

## **THE VISUALIZATION OF HEAT FLOW IN A ROCK BED BY USING TAO FRAMEWORK TECHNOLOGY**

### *Summary*

*One of many essential factors, determining right understanding of conducted experiment, that its nature is complex and spacious, it is its visualization on the basis of experimental data or as a result of computer simulation implementation on the basis of an empirical system model. From this it follows, that at the present time the visualization technologies perform one of the best method of large dataset interpretation, because they show the data in this way, that they let us to form conclusions fast and correctly, concerning a studied system. In this article, the authors have checked one of the newest information technology, allowing various graphical representation of data like Tao Framework. Authors have determined also the usefulness this technology in visualization of heat flow, occurring during hold mode of a rock bed.*

## **WIZUALIZACJA PRZEPŁYWU CIEPŁA W KAMIENNYM REGENERATORZE PRZY WYKORZYSTANIU TECHNOLOGII TAO FRAMEWORK**

### *Streszczenie*

*Jednym z istotnych elementów, decydujących o właściwym zrozumieniu badanego zjawiska, którego charakter jest złożony, a zarazem przestrzenny, jest jego wizualizacja, na podstawie danych otrzymanych z doświadczenia, bądź w wyniku zrealizowania symulacji komputerowej na bazie określonego modelu systemu empirycznego. Stąd w kontekście aktualnych osiągnięć, techniki wizualizacji pełnią jedną z najskuteczniejszych metod interpretacji pokaźnej liczby danych, ponieważ przedstawiają je w formie, pozwalającej na szybkie i poprawne sformułowanie wniosków dotyczących badanego systemu. W niniejszym artykule, autorzy dokonali przeglądu jednej z najnowszych technologii informatycznych, pozwalającej między innymi na różnorodną graficzną reprezentację danych, jaką jest Tao Framework. Określili również jej przydatność z perspektywy wykorzystania tej techniki do wizualizacji przepływu ciepła, zachodzącego podczas fazy stagnacji kamiennego akumulatora.*

### **1. Wprowadzenie**

Systemy empiryczne leżące w obszarze zainteresowania Inżynierii Rolniczej możemy w wielu przypadkach, przy różnym stopniu uproszczenia, traktować jako ośrodki ciągłe. Oznacza to w konsekwencji, iż rozpoznane zjawiska fizyczne i biologiczne w nich zachodzące opisujemy za pomocą równań różniczkowych, o różnym stopniu skomplikowania, połączonych z właściwymi warunkami początkowo-brzegowymi. Rozwiązanie powyższych struktur matematycznych uzyskujemy najczęściej na podstawie symulacji komputerowych, zrealizowanych na bazie specjalizowanych systemów informatycznych, które niejednokrotnie jesteśmy zmuszeni sami wytworzyć. Wspomniane rozwiązania charakteryzują się ogromną liczbą zróżnicowanych danych, co stwarza niemałe problemy w dalszej ich analizie, niezbędnej zarówno z poznawczego, jak i użytkowego punktu widzenia. Jednym ze sposobów przyśpieszenia analizy wyników, a zatem pokonania zaistniałych trudności jest wizualizacja danych.

Niekonwencjonalne źródła energii, a w szczególności kamienne akumulatory energii cieplnej, będące przedmiotem badawczego zainteresowania autorów [1], należą do grupy wspomnianych systemów empirycznych, które w uproszczeniu traktujemy jako ośrodki ciągłe. Proces przepływu ciepła uzależniony jest od fazy pracy tego typu urządzeń, a ponadto istotną komplikację zjawiska wprowadzają cechy losowe złoża, jak i występująca nierówno-mierność wymuszonego przepływu powietrza, technicznie nie do usunięcia, przy spełnieniu racjonalnych reguł ekonomii.

Dotychczasowe osiągnięcia autorów, na które składają się różnorodne modele matematyczne opisujące fazę ładowania kamiennego akumulatora ciepła, zaimplementowane w systemach informatycznych, wskazują na wyraźną potrzebą budowy modułu wizualizacyjnego, przyspieszającego analizę danych. Z uwagi na fakt, iż powstałe aplikacje, po-zwalające na symulację przepływu ciepła w kamiennym regeneratore zostały wytworzone lub przeniesione na platformę .NET, postanowiono wybrać narzędzie dedykowane tej technologii. Jedną z prężniej rozwijanych technik informatycznych o charakterze ogólnodostępnym, umożliwiających wizualizację jest Tao Framework.

### **2. TAO Framework**

Tao Framework stanowi wygodny interfejs programistyczny, czyli gotowy zbiór klas, pozwalający na szybkie tworzenie różnorodnych efektów graficznych, w tym również animacji [News The Tao Framework]. Jest on częściowo kontynuacją technologii CsGL (C# Graphics Library), pozbawioną istotnego ograniczenia, jakim jest możliwość użycia tylko jednego języka programowania [CsGL – C# graphics library]. Obecnie pokaźny zbiór graficznych i dźwiękowych bibliotek dostępny jest na poziomie dowolnego języka platformy .NET lub zgodnego z nią. Powyższe biblioteki, z uwagi na udostępniane przez nie funkcjonalności, możemy podzielić na następujące grupy.

- Zbiór klas pozwalający tworzyć grafikę dwu i trzy wymiarową, którą stanowią między innymi Tao.OpenGl

2.1.0.12 oraz Tao.FreeGlut 2.4.0.2.

- Interfejs programistyczny umożliwiający łączenie grafiki z dźwiękiem.
- Zestaw różnorodnych narzędzi, między innymi wspomagający konwersję danych graficznych i dźwiękowych, zarządzanie archiwami z jednoczesną kompresją i dekompresją danych oraz dający niskopoziomowy dostęp do urządzeń wejściowych.

Implementacja zaprojektowanego systemu informatycznego została zrealizowana głównie z udziałem dwóch bibliotek Tao.OpenGL oraz Tao.FFMpeg. Kluczową rolę w procesie tworzenia sceny i elementów graficznych, podlegających animacji odegrała biblioteka OpenGL. Natomiast możliwości tkwiące w drugim zestawie klas, pozwalają użytkownikowi aplikacji na zapis animacji w wybranym formacie filmowym [The FFMpeg].

### 3. Projektowanie systemu informatycznego

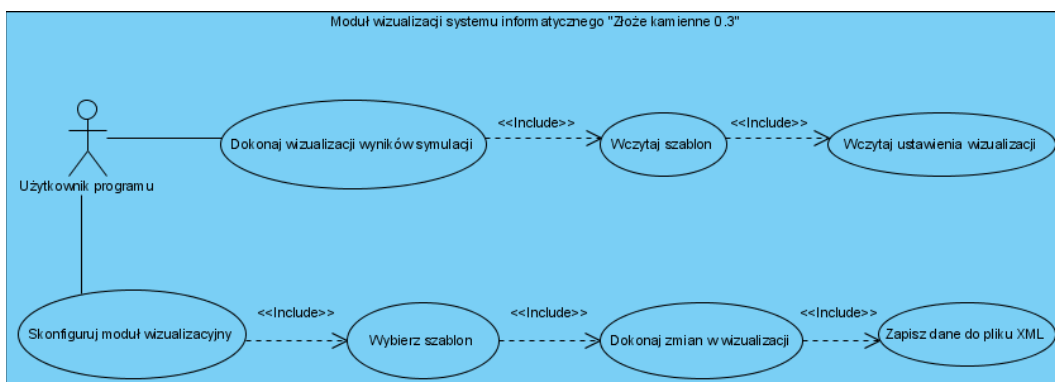
Faza projektowania modułu wizualizacji została zrealizowana zgodnie z kanonami inżynierii oprogramowania i obejmowała wieloaspektowe oraz wielopoziomowe modelowanie dziedziny przedmiotowej. Niezależność wspomnianego modułu, wynikająca z perspektywy wykorzystania go w szerszym obszarze badawczym, aniżeli przyływ ciepła w kamiennym regeneratorze, zdecydowała o niezależnym procesie

modelowania i dokumentowania powstającego segmentu systemu informatycznego. Ten rozdział pozwoli na dalsze autonomiczne rozwijanie aplikacji. Elementem wspólnym obu projektów (obliczeniowego i wizualizacji) jest użycie tej samej notacji graficznej UML 2.1, która jest standardem w procesie specyfikowania i tworzenia systemów informatycznych.

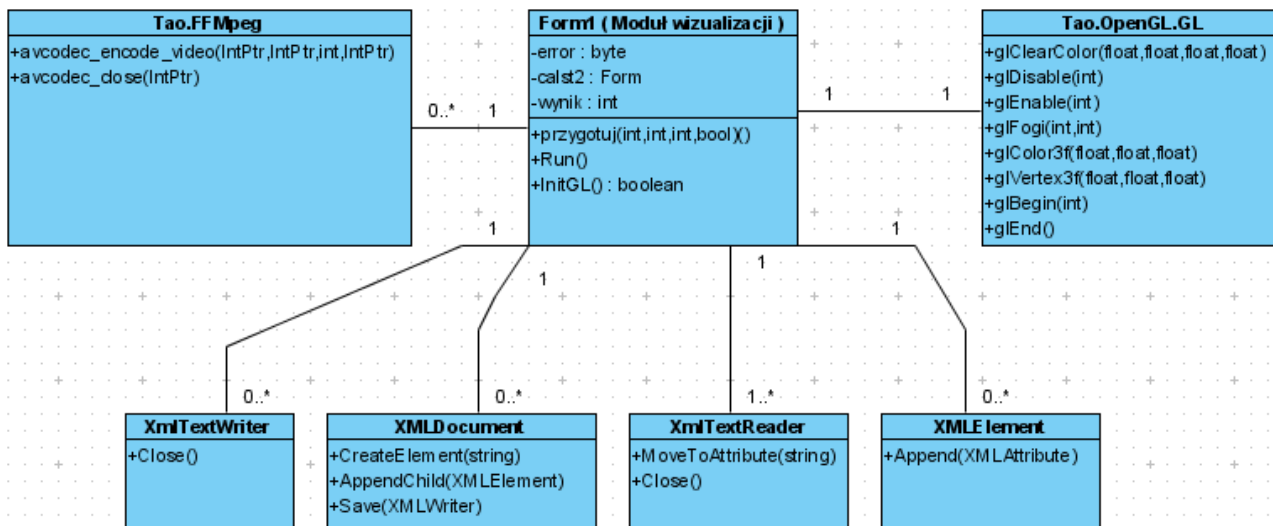
Rozpoznane wymagania funkcjonalne stawiane wobec aplikacji znalazły swoje odbicie w diagramach przypadków użycia, co przedstawia rys. 1. Ta forma prezentacji wymagań, ilustruje również sposób komunikowania się przyszłych użytkowników i klientów systemu z nim samym [2]. Nietypową cechą procesu modelowania omawianego systemu był fakt, iż twórcy systemu będą w głównie mierze jego użytkownikami.

Statyczna struktura systemu informatycznego została odwzorowana w diagramach klas, co fragmentarycznie ilustruje rys. 2. Obrazują one nie tylko rozpoznane byty programistyczne, będące z reguły odwzorowaniem fragmentów dziedziny przedmiotowej, pogrupowane w klasy, ale również przedstawiają istniejące powiązania między nimi [2].

Narzędziem wspomagającym projektowanie systemu informatycznego była wersja edukacyjna programu Visual Paradigm 6.2.



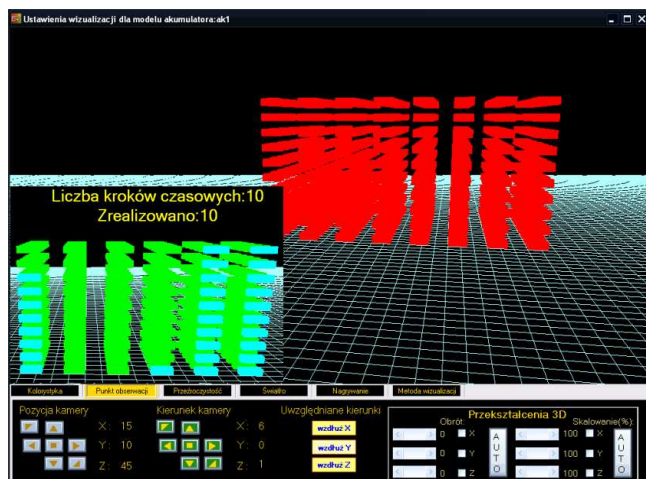
Rys. 1. Diagram przypadków użycia modułu wizualizacji  
Fig. 1. Use Case Diagram of visualization module



Rys. 2. Diagram klas modułu wizualizacji  
Fig. 2. Class Diagram of visualization module

#### 4. Opis programu

Implementacja zaprojektowanego systemu informatycznego przebiegała zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami w środowisku programistycznym Visual Studio .NET 2008, przy użyciu języka C#. Oprócz wspomnianej biblioteki TAO Framework, stanowiącej trzon konstrukcyjny aplikacji, wykorzystano również zestaw klas dedykowanych dokumentom XML, albowiem w tej właśnie formie udostępniane są dane pochodzące z symulacji komputerowej przepływu ciepła w kamiennym regeneratorze.



Rys. 3. Moduł wizualizacji  
Fig. 3. Visualization module

Z uwagi na fakt występujących ograniczeń ze strony urządzeń wyświetlających, jakimi są monitory lub projektory, animacja musi być poprzedzona zdefiniowaniem szeregu ustawień, które decydują między innymi o obszarze akumulatora widzianym przez użytkownika podczas przepływu ciepła, zakresie kolorystycznych zmian wybranych wielkości fizycznych takich, jak temperatura powietrza względnie złoża itp. Wspomniane ustawienia są definiowane lub modyfikowane przez użytkownika przed wizualizacją badanego procesu i obejmują, oprócz sygnalizowanych wielkości, równie

istotny parametr animacji, jakim jest przestrzenna lokalizacja punktu obserwacji. Pozostałe parametry, mające charakter drugoplanowy są związane z dookreśleniem sceny poprzez wybór umiejscowienia źródeł światła i dobór koloru tła. Te działania mają w głównej mierze poprawić czytelność uzyskiwanych animacji, a tym samym ułatwić analizę danych.

Sygnalizowane powyżej ustawienia wprowadzamy lub korygujemy w dolnej części głównego okna – rys. 3 - wytworzonej aplikacji, co musi być poprzedzone wyborem właściwej zakładki. Uzyskane animacje, wyświetlone w górnym obszarze okna głównego aplikacji, istotne z punktu widzenia poznawczego, możemy zapisać, zarchiwizować w formie pliku z wykorzystaniem jednego z pięciu dostępnych formatów filmowych (mpg, avi, asf, wmv oraz sfw).

#### 5. Podsumowanie

Dotychczasowe podjęte przez autorów działania, których efektem było zaprojektowanie i wytworzenie samodzielnego modułu, pozwalającego na wizualizację przepływu ciepła i masy w kamiennym regeneratorze, w połączeniu z wstępnymi animacjami zrealizowanymi na bazie danych uzyskanych z eksperymentów komputerowych, dały podstawy do sformułowania poniższych uwag i wniosków:

- Zastosowana darmowa technologia Tao Framework, poprzez bogactwo zawartych w niej bibliotek klas zgodnych z platformą .NET i pomimo słabego wsparcia dokumentacyjnego, była i jest kompletnym zestawem konstrukcji informatycznych, umożliwiającym tworzenie złożonych aplikacji graficznych przydatnych w procesie analizy skomplikowanych systemów empirycznych opisywanych dużą liczbą przestrzennych danych.
- Zaproponowane przez autorów rozwiązania informatyczne, bazujące między innymi na technice XML, rozszerzają zakres stosowalności aplikacji, nie ograniczając jej tylko do wizualizacji przepływu ciepła i masy w kamiennych akumulatorach.

#### 6. Literatura

- [1] Mueller W., Kujawa S., Weres J. 2003. Losowość temperatury w procesie ładowania kamiennego akumulatora energii cieplnej. Inżynieria Rolnicza 12 (54). Warszawa ISSN 1429-7264 s.249-257.
- [2] Wrycza S., Marcinkowski B., Wyrzykowski K. 2005. Język UML 2.0 w modelowaniu systemów informatycznych. Helion. Gliwice. ISBN 83-7361-892-9.
- [3] News The Tao Framework [online]. Tao Framework [dostęp 2.11.08]. Dostępny w Internecie: <http://www.taoframework.com>
- [4] The FFmpeg [online]. The FFmpeg [dostęp 2.11.08]. Dostępny w Internecie: <http://ffmpeg.mplayerhq.hu>
- [5] CsGL – C# graphics library [online]. The C# Graphics Library [dostęp 2.11.08]. Dostępny w Internecie: <http://csgl.sourceforge.net/index.html>