



# Rozszerzenie e-learningu: e-trening operatorów pojazdów i urządzeń

dr inż. MAREK KACPRZAK<sup>1</sup>, dr inż. ANDRZEJ KACZMARCZYK<sup>1</sup>,  
prof. dr hab. inż. ANDRZEJ MASŁOWSKI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institut Maszyn Matematycznych

<sup>2</sup>Politechnika Warszawska, Wydział Mechatroniki, Instytut Automatyki i Robotyki

E-learning jest ukierunkowany na zdobywanie wiedzy. E-trening, korzystając z repertuaru środków i możliwości e-learningu, umożliwia zdalne nabywanie umiejętności operacyjnych. Dzięki zastosowaniu e-treningu, co najmniej na pewnych poziomach w cyklu szkoleniowym, staje się możliwe uzyskiwanie takich umiejętności w sposób ekonomiczny, w szkoleniu na skalę masową. Tak samo jak w przypadku e-learningu, systemy e-treningu umożliwiają obsługę dużej liczby szkolonych rozproszonych geograficznie, korzystanie przez nich z kursów dostępnych 24 godziny na dobę i dostosowanie tempa szkolenia do indywidualnych możliwości. Systemy te znajdują zastosowanie zarówno w treningu początkowym, jak i w okresowych treningach doskonalących, a także do sprawdzania umiejętności w celach certyfikacyjnych. Mogą być wykorzystane do szkolenia operatorów różnorodnych urządzeń, personelu serwisującego urządzenia, a także do uczenia i doskonalenia technik manualnych - przede wszystkim w medycynie. Symulacja komputerowa z wykorzystaniem grafiki 3D, technologia gier komputerowych, jak również 3D Internet są środkami do budowania skutecznych aplikacji e-treningu. Bazę wyjściową do rozwoju tych aplikacji stanowią trenażery wykorzystujące symulację komputerową, zwane też symulatorami, użytkowane do szkolenia operatorów urządzeń w wielu dziedzinach, a także do szkolenia personelu medycznego. Niemal wszędzie obserwować można pojawianie się, oprócz stacjonarnych symulatorów łączących symulację komputerową z rzeczywistymi elementami obsługiwanego urządzenia - przede wszystkim sterowniczymi - oprogramowania umożliwiającego „zmięnię twego PC w profesjonalny symulator treningowy”.

W artykule przedstawiono obecny stan zaawansowania trenażerów-symulatorów do szkolenia operatorów w głównych dziedzinach ich zastosowań: w lotnictwie, kolejnictwie, pojazdach drogowych i maszynach roboczych. Tematyka e-treningu w uczeniu i doskonaleniu technik manualnych oraz perspektywy rozwoju systemów e-treningu będą przedstawione w następnym artykule poświęconym rozszerzeniu e-learningu.

## Lotnictwo

Trenażery używane są w lotnictwie niemal od początku jego rozwoju, pierwsze urządzenia - atrapy samolotów - zbudowane do celów szkoleniowych pojawiły się już w pierwszej dekadzie lat 1900. W latach 1930, w związku z rozwojem oprzyrządowania nawigacyjnego i pokładowego umożliwiającego odbywanie lotów bez widoczności, pojawiła się potrzeba szkolenia w takich lotach na odpowiednich trenażerach. Rozpoczęła się produkcja przemysłowa takich trenażerów, a szkolenie na nich stało się obowiązkowym elementem szkolenia wstępnego i doskonalącego pilotów. Druga Wojna Światowa przyniosła użycie trenażerów lotniczych na skalę masową. W latach 1960 zastosowano w trenażerach lotniczych komputery, które w następnej dekadzie zaczęły współdziałać z projektorami filmowymi i obwodami przemysłowej TV w tworzeniu i sterowaniu obrazem otoczenia widzianym przez szkolonych. Obrazy tworzone w symulatorze komputerowo pojawiły się w trenażerach zbudowanych do szkolenia załóg w programach kosmicznych. Obecnie trenażery-symulatory, przeznaczone do szkolenia w pilotowaniu określonego typu samolotu,



są stosowane szeroko w lotnictwie cywilnym i wojskowym. Linie lotnicze w wyniku wspólnych przedsięwzięć, opracowały wiele wytycznych i warunków dotyczących budowy, funkcji i właściwości trenażerów [1], a także procedur szkolenia na nich. Współczesne trenażery lotnicze tej kategorii (oznaczane jako *FFS - Full Flight Simulators* lub *FMFS - Full Motion Flight Simulators*) przedstawiają sobą kokpit danego typu samolotu z rzeczywistym wyposażeniem i komputerowym obrazem otoczenia widocznym w wirtualnym oknie, poruszany przez siłowniki zgodnie z wykonywanymi przez pilotów manewrami samolotu i jego zasymulowaną dynamiką. Koszt takiego trenażera wynosi ok. 25 mln. dolarów. Lotnicze trenażery wojskowe, oprócz funkcji spełnianych przez trenażery cywilne, realizują jeszcze funkcje związane z walką - rozpoznaniem i użyciem broni. Przykładami mogą być trenażery firmy Galileo Avionica dla samolotu wielozadaniowego Tornado [2] i myśliwca Eurofighter Typhoon [3]. Szkolenie na trenażerach lotniczych odbywa się pod nadzorem instruktora mającego do dyspozycji odpowiednio wyposażone stanowisko. Na tym stanowisku przygotowany jest scenariusz sesji szkoleniowej - w przypadku samolotów bojowych wybór terenu akcji (spośród znajdujących się w bazie danych) i rozmieszczenie aktorów, tzn. własnych i nieprzyjacielskich sił i środków walki. Podczas sesji instruktor może sterować warunkami w jakich przeprowadzana jest misja, w tym zmianami pogody i pojawianiem się niesprawności. Przebieg misji jest rejestrowany i może być odtwarzany z wprowadzaniem akcji korygujących popełnione błędy. Oprócz symulatorów FFS stosowane są i mniej zaawansowane trenażery lotnicze z uproszczoną i nieruchomą makietą kokpitu. Wraz z PC i Internetem pojawiły się programy zwane symulatorami lotu umożliwiające hobbystom „wirtualne latanie” - tylko na swoim PC lub w sieci wspólnie z innymi internautami. Do komputera na którym instaluje się program można dołączyć akcesoria typu używanego w grach komputerowych: joystick lub wolant, pedały, manetkę przepustnic do sterowania silnikami; fani komputerowego latania mogą zbudować cały kokpit ze „sprzętu simowego” dostępnego w sprzedaży. Popularnym symulatorem lotu jest Microsoft Flight Simulator X [4], którego wersja standardowa umożliwi wybranie do latania każdego z oferowanych w programie 18 typów samolotów, lot nad 28 miastami, korzystanie z 40 portów lotniczych oraz wykonywanie ponad 30 misji. Intensywny rozwój tego oprogramowania spowodował, że powstały wersje symulatorów lotu przydatne w szkoleniu profesjonalnym, a niektóre szkoły pilotażu wprowadziły e-trening przy użyciu takich symulatorów do swoich cykli szkoleniowych. Przykładem jest. szkoła pilotażu *Forder Learn to Fly* [5] w Toronto gdzie używa się symulatora *Microsoft Flight Simulator 2002/2004* do szkolenia w następującym zakresie:

- zapoznanie z kokpitem i przyrządami pokładowymi;
- podstawy pilotażu: start, lot poziomy, zakręty, lądowanie i procedury lotniskowe;
- używanie radia pokładowego i rozmowy z wieżą kontrolną;
- złożone manewry i doskonalenie kontroli nad samolotem;
- planowanie lotu i nawigacja.

Szkoleni są zachęceni do treningu na symulatorze w domu informacją, że koszt uzyskania licencji pilota przy szkoleniu tylko na rzeczywistych samolotach wynosi 8...10 tys. dolarów, zaś przy intensywnym wykorzystaniu symulatora można go obniżyć nawet o połowę.

## Kolejnictwo

Trenażery komputerowe do szkolenia maszynistów pojawiły się w kolejnictwie w latach 1990. Obecnie używane, najbardziej zaawansowane trenażery-symulatory są odpowiednikami lotniczych FFS, a dostawcami są często te same firmy, które produkują trenażery lotnicze. Symulator kolejowy tego typu to ruchoma replika kabiny maszynisty, z widokiem otoczenia w wirtualnym oknie, wykonująca ruchy - łącznie z wibracjami siedzenia - wynikające z operacji sterowniczych maszynisty oraz symulowanej dynamiki pociągu i warunków zewnętrznych. Przykładem takiego rozwiązania są symulatory oferowane przez EADS [6], przeznaczone do szkolenia w podstawowych technikach prowadzenia pociągu w normalnych warunkach, a także w warunkach specjalnych: różne warunki pogodowe, ograniczona widoczność, ciężkie/stresujące warunki ruchu, ryzykowne sytuacje, niesprawności, wypadki. Oprócz stanowiska instruktora jak w trenażerach lotniczych, EADS oferuje stanowisko obserwacyjne umożliwiające innym szkolonym śledzenie przebiegu danej sesji. Wartościowych informacji o zastosowaniu symulatorów do szkolenia maszynistów w kolejnictwie europejskim dostarczył projekt 2TRAIN [7] podjęty w celu umożliwienia harmonizacji i koordynacji w UE szkolenia maszynistów pod względem treści i technologii - szczególnie komputerowych - tego szkolenia. Opracowany w ramach projektu raport *2TRAIN Benchmarking Report on computer-based Railway Training in Europe* [8] wyróżnia, na podstawie rozpoznania 138 systemów używanych przez 17 europejskich linii kolejowych, następujące typy używanych obecnie trenażerów (z częstością ich stosowania podaną w %):

- pełna replika kabiny wykonująca ruchy (35%);
- pełna replika kabiny nieruchoma (17%);
- częściowa replika kabiny (35%);
- trenażer tylko do określonych operacji (4%);
- trenażer PC-towy (9%).

Trenażery te są używane przede wszystkim do szkolenia początkowego - wykorzystuje się do tego celu 40% czasu szkolenia na nich; jest to średnio 30 godz. na jednego szkolonego, co stanowi ok. 7% całkowitego czasu szkolenia. Na szkolenie zaawansowane, mające za przedmiot głównie działanie w sytuacjach awaryjnych, przeznaczają się 30% czasu szkolenia na trenażerach, a 24% czasu na sprawdzanie umiejętności. W cytowanym raporcie podano również informację o zjawiskach fizycznych i podsystemach pociągu uwzględnianych w symulacji (uszeregowanie według częstości występowania):

- zasilanie z przewodu trakcyjnego i pantograf (100%);
- system sygnalizacji (100%);
- czuwak (100%);
- system hamowania awaryjnego (100%);
- napęd i układ hamulcowy (100%);
- opór toczenia (kół po szynach) (100%);
- krzywa rozpędzania i hamowania (100%);
- dynamika pociągu (100%);
- opory ruchu na wzniesieniach i spadkach (95%);
- opory ruchu na krzywiznach linii torów (90%);
- siły aerodynamiczne na otwartej przestrzeni (90%);
- siły bezwładności (90%);
- system otwierania i zamykania drzwi (85%);
- układy pneumatyczne i hydrauliczne pociągu (85%);



- wewnętrzne układy elektryczne pociągu (85%);
- wykrywanie i gaszenie pożaru (75%);
- system informowania pasażerów (60%);
- siły aerodynamiczne wewnątrz tuneli (45%).

Podobnie jak w lotnictwie, oprócz PC-towych trenażerów używanych w szkoleniu profesjonalnym, oferowane są liczne programy hobbystyczne umożliwiające wirtualne prowadzenie pociągu; przykładem może być program Microsoft Train Simulator 2 [9].

## Pojazdy drogowe

Komputerowe trenażery-symulatory pojazdów drogowych, produkowane przez dość liczne firmy, są obecnie używane zarówno w szkoleniu kierowców zawodowych - głównie ciężkich i specjalnych pojazdów: ciężarówek, autobusów, wozów strażackich, ambulansów, samochodów policyjnych - jak i w szkoleniu amatorów. Dzięki zastosowaniu trenażerów koszt szkolenia może być zmniejszony nawet o 40% [10]. Trenażery oferują bogaty repertuar zadań i scenariuszy i są stosowane na wszystkich etapach szkolenia:

- zapoznanie się z pojazdem i podstawowe procedury (ustawienie siedzenia i lusterek, zapięcie pasów, operowanie włącznikami/wyłącznikami i kierownicą, ruszanie, przyspieszanie, hamowanie i zatrzymywanie, zmiana biegów);
- opanowanie podstawowych umiejętności kierowcy (ćwiczenia w hamowaniu, ruszanie pod górę, wybór prędkości, umiejętność przewidywania, oszczędne/ekologiczne prowadzenie pojazdu);
- zdobywanie umiejętności zaawansowanych (jazda w ruchu drogowym, omijanie i wyprzedzanie, zmiana pasa, utrzymywanie odległości) oraz ćwiczenia w jeździe w specyficznych warunkach (obszary miejskie, drogi wiejskie/terenowe, autostrady, drogi górskie, sytuacje niebezpieczne, jazda w nocy, podczas deszczu, śniegu i mgły).

W scenariuszach są uwzględniane mosty, tunele, skomplikowane skrzyżowania, roboty drogowe, poruszanie się na parkingach i w stacjach obsługi, wszystko to w obecności innych pojazdów, pieszych i zwierząt. Na ogół trenażery są przeznaczone dla jednej tylko osoby szkolonej, lecz są również używane - głównie w szkołach nauki jazdy - symulatory wieloosobowe. Używa takich symulatorów ANWB Rijpleiding [11], największa szkoła nauki jazdy w Holandii, w której szkoleni mają w ramach kursu nauki jazdy 18 lekcji 20-minutowych na trenażerze symulującym ok. 500 różnych sytuacji drogowych. Informację zbiorczą o stosowanych trenażerach-symulatorach pojazdów drogowych zawierają publikacje projektu europejskiego TRAIN-ALL [12]. Projekt ten ma na celu opracowanie komputerowego systemu szkolenia kierowców głównych grup pojazdów (samochody osobowe i ciężarowe, motocykle, pojazdy specjalne), systemu wykorzystującego wspólną, modułarną platformę komputerową. Uzasadnieniem podjęcia projektu była potrzeba podniesienia bezpieczeństwa na drogach poprzez udoskonalenie, a zarazem ujednoczenie w skali europejskiej szkolenia kierowców. Statystyki wykazują bowiem, że nowo-wyszkoleni kierowcy, stanowiący 2% kierowców uczestniczących w ruchu drogowym, powodują 15% wypadków (w których ogółem na drogach Europy zostaje zabitych co-rocennie 40 000 osób, a 150 000 doznaje trwałego kalectwa).

W publikacji [13] projektu TRAIN-ALL, zawierającej dane porównawcze o komputerowych narzędziach używanych w szkoleniu kierowców uzyskane z 20 organizacji, przyjęto klasyfikację trenażerów wzorowaną na klasyfikacji zastosowanej w standardach na symulatory lotnicze. Podzielono trenażery na 5 grup oznaczonych literami od A (trenażery najprostsze) do E, według następujących kryteriów:

- odtworzenie właściwości pojazdu (urządzenia sterownicze, kabina, dźwięki, siłowe sprzężenie zwrotne);
- systemy wizyjne (projekcja jedno- lub wielokanałowa, pole widzenia);
- ruchomość stanowiska kierowcy (żadna, podstawowa, 6 lub 8 stopni swobody);
- interaktywność (liczba symulowanych użytkowników drogi);
- poziom złożoności symulowanego środowiska drogowego (układ dróg, warunki otoczenia, pogoda);
- zakres możliwości szkoleniowych (złożoność scenariuszy, możliwość zmiany modelu pojazdu i dodania systemów wspomagających).

Do klasy A zaliczane są trenażery na poziomie gry komputerowej na PC, z użyciem osprzętu typu używanego w grach. Do klasy E należą trenażery w wysokim stopniu spełniające podane kryteria. Spośród 20 analizowanych symulatorów żadnego nie zaliczono do klasy A, stwierdzono jednak, że gry - jakich wiele, mających za przedmiot tylko prowadzenie pojazdu lub wyścigi - mogą rozwijać umiejętność jazdy. Do grupy B zaliczono 7 trenażerów, do grupy C również 7, do grupy D pozostałych 6, a do grupy E nie zaliczono żadnego z analizowanych trenażerów - podano 2 przykłady spoza tej grupy, trenażer firmy Daimler i „najbardziej zaawansowany badawczy symulator pojazdu na świecie” p.n. NADS (*National Advanced Driving Simulator*) zbudowany na Uniwersytecie Iowa w USA [14].

Ceny analizowanych trenażerów zawierają się w granicach 12...1200 tys. euro, przy czym tańsze są trenażery z nieruchomą kabiną (średnia cena 37 500 euro), a droższe z ruchomą (średnia cena 205 000 euro). Jest warto odnotowania, że przy szkoleniu na symulatorach kierowców pojazdów drogowych, mającym masowy charakter i obejmującym zróżnicowaną pod względem właściwości psycho-fizycznych grupę ludzi, zaobserwowano występowanie „choroby symulatorowej”, objawiającej się nudnościami, zaburzeniami widzenia, dezorientacją. Przyczyny występowania tych dolegliwości nie są dokładnie znane, ale przypuszcza się, że są spowodowane różnicą między ruchem doświadczanym przez szkolonego i ruchem rzeczywistym. W związku z zagrożeniem chorobą stosuje się skrócony czas sesji symulatorowych (20 min lub mniej) w stosunku do jazd rzeczywistych (45...90 min). Zaobserwowano też, że następuje adaptacja szkolonych do jazdy symulowanej, co zgadza się z obserwacją, że gracze komputerowi mają lepszą niż inne osoby oporność na dezorientację i koordynację wzrokowo-ruchową [15]. Gry komputerowe mające za przedmiot prowadzenie samochodu - symulatory jazdy - są bardzo rozpowszechnione, podobnie jak symulatory lotu. Są też oferowane jako pomoc w zdobywaniu kwalifikacji niezbędnych do uzyskania prawa jazdy, np. polski „Symulator jazdy z testami na prawo jazdy” [16]. Compendium wiedzy o symulatorach jazdy w języku polskim stanowi książka profesora Zbigniewa Lozi [17].



## Maszyny robocze

Trenażery do szkolenia operatorów maszyn roboczych są zarówno oferowane do sprzedaży jako produkty, jak też użytkowane w oferowanych klientom szkoleniach. Dostawcami zarówno produktów jak i szkoleń są producenci maszyn roboczych, a także wyspecjalizowane firmy. Do pierwszej kategorii należy Caterpillar [18], który dysponuje symulatorami kilku swoich maszyn - w tym koparki, ładowarki, równiarki. Są to trenażery PC-towe, lecz wymagające użycia specjalnych, oferowanych przez Caterpillara konsoli sterowniczych zabudowanych na fotelu treningowym operatora. Oprogramowanie trenażera składa się z pewnej liczby modułów szkoleniowych - np. w przypadku koparki jest ich dwanaście - prowadzących szkolonego od zadań prostych do bardziej złożonych. Oprogramowanie umożliwia samodzielną naukę, dostarczając informacji o czasie zużyтым na wykonywanie zadań, osiągniętej dokładności, a także o popełnionych błędach - niewłaściwych czynnościach. Zbiorowy trening z instruktorem wymaga zakupu dodatkowego oprogramowania *VTSM - Virtual Training System Manager*, umożliwiającego rejestrację indywidualnych wyników osób szkolonych. Ceny trenażerów wynoszą od 7750 do 25 000 USD. Podobny asortyment symulatorów PC-towych można znaleźć w ofertach firm specjalizujących się w produktach i usługach związanych z treningiem operatorów maszyn roboczych. Np. firma VISTA Training, Inc. [19], działająca od 1991 roku, oferuje symulatory 9 maszyn (w tym dźwigu, ładowarki, koparki). Oprogramowanie składa się z modułów szkoleniowych, których np. w przypadku koparki jest też dwanaście. Symulatory, w cenie od 3500 do 11 000 USD, wymagają przyłączenia do komputera tylko dżojstików stosowanych w grach komputerowych. Zestaw trenażerów dla operatorów maszyn górniczych, zarówno w górnictwie odkrywkowym (9 maszyn), jak i podziemnym (6 maszyn), oferuje firma ThoroughTec [20]. Trenażery tego zestawu p.n. *Cybermine*, zabudowane w typowych kontenerach, zawierają replikę kabiny danej maszyny umieszczoną na ruchomej platformie o 6 stopniach swobody oraz stanowisko instruktora. Trenażery są przeznaczone do szkolenia nowych operatorów i do treningów doskonalących. Oprócz realizacji procedur typowych, oprogramowanie umożliwia ćwiczenie działania w sytuacjach awaryjnych i utrwalanie procedur bezpieczeństwa.

## Podsumowanie

Zastosowanie trenażerów-symulatorów nie ogranicza się do omówionych dziedzin. Obszerą, specyficzną dziedziną jest uzbrojenie i sprzęt wojskowy. Symulatory znajdują też zastosowanie do szkoleń morskich. Przykładem morskiego symulatora profesjonalnego jest symulator mostka nawigacyjnego

NTS-Pro 4000 oferowany przez *Scientific and Technical Simulator Training Centre* (STSTC) [21]. Popularne są morskie symulatory PC-towe o charakterze gier komputerowych, zarówno dla łodzi żaglowych, jak i motorowych, np. [22]. Generalnie, zaobserwować można przenikanie się obszarów PC-towych symulatorów do treningu profesjonalnego i komputerowych gier symulacyjnych, które stanowią klasykę tych gier, obecną na rynku od czasu ich powstania. Na półkach sklepów z gramami znaleźć można, oprócz wymienionych w artykule, symulatory kombajnu, pługą śnieżnym czy śmieciarki. Bez wątplenia, gry przy szybko postępującym doskonaleniu wizualizacji, przyczynią się do rozwoju i upowszechnienia metod e-treningu operatorów pojazdów i urządzeń.

## Literatura

- [1] JAR-STD 1A: Aeroplane Flight Simulators, ustanowiony przez Joint Aviation Authorities (JAA) w 1998.
- [2] [http://www.selexgalileo.com/EN/Common/files/Galileo\\_Avionica/Relazioni\\_Esterne/Scheda\\_Prodotto\\_2/Simulation\\_2/TORNADO\\_FM\\_SIMULATORS.pdf](http://www.selexgalileo.com/EN/Common/files/Galileo_Avionica/Relazioni_Esterne/Scheda_Prodotto_2/Simulation_2/TORNADO_FM_SIMULATORS.pdf).
- [3] [http://www.selexgalileo.com/EN/Common/files/Galileo\\_Avionica/Relazioni\\_Esterne/Scheda\\_Prodotto\\_2/Simulation\\_2/EFA\\_FM\\_SIMULATORS.pdf](http://www.selexgalileo.com/EN/Common/files/Galileo_Avionica/Relazioni_Esterne/Scheda_Prodotto_2/Simulation_2/EFA_FM_SIMULATORS.pdf).
- [4] <http://www.microsoft.com/games/flightsimulator/>.
- [5] <http://www.forderlearntofly.com/>.
- [6] European Aeronautic Defence and Space Company EADS N. V. <http://www.railway-technology.com/contractors/professional/eads/>.
- [7] TRAINING of TRAIN Drivers in safety relevant issues with validated and integrated computer-based technology. <http://www.2train.eu/>.
- [8] [http://www.2train.eu/fileadmin/user\\_upload/2TRAIN\\_Benchmarking\\_Report\\_on\\_computer-based\\_Railway\\_Training\\_in\\_Europe.pdf](http://www.2train.eu/fileadmin/user_upload/2TRAIN_Benchmarking_Report_on_computer-based_Railway_Training_in_Europe.pdf).
- [9] <http://tsinsider.com/>.
- [10] Informacja firmy Doron Precision Systems, Inc. <http://www.doronprecision.com/>.
- [11] <http://www.anwb.nl/auto/rijden/rijbewijs-halen./anwb-rijopleiding/anwb-rijopleiding.html>.
- [12] Integrated System for driver TRAINing and Assessment using Interactive education tools and New training curricula for ALL modes of road transport [www.trainall-eu.org](http://www.trainall-eu.org).
- [13] Benchmarking and classification of CBT tools for driver training. Deliverable D1.1, October 2007. [http://www.trainall-eu.org/documents/TRAIN-ALL%20Deliverable%201.1\\_final.pdf](http://www.trainall-eu.org/documents/TRAIN-ALL%20Deliverable%201.1_final.pdf).
- [14] <http://www.nads-sc.uiowa.edu/>.
- [15] Shawn G.C., Bavelier D.: Action video games modify visual attention. *Nature* 423, 29 May 2003.
- [16] <http://www.symulator.freemind.pl/news.php>.
- [17] Lozia Z.: Symulatory jazdy samochodem. *WKŁ* 2008.
- [18] <http://www.cat.com/cda/layout?m=174681&x=7>.
- [19] <http://www.vista-start-smart.com/>.
- [20] Thoroughbred Technologies (Pty) Ltd.; Durban, South Africa; Perth, Australia; <http://www.thoroughtec.com/index.php/products-mainmenu-35/cybermine.html>.
- [21] [http://www.ntuttc.com/e\\_maribs.htm](http://www.ntuttc.com/e_maribs.htm).
- [22] Virtual Sailor. <http://www.hangsim.com/vs/>.