

**Sławomir Bogacki**  
Politechnika Śląska  
Ośrodek Geometrii i Grafiki Inżynierskiej  
ul. Krzywoustego 7, 44-100 Gliwice

## **Symulacja komputerowa wspomagająca szkolenia pracownicze**

Computer simulation as an support in staff training

### **Streszczenie**

Symulatory i trenażery od lat stosowane są w lotnictwie cywilnym i wojskowym, transporcie morskim oraz wszędzie tam, gdzie od fachowości oraz od umiejętności podejmowania decyzji w trudnych warunkach zależy życie ludzi. Przy użyciu współczesnego oprogramowania graficznego oraz narzędzi programistycznych istnieje możliwość opracowania gier symulacyjnych o szerszym zastosowaniu i o mniejszych kosztach wytworzenia. W artykule przedstawiono stan obecny w zakresie rozwiązań wspomagających kursy obsługi urządzeń technicznych. Opisano grę symulacyjną dotyczącą wizualizacji parametrów atmosfery kopalnianej w procesie urabiania węgla kamiennego opracowaną dla Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG. Scharakteryzowano warsztat graficzno programistyczny niezbędny do wykonania gier symulacyjnych oraz wskazano kierunki dalszego rozwoju urządzeń wspomagających szkolenia.

**Słowa kluczowe:** *symulator, gra treningowa, wirtualna rzeczywistość*

### **Abstract**

Simulators are used in such areas as: civil and military aviation, sea transport and wherever a live of people depends on a professionalism and ability to take a decision in difficult position. There is a possibility to make a trainer games with using modern graphics programs and programming tools. Such solutions are much cheaper and wider used. In article has been presented the present state of aiding the

courses technical device operators. The trainer game concerns a visualization of atmospheric parameters in mine while a coal excavating process has been also described. This trainer game has been prepared for Institute of Innovative Technologies EMAG. The programming and graphics techniques which are essential for making a trainer game has been characterized. The directions of further develop of devices which aids a staff training has been shown also in article.

**Keywords:** *simulator, trainer game, virtual reality*

## 1. Wprowadzenie

Szkolenia pracownicze, a w szczególności instruktaze stanowiskowe oraz kursy obsługi maszyn i urządzeń powinny być realizowane na rzeczywistym stanowisku pracy lub w warunkach jak najbardziej do niego zbliżonych. Dotyczy to przede wszystkim, prac niebezpiecznych realizowanych w warunkach wielu zagrożeń, lub związanych z odpowiedzialnością operatorów za mienie przedsiębiorstwa i bezpieczeństwo załogi. Wymagania te często pozostają w sprzeczności z podstawowymi zasadami realizacji szkoleń, w trakcie których nie można narażać pracowników na niebezpieczeństwa oraz możliwość wystąpienia strat wynikających z ich braku doświadczenia w operowaniu maszynami. WYROBIENIE właściwych nawyków oraz dostosowanie się do zasad obsługi urządzenia wymaga wielu prób, niejednokrotnie obarczonych błędami, które w rzeczywistym świecie mogą skończyć się poważnymi konsekwencjami. Ponadto szkolenia realizowane na prawdziwym urządzeniu, stanowiącym element procesu technologicznego wiążą się z przestojami produkcji, a co za tym idzie wysokimi kosztami.

## 2. Symulatory wspomagające szkolenia

W ostatnich latach coraz częściej wykorzystuje się wspomaganie szkoleń praktycznych przy użyciu różnego rodzaju urządzeń treningowych, symulatorów i interaktywnych gier symulacyjnych wspieranych rozszerzoną rzeczywistością [1, 2, 3, 4, 6]. Tego typu rozwiązania w szczególności stosuje się w lotnictwie cywilnym i wojskowym, transporcie morskim, kolejowym a ostatnio nawet również do celów nauki jazdy samochodem osobowym, wózkiem widłowym itp.

Urządzenia treningowe mogą mieć postać kopii prawdziwych maszyn odwzorowujących funkcjonalność i zachowanie oryginału. Tak jest w przypadku symulatorów lotniczych, w których odtwarza się oryginalny kokpit maszyny. Działanie urządzeń pokładowych oraz wskazania parametrów lotu symulowane są przez komputer. Komputerowo generowany jest również obraz widziany przez użytkownika symulatora na ekranach umieszczonych w otworach okiennych kokpitu. Sposób generowania interaktywnego obrazu symulującego rzeczywiste otoczenie maszyny opisany zostanie w rozdziale 4. Wrażenia ruchu samolotu oraz jego reakcji na działanie załogi realizowane jest za pomocą siłowników, na których umieszczona została kabina.



Rys. 1. Symulator samolotu Bryza [3]  
 Fig. 1. Flight simulator of airplane „Bryza” [3]

Przykładem może być symulator samolotu Bryza, użytkowany już od kilkunastu lat na lotnisku w Siemirowicach. Symulator przeznaczony jest do szkolenia i egzaminowania załóg tych maszyn. Urządzenie symuluje właściwości realnego lotu, działanie i sterownie silnikami oraz funkcjonowanie wszystkich systemów pokładowych. Zastosowane w nim rozwiązania pozwalają na kontrolowanie działania załogi i wpływanie na przebieg lotu poprzez wprowadzanie przez instruktora zmian warunków lotu, złożoności sytuacji radionawigacyjnej oraz symulowanie usterek poszczególnych układów. Symulator przeznaczony jest również do szkolenia z postępowania w sytuacjach awaryjnych i niebezpiecznych [1, 3]. Symulator odwzorowujący w pełni realistyczny kokpit lub panel sterowania jest zdecydowanie najlepszym rozwiązaniem w szkoleniach załóg, gdyż użytkownik ma bezpośredni kontakt dotykowy i wzrokowy z realnymi elementami sterowanego urządzenia. Odczuwa również ruch urządzenia poprzez zmieniające się obrazy za oknem oraz zmiany położenia kokpitu realizowane przez siłowniki.

Prostszym i znacznie tańszym rozwiązaniem urządzeń treningowych są symulatory komputerowe w postaci interaktywnych gier, w których odwzorowano część rzeczywistości dotyczącej obsługi określonego urządzenia. W tego typu symulatorach główny nacisk położony jest na obraz wyświetlany na ekranach symulujących otoczenie użytkownika oraz wybrane elementy interface'u danej maszyny. Elementami tymi najczęściej są wskaźniki i wyświetlacze urządzeń podających wartości parametrów istotnych z punktu widzenia użytkownika danej maszyny takich jak prędkość, ciśnienie, temperatura itp. Oprócz ekranów wyświetlających obraz symulatory wyposaża się w podstawowe elementy sterownicze takie jak kierownica, drążki sterownicze i pedały. Całość jest zamocowana na ramie nośnej wraz z fotelmem operatora.



Rys. 2. Symulator wózka widłowego i samochodu osobowego [4]  
 Fig. 2. A forklift truck and car simulator [4]

Kolejnym rozwiązaniem w zakresie wspomagania szkoleń pracowniczych jest zastosowanie elementów rzeczywistości wirtualnej oraz rozszerzonej. Stosując sprzęt VR taki jak hełm z okularami wyświetlającymi obraz (headmounted-displays), rękawice sensorowe (data gloves) oraz system śledzenia ruchu użytkownika (tracking system) można całkowicie wyeliminować elementy sterownicze symulowanej maszyny czy urządzenia, ponieważ całe środowisko użytkownika jest zamodelowane w komputerze. Nad zastosowaniem tego rodzaju technologii w bezpieczeństwie pracy badania prowadzi między innymi Centralny Instytut Ochrony Pracy w Pracowni Techniki Rzeczywistości Wirtualnej. Działalność pracowni obejmuje badania dotyczące zastosowań technik rzeczywistości wirtualnej do projektowania, oceny stanowisk pracy i maszyn pod kątem BHP oraz ergonomii zdalnego sterowania maszynami. Ponadto prowadzone są badania na temat metod prowadzenia szkoleń i kształtowania postaw pracowników wykorzystujących interaktywne symulacje komputerowe i prezentacje multimedialne [3]. Prace nad zastosowaniem rzeczywistości wirtualnej oraz rozszerzonej realizowane są również w Laboratorium Metod Modelowania i Ergonomii Instytutu Techniki Górniczej KOMAG. W ramach tych badań opracowano koncepcję mobilnego stanowiska szkoleniowego z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości. W tym rozwiązaniu użytkownik obserwuje otoczenie przez okulary, które wyświetlają obraz zarejestrowany przez kamerę wzbogacony o elementy rozszerzające rzeczywistość. Użytkownik otrzymuje informację skojarzoną z określonym obiektem, na który ma skierowany wzrok [6].

### 3. Propozycja gry treningowej

Zaletą wszelkiego rodzaju gier symulacyjnych jest możliwość równoczesnej prezentacji na ekranie parametrów środowiska pracy, które na prawdziwym stanowisku pracy nie są bezpośrednio widoczne. Dotyczy to np. stężeń czynników szkodliwych i wybuchowych, temperaturę, wilgotność itp. Cechę tę wykorzystano przy tworzeniu gry symulacyjnej opracowanej w ramach pracy naukowej w Ośrodku Geometrii i Grafiki Inżynierskiej Politechniki Śląskiej, na zlecenie Instytutu

Technik Innowacyjnych EMAG. W opracowanej aplikacji przedstawiono związki zachodzące pomiędzy szybkością urabiania pokładu węgla a parametrami atmosfery kopalnianej.



Rys. 3. Wygląd ekranu aplikacji  
Fig. 3. Screen of application

Użytkownik gry symulacyjnej występuje w roli operatora kombajnu ścianowego (Rys. 3.), którym może sterować przy użyciu Radiowego Sterownika Operatorskiego RSO-25 (Rys. 4.). Sterownik ten służy do zdalnego sterowania prawdziwych kombajnów ścianowych. Po uruchomieniu przenośnika oraz organów kombajnu można włączyć posuw, a wtedy po zawrębieniu się w caliznę węglową nastąpi urabianie węgla. Towarzyszy temu wzrost stężenia metanu wydobywającego się z urobku oraz powolny wzrost temperatury związanej z wydzielaniem się ciepła z napędów przenośnika oraz kombajnu. Uruchomione zraszacze na organach powodują wzrost wilgotności w wyrobisku. Jeśli stężenie metanu przekroczy 2% nastąpi wyłączenie zasilania w wyrobisku przez system metanometrii automatycznej.



Rys. 4. Radiowy Sterownik Operatorski RSO-25, kombajnu ścianowego  
Fig. 4. Remote controller RSO-25 of combined cutter-loader

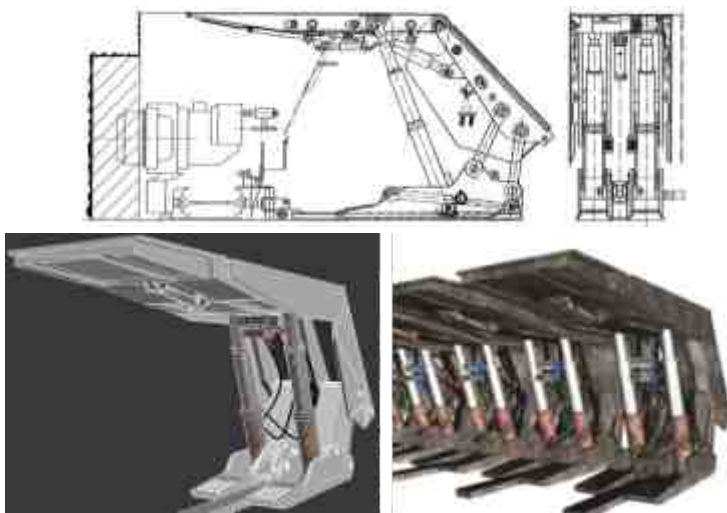


Rys. 5. Sygnalizacja świetlna informująca o przekroczeniu stężenia metanu powyżej 1,5%  
Fig. 5. Light signals of methane exceeding

Wszystkie te parametry atmosfery kopalnianej prezentowane są na wyświetlaczach czujników: MM-4 oraz THP-2, które stanowią element stały ekranu symulatora. Czujniki te są elementami systemu monitorowania atmosfery SMP-NT/A opracowanego w Instytucie EMAG. System ten realizuje funkcję automatycznego szybkiego wyłączania zasilania maszyn i urządzeń w przypadkach zaistnienia zagrożenia wybuchem oraz informowania załogi dołowej o zaistniałym w ich miejscu pracy niebezpieczeństwie związanym ze wzrostem stężenia metanu. Zrealizowana aplikacja graficzna nie stanowi kompletnego symulatora obsługi kombajnu ścianowego, lecz obrazuje jeden z aspektów związanych z jego pracą. Proces skrawania pokładu oraz współoddziaływania poszczególnych elementów wyposażenia ściany jest na tyle złożony, że opracowanie kompletnego symulatora kombajnu ścianowego wymagałoby zaangażowania wielu sił i środków. Aplikację opracowano w celu informowania pracowników oddziałów wydobywczych kopalń, a w szczególności operatorów kombajnów w zakresie wpływu urabiania węgla na poziom stężenia metanu. Jest pewnym uproszczeniem zjawisk występujących podczas urabiania węgla.

#### **4. Warsztat graficzno programistyczny**

Gra symulacyjna opracowana została jako trójwymiarowa aplikacja czasu rzeczywistego, pracująca w oparciu o biblioteki graficzne DirectX. Warstwa graficzna aplikacji składa się z trójwymiarowych modeli wyposażenia wyrobiska ścianowego. Poszczególne elementy takie jak sekcje obudowy ścianowej, przenośnik wraz z napędami oraz kombajn ścianowy modelowane były w oparciu o DTR oraz dokumentację fotograficzną prawdziwych urządzeń (Rys. 4.). Istotnym elementem wpływającym na realizm wirtualnej scenarii są materiały pokrywające wyposażenie ściany. Ich jakość oraz dobór znacząco wpływają na wygląd aplikacji. W większości przypadków materiały użyte w symulatorze zostały pozyskane w naturalnym środowisku kopalni. Tekstura ściany węgla jest na tyle charakterystyczna, że łatwiej jest zrobić zdjęcie w kopalni niż próbować uzyskać podobny efekt w jakimkolwiek programie graficznym. Wszystkie modele wyposażenia wraz z pokrywającymi je materiałami wykonane zostały w programie Autodesk 3dsMax.



Rys. 6. Model zastawy zmechanizowanej obudowy ścianowej  
 Fig. 6. Model of long wall support system

Do oprogramowania symulatora użyto środowiska programowania obiektowego Quest 3D, dzięki któremu zrealizowano całą logikę aplikacji. Quest 3D wykorzystany został również jako silnik graficzny odpowiedzialny za interaktywne generowanie obrazu. Z uwagi na to, iż obraz w aplikacji jest renderowany w czasie rzeczywistym z szybkością min. 25 klatek/s podczas tworzenia siatek modeli urządzeń oraz tekstur należało poszukiwać cały szereg rozwiązań kompromisowych pomiędzy jakością grafiki i szybkością renderingu. Tak złożona pod względem geometrycznym scena wymagała stosowania jak najprostszych modeli urządzeń zapewniających im wiarygodność uwidaczniająca się w detalach. W przypadku siatek 3D stosowano techniki optymalizacji liczby trójkątów w obiekcie, co powodowało, że modele charakteryzują się ograniczoną do minimum ilością krzywych i powierzchni. Ponadto zastosowano technikę renderingu „nature painting” wbudowaną w silnik graficzny Quest 3D, która w przypadku występowania na scenie wielu kopii tego samego obiektu renderuje go tylko raz powielając zrenderowany obraz na wszystkie kopie. Tekstury obiektów tworzone i nakładane były przy użyciu edytora materiałów programu 3ds Max. Dlatego też można było zastosować tekstury o wysokiej rozdzielczości. Następnie przy użyciu techniki „render to texture” przygotowano finalny wygląd obiektu, gotowego do przeniesienia do programu Quest 3D.

Podstawowe cechy aplikacji symulatora:

- Dwie pętle renderujące (wirtualne kamery): pierwsza pętla renderuje scenę główną (kamera ruchoma – punkt obserwacji użytkownika), a druga renderuje czujniki i wskazywane wartości (element stały ekranu),
- 4 timery odmierzające czas opóźnień oraz animacji,

- Zastosowane techniki optymalizacji siatek oraz tekstur: „nature painting”, „bakedtextures”,
- Kilkanaście detekcji kolizji geometrii,
- Kilkadziesiąt warunków logicznych i algorytmów przeliczania wartości,
- 6 emiterów cząstek (zraszacze organów urabiających, sypiący się urobek)
- Czas wykonania aplikacji przez 1 osobę – ok. 2 miesiące.

## 5. Wnioski

Interaktywna symulacja jest nowoczesnym narzędziem wspomagającym szkolenia pracownicze, wzbogacającym tradycyjne formy przekazu. Możliwość reagowania na sytuacje występujące w środowisku pracy, nawet jeśli jest ono wirtualne, wyrabia u użytkownika pozytywne nawyki, które są przenoszone do świata realnego. Jest to szczególnie ważne przy szkoleniu operatorów maszyn. Zaprezentowana w artykule aplikacja obejmuje tylko część zjawisk towarzyszących urabianiu węgla kamiennego, jednakże będzie ona rozwijana w kierunku opracowania kompletnego urządzenia treningowego. Symulacje komputerowe oraz techniki wirtualnej rzeczywistości są wskazywane w wielu opracowaniach jako przyszłość narzędzi wspomagających szkolenia pracownicze [3, 4, 5].

## LITERATURA

1. Bogacki S.: *Możliwości wykorzystania grafiki czasu rzeczywistego w zagadnieniach dotyczących bezpieczeństwa użytkownika maszyn górniczych* [w:] *Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał ziemnych*, A. Khair [i in.], AGH, Kraków 2009, s. 253-257.
2. Cichy C.: *Symulator Bryzy*, <http://lotniczapolska.pl/Symulator-Bryzy,16858>.
3. Grabowski A.: *Wykorzystanie współczesnych technik rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej do szkolenia pracowników*, *Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka*, 2012, nr, s. 18-22.
4. Serwis internetowy firmy EDUCAR Informatyczne Systemy Edukacyjne <http://www.educar.pl/index.htm>.
5. Winkler T., Dudek M., Chuchnowski W., Michalak D., Tokarczyk J.: *Historia, stan aktualny i perspektywy wykorzystania grafiki komputerowej w modelowaniu i wizualizacji zagrożeń na stanowiskach pracy w górnictwie*, Materiały na konferencję: XX Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2011, Kraków, 21-25 lutego 2011, s. 1598-1609.
6. Winkler T., Michalak D., Jaszczyk Ł.: *Kształtowanie kompetencji pracowników z zastosowaniem technologii Rozszerzonej Rzeczywistości* [w:] *Innowacyjne techniki i technologie dla górnictwa: Bezpieczeństwo – Efektywność – Niezawodność*, Klich A., Kozieł A. (red. nauk), Komtech, Gliwice 2010.