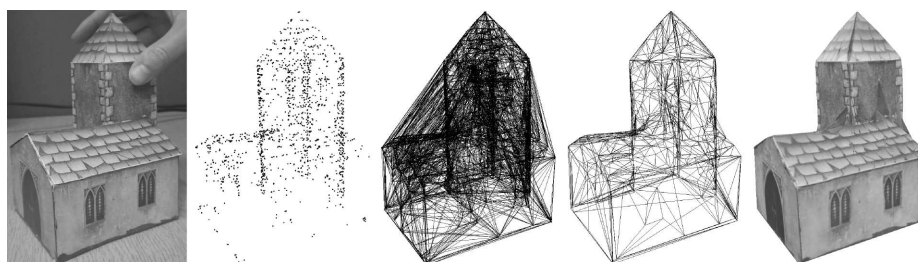
rekonstrukcji 3D, ale to oznacza również wysokie koszty obliczeniowe takich wizualizacji. Nie mogą one, jak robi to program ProFORMA, być zazwyczaj obsługiwane przez klatkę. Oznacza to, że proces rekonstrukcji musi zostać podzielony na dwa etapy:

- faza sekwencji obrazu (faza szybka zwana też w niektórych źródłach fazą kolekcji wideo),
- faza przetwarzania off-line (faza wolna), po których otrzymuje się gotowy model.

Jeśli po drugim etapie model okaże się wadliwy, to konieczne jest zebranie dodatkowych zdjęć lub sekwencji wideo i powtórzyć całą długotrwałą fazę rekonstrukcji. Aby uzyskać efektowne rezultaty, czasem wymagane są wielokrotne powtórzenia oraz wiele godzin pracy, nim otrzyma się model, który może być w pełni zaakceptowany.

1.3. Źródła będące oparciem dla powstającego systemu

Skanowanie on-line, jak podkreślają sami autorzy, jest najważniejszą cechą wyróżniającą implementowany projekt. Oznacza to, że program rekonstruuje model na bieżąco, a to pozwala użytkownikowi ustalić jakość sekwencji wejściowych już w trakcie pobierania i uzyskania nowych widoków na podstawie aktualnego stanu modelu.



Rys. 2 . Kolejne etapy wizualizacji trójwymiarowej obiektu rzeczywistego w programie ProFORMA (od lewej: 1. Obiekt rzeczywisty, 2. „Chmura” punktów, 3. Wstępny szkic powstały w wyniku połączeń punktów, 4. Siatka powierzchni, 5. Model 3D powstały w przestrzeni wirtualnej)

Schemat rekonstrukcji obiektu potrzebuje podzielenia skanowanego obiektu na segmenty. Dzięki temu można wymodelować go z tła. Najprostszą metodą, by móc uzyskać zamierzony efekt, jest użycie bardzo ciemnego tła. Sposób ten jest jednak mało wygodny, bowiem bardzo ogranicza wybór modelowanego środowiska. Inną możliwością jest segmentacja kolorów, jednakże wymaga ona dokładnego dostrajania parametrów, co także może spowodować pewne problemy. Segmentacja kolorów w połączeniu z wykresem ilości cięć może dać bardzo dobre efekty, jednak zabieg ten jest dodatkowo bardzo kosztowny obliczeniowo. Wcześniejszy model lub wprowadzone przez użytkownika zmiany mogą również okazać się użyteczne i pomocne w procesie segmentacji, lecz metody te są zazwyczaj zbyt czasochłonne i pracochłonne (a przecież w systemach typu on-line chodzi o ograniczenie tych wad). Zazwyczaj segmentacja jest trudna, ponieważ obiekt pozostaje nieruchomy w stosunku do tła, a kamera przemieszcza się, by móc robić zdjęcia. Dlatego też w swoim projekcie autorzy podjęli decyzję o nieruchomości kamery. Zabieg ten pozwolił znacznie ułatwić segmentację, bowiem nieruchomość kamery oraz obracania obiektu ma znaczny wpływ na segmentację poprzez ograniczenia geometryczne oparte na ruchu ciała sztywnego.

Istnieje kilka systemów rekonstrukcji w czasie rzeczywistym, z których można skorzystać przy tworzeniu programu skanującego w trybie on-line. Podczas swojej pracy autorzy projektu prześledzili te, które najbardziej ich zdaniem mogą pomóc przy tworzeniu programu. Pierwszym z wymienianych „prototypów” jest pomysł autorstwa Rubinkiewicza, który zaimplementował system, wykorzystujący projektor do projekcji światła strukturalnego. Sama projekcja odbywa się na białym nieteksturowanym obiekcie, natomiast obiekt jest trzymany na czarnym tle za pomocą czarnej rękawicy. Pomysł ten okazał się mało przydatny, bowiem korzystanie z czarnego tła, czarnej rękawicy i projektora jest niepożądane, wymagające zbyt dużych nakładów. Również niezdolność systemu do modelowania teksturowanych obiektów okazała się zbyt dużą wadą pomysłu, przemawiającą za odrzuceniem go. Kolejnym źródłem wiedzy wydawał się pomysł Pollefeys polegający na systemie sczytywania płaszczyzny. System ten jest zdolny do wytworzenia modeli 3D środowisk miejskich w czasie rzeczywistym. Posiada on jednak wady, a jedną z nich jest wiele wymagań. Przykładowo - do efektywnego działania systemu potrzebne są: tablica zawierająca przynajmniej cztery kamery, a także GPS i INS dla ocenienia pomiarów. Autorzy zauważyli, iż obecnie istnieje kilka interesujących systemów SLAM, które potrafią utworzyć wirtualną płaszczyznę punktów bazując na mapach tzw. chmur punktów (pracując w czasie rzeczywistym), jednakże systemy te są słabe i dlatego nie tworzą w pełni zagęszczonych modeli. Innym ich spostrzeżeniem był fakt, że Paalanen opisał system on-line SLAM, zdolny do produkcji kolorowych półgęstych „chmur” punktów danej sceny, ale (według nich celowo) unika on uproszczenia powstałej konstrukcji (głównie bazującej na punktach) do modelu geometrycznego.

Kolejnym ciekawym „odkryciem” twórców programu ProFORMA była informacja dotycząca Brown’a. Wdrażał on metodę produkcji krawędzi prostych opartych na krawędzi obiektów poprzez szereg interakcji myszy z strumienia wideo na żywo. Video Trace natomiast jest w stanie produkować modele 3D z wideo poprzez interakcje użytkownika z myszą. Film jednakże musi być wstępnie przetworzony przy pomocy struktury i analizy ruchu oraz interakcje muszą być przeprowadzone na nieruchomych klatkach ograniczających system do operacji off-line, co także zniechęca do zastosowania tej metody. Dzięki analizie różnych idei i pomysłów autorzy projektu zdobyli odpowiednią wiedzę teoretyczną. Pozwoliła ona zatem stwierdzić, iż oprócz innowacyjnego projektu ProFORMA nie istnieje żaden w pełni automatyczny system wykorzystywany do rekonstrukcji teksturowanego modelu geometrycznego z obiektu on-line, używający jedynie kamery i komputera.

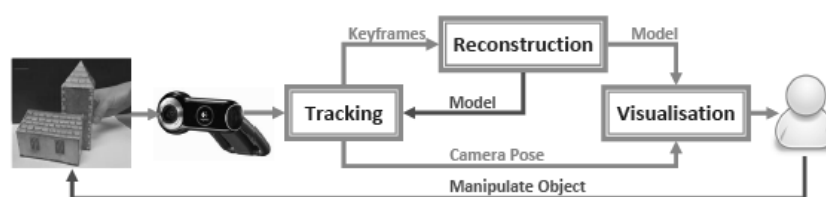
1.4. Wkład własny autorów w specyfikę projektu ProFORMA

Innowacyjny program ProFORMA umożliwia otrzymanie teksturowanego modelu 3D w nieco ponad minutę. Szybki czas jest możliwy do osiągnięcia przy pracy z modelami, których budowa i kształty umożliwiają szybką rekonstrukcję dzięki możliwości planowania kolejnych odtwarzanych elementów. Użytkownik może dowolnie oddziaływać na obiekt, który jest na bieżąco śledzony przy użyciu metody, która umożliwia natychmiastowe użycie częściowego modelu. Środowisko rekonstrukcji nie jest ograniczone do studia oraz umożliwia uzyskanie modelu z teksturowanego obiektu za pomocą jednej kamery i jednego komputera. Tak szybka rekonstrukcja jest możliwa dzięki użyciu specjalistycznych algorytmów probabilistycznych. Wykorzystują one widoczność z zaobserwowanych funkcji tak, aby móc szybko uzyskać model powierzchni obiektu. Użytkownik na bieżąco widzi pojawiające się powstałe w wyniku wizualizacji części obiektu (może dzięki bieżącej

rekonstrukcji zauważyć w którym miejscu program zakończył odtwarzanie), co pozwala mu na odpowiednie sterowanie obiektem w celu pozyskania nowych widoków.

1.5. Omówienie innowacji powstałego systemu

Powstały system wdrażany przez twórców z Uniwersytetu Cambridge opiera się na tzw. rekonstrukcji on-line z kamerą o stałej pozycji. Oznacza to, że wizualizacja tworzona w pamięci komputera powstaje na bieżąco zaraz po zeskanowaniu obiektu rzeczywistego. Natomiast informacja o stałej kamerze sugeruje fakt, że użytkownik może przemieszczać tekstuowany obiekt przed nieruchomą kamerą. Umożliwia to ustawianie obiektu tak, by wszystkie części obiektu (w tym również podstawy) mogły być pokazane i wymodelowane. Model częściowy jest budowany automatycznie już w momencie, kiedy użytkownik przesunął obiekt wokół obranej przez siebie osi. Taka alternatywa zapewnia natychmiastową odpowiedź zwrotną, informującą o stanie rekonstrukcji, widoczną na monitorze, a skierowaną do użytkownika. W trakcie śledzenia obiektu, który ma być wymodelowany, bardzo korzystne jest używanie sekwencji wideo zamiast sekwencji zdjęć, ponieważ ma ona przewagę w przypadku małych ruchów między ramkami. Aby ograniczyć koszt obliczeniowy rekonstrukcji (rośnie on znacznie przy rekonstrukcji bieżącej, która jest mało czasochłonna), autorzy zdecydowali się na rozwiązanie bazujące na klatce dwu wątkowej z oddzielnym wątkiem dla śledzenia oraz rekonstrukcji (pomysł zaczerpnięty został z pracy Klein'a i Murray'a).



Rys. 3 . Schemat działania systemu

Na rysunku nr 3 można zaobserwować projekt działania systemu. Bardzo łatwo zauważyć, że pomimo swojej prostoty widzianej przez użytkownika sama „wewnętrzna” praca programu nie jest już aż tak prosta. W pierwszym etapie jest czytana scena wejściowa wideo. Następnie jest obliczana poza kamery względem obiektu (czyli liczba klatek na sekundę). Na bieżąco jest także śledzona lokalizacja cech obrazu 2D, które są stosowane do ograniczenia ruchu ciała sztywnego (jest to swoistym zabezpieczeniem przed błędami mogącymi pojawić się w czasie wizualizacji). Kolejnym krokiem jest przekazanie danej klatki do rekonstrukcji (oczywiście dzieje się to dopiero wtedy, gdy spełniony jest warunek wykrytej wystarczająco dużej rotacji). W czasie rekonstrukcji generowany jest częściowy model 3D obiektu. Ten model jest przekazywany do tzn. modułu śledzącego (przez autorów nazywanego tracker) w celu dostarczenia dodatkowych strukturalnych informacji, które mogą zostać wykorzystane podczas śledzenia. Model ten jest również wykorzystywany przez system wizualizacji by pokazać użytkownikowi stan rekonstrukcji w danej chwili z pozą obiektu aktualizowaną na podstawie rzeczywistej pozycji obiektu uzyskanej z wątku śledzenia. Natomiast użytkownik może „komunikować się” z systemem

przez patrzenie na wizualizację i manipulowanie obiektem w celu uzyskania nowych widoków.

1.6. Wizualizacja wykonana przy pomocy programu ProFORMA

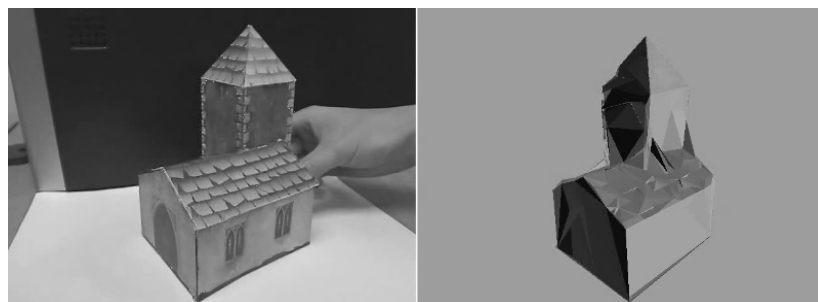
Program ProFORMA z racji swojej innowacyjności nie jest ogólnie dostępny, podobnie jak wszelkie materiały opisujące. Dlatego też wiarygodne materiały takie jak dokumentacja, opisy czy też wizualizacje wykonane za pomocą programu można było otrzymać jedynie od jego autorów. Obecnie program, napisany w środowisku Linux, nie jest dostępny dla zwykłych użytkowników. Wynika to zapewne z faktu, iż program jako rzecz bardzo nowa, posiada jedynie wersję demo pracującą w środowisku powstania, czyli pod system operacyjny Linux. Dodatkowo wersja ta prawdopodobnie nie posiada jeszcze sprecyzowanego menu graficznego i dlatego obsługa programu przez osobę, która nie miała z nim styczności od początku jego powstawania może być bardzo utrudniona. Autorzy obiecywali szybkie wydanie pierwszej wersji testowej przeznaczonej dla przeciętnego użytkownika jednak praca nad nią się przedłużyła. Sytuacja ta nie jest niczym dziwnym, bowiem napisanie wersji spełniającej podstawowe założenia w sposób zrozumiały dla autora jest rzeczą prostszą niż dopasowanie wersji autorskiej do potrzeb użytkowników, których specjalistyczna wiedza a także zdolności programistyczne są często nikłe. Dlatego też w artykule zostały zaprezentowane wizualizacje stworzone przez samych autorów na potrzeby testowania programu. Obiektem używanym do testów był model kościoła składający się z wieży, nawy oraz dachów. Obiekt pokryty jest teksturą obrazującą rzeczywisty wygląd takich budynków.



Rys. 4. Rzeczywisty model użyty do wizualizacji przez autorów programu ProForma

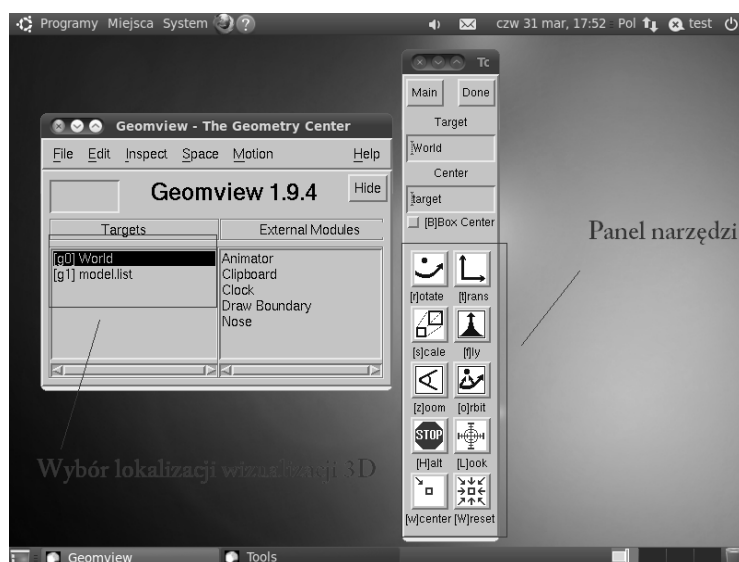
Jak już było wcześniej wspomniane, proces wizualizacji powstał w systemie Linux, tak więc uzyskany trójwymiarowy obraz oraz zdjęcia modelu, a także film przedstawiający proces skanowania były możliwe do zobaczenia i otworzenia jedynie w tym samym systemie operacyjnym. Dodatkowo, aby móc opisać proces skanowania oraz odtwarzania modelu w przestrzeni wirtualnej, należało przede wszystkim przeanalizować film nagrany przez autorów programu. Film posiadał bardzo oryginalny sposób przedstawienia wykonywanych prac, bowiem ekran był podzielony na dwie części. Na

jednej z nich była pokazywana rzeczywista sytuacja, model rzeczywisty obracany w odpowiednich odstępach czasowych przez użytkownika. Zabieg ten miał na celu możliwość zeskanowania przez program każdej ze ścian obiektu tak, by uzyskać dostatecznie dobry efekt końcowy. Jest to film pochodzący z kamery podłączonej do programu, kamery czytującej obraz skanowanego obiektu. Identyfikacyjny film zostaje przesyłany w czasie rzeczywistym do programu tak, by mógł on zająć się bieżącą obróbką otrzymanego materiału. Dodatkowo można zauważyć, że w czasie pobierania obrazu zaznaczone są strategiczne punkty (drobne, niebieskie punkciki nałożone na obrazie uzyskanym przez kamerę) pozwalające na uzyskanie identycznego kształtu w przestrzeni wirtualnej. Punkty te podczas obracania obiektu poruszają się razem z nim tak, aby po przesunięciu nadal pozostać na swojej starej lokalizacji (w tym samym miejscu na obiekcie). Pozwalają one na bieżącą i szybką rekonstrukcję odtwarzanego trójwymiarowego obrazu w przestrzeni komputerowej. Można uznać je za swoisty łącznik między tą, a drugą częścią filmu. Na drugiej części użytkownik może zaobserwować proces rekonstrukcji obrazu trójwymiarowego, powstającej w czasie rzeczywistym. Jest to obraz powstający w wyniku pracy programu. Dzięki temu można od razu widzieć efekty pracy, na bieżąco sterować obiektem w sposób, który pozwoli otrzymywać zadowolające rezultaty. Podczas obserwacji można zauważyć cały proces, każdy etap rekonstrukcji - od etapu pojawiających się punktów, poprzez etap „chmur”, etap łączenia linii, powstawania siatki, a następnie płaszczyzny (która w pierwszych fazach wygląda jak bryła pozbawiona wyraźnych linii brzegowych której kształt jest ledwie zbliżony do kształtu rzeczywistego obiektu) aż do etapu, w którym wyłania się z bezkształtnej bryły wymodelowany obiekt. Wszystkie te operacje są wykonywane w bardzo krótkim czasie, bieżąco dla każdej z kolejno skanowanych ścian modelu. Możliwość ta została uzyskana dzięki znacznej redukcji kosztów obliczeniowych (poprzez zastosowanie odpowiednich algorytmów w tym algorytmu triangulacji Deulonay). Dzięki podwójnemu widokowi użytkownik ma pełny obraz i stałą kontrolę, zarówno nad własną pracą (sterownie obiektem), jak i nad pracą wykonywaną przez obraz. Efektem końcowym jest trójwymiarowy obiekt przestrzenny o identycznych, jak obiekt rzeczywisty, kształtach oraz wygładzonych powierzchniach bocznych. Wypełnieniem wirtualnego obiektu jest „szara, jednolita, pozbawiona cech rzeczywistych tekstura”, którą na samym końcu wizualizacji można pokryć pobranymi (ze zdjęć obiektu rzeczywistego) teksturami naturalnymi. Pozwala to na otrzymanie identycznego obiektu w przestrzeni wirtualnej.



Rys. 5. Kadr z filmu przedstawiający proces wizualizacji. Po prawej stronie widoczny jest obraz z kamery, a po lewej z procesu komputerowej rekonstrukcji 3D

Istnieje możliwość zapisania otrzymanego obiektu tak, aby można było w dowolnej chwili powrócić do efektów swojej pracy. Jest to bardzo istotne bowiem dzięki tej funkcji wykonana praca ma sens, a jej efekty mogą służyć do dalszych celów. Model graficzny został zapisany w pliku o nazwie model.list, a otwarcie go wymagało zainstalowania specjalnego programu graficznego działającego w środowisku Linux. Program Geomview (bo o nim mowa) jest interaktywnym oprogramowaniem służącym do wizualizacji obrazów 3D napisanym pod systemem Unix. Został on napisany przez pracowników Centrum Geometry, w celu przeglądania i manipulowania obiektami geometrycznymi. Może być używany jako samodzielna przeglądarka obiektów statycznych lub też jako silnik wyświetlania, wykorzystywany przez inne programy, które produkują dynamicznie zmieniające się obrazy 3D.



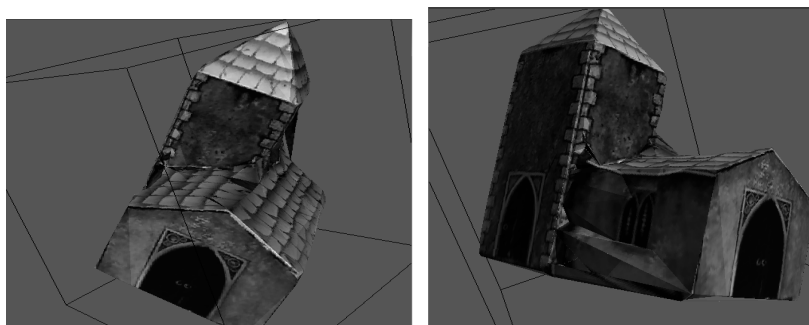
Rys. 6. Program Geomview użyty w celu odtworzenia wizualizacji 3D wykonanej przy pomocy programu ProFORMA

Oczywiście istnieje zmodyfikowana wersja programu działająca w systemie Windows. Instalacja oraz implementacja, a także zmiana parametrów jest jednak bardzo utrudniona. Dodatkowo uruchomienie modelu w tej wersji programu może spowodować spowolnienie wszelkich wykonywanych operacji, a sam model zostanie częściowo zniekształcony. Może to spowodować otrzymanie zakłamanych i nieprecyzyjnych efektów pracy z programem. Dlatego też warto było zobaczyć prawdziwy efekt pod programem zalecanym przez twórców ProFORMY. Program Geomview pozwala nie tylko otworzyć model, ale także „poruszać” nim w taki sposób, aby móc zobaczyć każdą ścianę, każdy choćby najmniejszy element w różnym stopniu oddalenia od użytkownika. Dzięki niemu można było przyjrzeć się wizualizacji dokładniej, sprawdzić wykonanie każdej ściany oraz jakość wirtualnego „odzworowania” modelu.



Rys. 7. Model 3D (uzyskany przy pomocy programu ProFORMA) zaprezentowany w programie Geomview

Program posiada menu, w którym zawarte są przydatne narzędzia, takie jak: przybliżenie (zoom), wyśrodkowanie (center), skalowanie (scale), obroty (orbit), zatrzymanie (halt) oraz unoszenie (fly). Skorzystanie z udostępnionych narzędzi pozwoliło na dokładne i swobodne przyjrzenie się obiektowi. Można było dobrze poznać każdą ze ścian, obejrzeć zakończenia i krawędzie modelu wirtualnego a dzięki zdjęciom porównać go z tym rzeczywistym. Oczywiście im bardziej i dłużej przygląda się modelowi, tym więcej można odkryć błędów i niedociągnięć tej metody wizualizacji. Jednak całościowe spojrzenie na obiekt obrazuje precyzję i doskonałą pracę programu ProFORMA. Natomiast kiedy porówna się włożony czas i wkład pracy użytkownika w dokonanie tak dokładnej wizualizacji trójwymiarowej można z całą pewnością uznać, że uzyskany efekt końcowy jest bardzo dobry. Ważne jest również podkreślenie, że w czasie dokonywania skanu modelu rzeczywistego, praca testujących swój projekt autorów, ograniczała się jedynie do wolnego obracania modelem realnym oraz śledzenia pojawiającego się na ekranie wirtualnego modelu 3D. Dodatkowy plusem pracy programu jest prostota i minimalizacja wykorzystywanego przy pracy sprzętu. Prosta i tania kamera oraz standardowy komputer to małe wymagania w stosunku do otrzymanych rezultatów pracy. Poniżej zaprezentowane zostały efekty pracy programu ProFORMA. Oczywiście widać pewne błędy i załamania kształtu (nawa kościelna) jednak widoczna jest również precyzja pozostałych elementów modelu a także niemal idealne krawędzie i płaszczyzny (wieża oraz dachy).



Rys. 8. Model 3D - efekt pracy ProFORMA

2. Wnioski i plany na przyszłość

Program ProFORMA posiada wiele zalet, a praca z nim daje znakomite efekty. Jak wspominają sami autorzy, dzieje się tak z powodu pewnych cech samego programu. Pętla sprzężenia zwrotnego rekonstrukcji modelu i śledzenie w oparciu o model zapewniają solidne i dokładne oszacowanie pozycji kamery dla systemu. W połączeniu z szybkim, rekursywnym algorytmem rzeźbienia probabilistycznego ProFORMA może być używana do uzyskiwania w pełni teksturowanych geometrycznych modeli w nieco ponad minutę. Natomiast częściowe modele stanowią doskonałą pomoc dla użytkownika w planowaniu dalszych podglądów (widoków), jak również solidnym śledzeniu dużych ruchów i niedrożności. Dodatkowym plusem jest fakt, iż program nadal się rozwija. Jak wspominają autorzy, istnieje wiele możliwości dalszych badań nad programem i kierunków, w których programem mógłby się rozwinąć. Obecnie istnieje jeszcze kilka wad programu, które wpływają na pogorszenie jakości powstających modeli wirtualnych. Przykładem może być fakt, iż czasem wystarczy parę nieprawidłowych czworościanów, aby model nie był całkowicie idealny. Czasem zawadzić może też pobranie z modelu rzeczywistego zbyt małej ilości tekstury, szczególnie w miejscach wklęsłych modelu. Jednak połączenie krawędzi w śledzeniu i tekstur w rzeźbieniu może umożliwić, aby te niedoskonałości zostały lepiej wymodelowane. Ciekawym rozwiązaniem, rozważanym przez autorów programu, byłoby użycie algorytmu rekonstrukcji off-line w procesie uzyskiwania sekwencji obrazów z programu ProFORMA w celu uzyskania wyższej jakości modeli, a także w celu potwierdzenia tezy, że dobre modele wykonane przy użyciu ProFORMY korelują z dobrymi modelami z rekonstrukcji off-line. Innym obszarem zainteresowań autorów projektu jest także modelowanie kierowane przez użytkownika, w którym to system prowadzi użytkownika do nowych widoków (podglądu modelu wirtualnego) lub też ponownych widoków, jeśli nastąpiły ewentualne błędy danej części modelu. Wciąż trwają prace na udoskonaleniu i poprawieniu wadliwych „części” algorytmu. Daje to zatem nadzieje, że tak ciekawe i innowacyjne rozwiązanie wkrótce będzie dostępne dla rzeszy ciekawych i z niecierpliwością czekających na możliwość przetestowania programu użytkowników.

3. Podsumowanie

Omawianie nowości dotyczących tak wszechobecnego tematu, jak grafika trójwymiarowa i przedstawianie ich większej grupie odbiorców, jest bardzo ważne

i przydatne. Dzięki temu rzeczy ciekawe i warte uwagi rozchodzą się dalej i pozyskują o wiele większą rzeszę słuchaczy. Grafika trójwymiarowa to młoda gałąź znanej i rozpowszechnionej dziedziny jaką jest ogólnie grafika. Jednak pomimo swojego młodego wieku grafika trójwymiarowa to dziedzina wszechobecna, wykorzystywana w wielu innych dziedzinach nauk jak i aspektach życia codziennego. Do swoich badań używają ją między innymi architekci, geolodzy, lekarze czy filmowcy. Jej obecność można zauważyć w laboratoriach czy też na laptopach wykorzystywanych do pracy. Swoje zastosowanie znalazła ona w bardzo wielu dziedzinach.

Bardzo ważnym i ciekawym zastosowaniem grafiki trójwymiarowej niewątpliwie może być badanie USG 3D, wykorzystywane przy badaniach płodu, jamy brzusznej, naczyń krwionośnych czy w radiologii. Również symulacje 3D czy projekty architektoniczne wykonane w technice trójwymiarowej są bardzo przydatne i o wiele bardziej pomagają przedstawić i przybliżyć potencjalnym odbiorcom wizje autorów projektów. Dlatego też warto rozwijać tę dziedzinę nauki i pozawalać na odkrywanie coraz to nowych jej aspektów. Obecnie połowa produkowanych filmów, a także prawie każda gra komputerowa powstają w technice trójwymiarowej. Wizualizacje trójwymiarowe sprawdzają się także w publikacjach, prezentacjach czy projektach. Są idealnym sposobem przedstawienia myśli czy pomysłu w sposób jasny, czytelny, prosty do odbioru i już nie „płaski” (jak było to przedstawione przy pomocy dwóch wymiarów).

Dlatego też tak cieszą pojawiające się innowacje w tej dziedzinie oraz młodzi naukowcy prowadzący badania z nią związane, bowiem są to jednoznaczne zapowiedzi, że wciąż się ona rozwija i będzie przynosiła coraz to nowe, przydatne i pomocne rozwiązania.

Literatura

1. PAN Q., REITMAYR G., DRUMMOND T.: Dokumentacja do programu ProFORMA. http://mi.eng.cam.ac.uk/~qp202/my_papers/BMVC09/BMVC09.pdf, marzec 2011.
2. Program ProFORMA, strona Uniwersytetu Cambridge, <http://mi.eng.cam.ac.uk/~qp202/>, marzec 2011.
3. Notka na forum internetowym o programie ProFORMA, strona ELEKTRODA. <http://www.elektroda.pl/rtvforum/topic1483548.html>, marzec 2011.
4. HUMPHRIES M.: ProFORMA – create 3D models with a webcam. <http://www.geek.com/articles/chips/proforma-create-3d-models-with-a-webcam-20091123/>, marzec 2011.
5. BELEZINA J.: ProFORMA 3D zmieni kamerkę internetową w skaner 3D -- demo w drodze!. <http://pl.engadget.com/2009/11/27/proforma-3d-zmieni-kamerke-internetowa-w-skaner-3d-demo-w-dro/>, marzec 2011.

Mgr inż. Agnieszka TISZBIEREK
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów
Katedra Inżynierii Wiedzy
Politechnika Opolska
45-370 Opole, ul. Ozimska 75
e-mail: a.tiszbierek@po.opole.pl