

dr inż. Jacek **ROGUSKI**¹
dr inż. Roman **WANTOCH-REKOWSKI**²
inż. Konrad **SZUMIEC**³

Przyjęty/Accepted/Принята: 13.10.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 03.11.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

ZASTOSOWANIE SYMULACJI WIRTUALNEJ W ZAKRESIE SZKOLENIA OPERATORÓW BEZZAŁOGOWYCH PLATFORM LĄDOWYCH WYKORZYSTYWANYCH DO DZIAŁAŃ RATOWNICZO-GAŚNICZYCH⁴

**Application of Virtual Simulation in the Training of Operators of Unmanned
Land-based Platforms, used in Firefighting Rescue Operations**

**Применение виртуальной симуляции в области обучения операторов
беспилотных сухопутных платформ используемых для спасательно-
гасящих действий**

Abstrakt

Cel: W artykule przedstawiono sposób zastosowania symulacji wirtualnej w zakresie szkolenia operatorów bezzałogowych platform lądowych (BPL).

Wprowadzenie: Określono rolę i przeznaczenie BPL oraz przedstawiono zasady szkolenia operatorów BPL wynikające z dotychczasowych doświadczeń w kraju i za granicą. BPL minimalizują bezpośrednie zagrożenie człowieka, stąd rosnące zainteresowanie tego typu konstrukcjami. Na podstawie analizy zastosowanych rozwiązań można stwierdzić, że dominują dwa podstawowe obszary zastosowań BPL:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) – jako mobilne stanowisko gaśnicze;
- prowadzenie rozpoznania, torowanie dróg, prowadzenie prac technicznych w strefie zagrożenia.

Metodologia: Działania ratowniczo-gaśnicze (R-G) prowadzone przez jednostki Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG) charakteryzują się dużą różnorodnością. Można jednak wydzielić z nich elementy powtarzalne, których doskonalenie skutkuje większą efektywnością działań. Ćwiczenie elementów powtarzalnych podczas szkoleń i działań pozorowanych może być prowadzone z wykorzystaniem rzeczywistego sprzętu określonego rodzaju, w tym wypadku BPL przy ograniczonej liczbie szkolonych operatorów oraz ryzyku uszkodzenia relatywnie drogiego sprzętu.

Alternatywnym rozwiązaniem jest wykonywanie ćwiczeń w ramach wirtualnej rzeczywistości, co ogranicza do minimum ryzyko zniszczenia lub uszkodzenia BPL oraz umożliwia wielokrotne realizowanie zadań w warunkach pełnej powtarzalności sytuacji, jaką możemy zastać przy realnych działaniach R-G przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa operatorowi oraz ograniczeniu kosztów związanych z prowadzonymi ćwiczeniami. Opisano zasady wykorzystania bezzałogowych platform lądowych (BPL) w zakresie zadań realizowanych w ramach KSRG. W celu zwiększenia możliwości treningu w zakresie szkolenia obsługi platformy BPL i znaczącego obniżenia kosztów procesu szkoleniowego w opracowaniu przedstawiono projekt przykładowej BPL w środowisku symulacji wirtualnej z opisem możliwego zakresu zastosowań doprowadzenia ćwiczeń w symulacji wirtualnej.

Wnioski: Dostępne na rynku zaawansowane środowiska symulacji wirtualnej takie jak VBS3 umożliwiają budowę szerokiego zakresu stanowisk szkoleniowych. Środowiska symulacji wirtualnej charakteryzują się dużą wiernością symulowanych działań oraz wysoką

¹ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, jroguski@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;

² Wojskowa Akademia Techniczna, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 01-476 Warszawa, rekowski@wat.edu.pl / Military University of Technology, Poland;

³ FragOutStudio, al. Piłsudskiego 133D/111, 92-318 Łódź, Polska;

⁴ Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

якоścią zobrazowania. Przedstawiony model wirtualny BPL odzwierciedla podstawowe właściwości rzeczywistej platformy BPL i umożliwia interakcję z wirtualnym otoczeniem i innymi obiektami.

Słowa kluczowe: BPL, szkolenie, symulator, symulacja wirtualna

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract

Aim: The paper describes an approach in the use of virtual simulation for training of unmanned land-based platform (BPL) operators.

Introduction: Specified the role and purpose of BPL and presented the principles of operator training. The training programme was determined on the basis of experience gained in Poland and abroad. The use of BPL minimizes dangers to humans and this has influenced a growing interest in such equipment. Based on an analysis of potential use, two key areas for BPL applications were identified:

- Robots used for firefighting operations in a danger zone - as a mobile fire-fighting post.

- Conveyance for performing reconnaissance, paving of roads and accomplishment of technical work in a danger zone

Methodology: Firefighting and rescue operations accomplished by national firefighting units are very diverse. However, it is possible to identify repetitive tasks performed during such operations which, if perfected, can improve the effectiveness of interventions. Drill practice of repetitive elements during training may be carried out with the aid of appropriate equipment such as BPL. Training may be constrained by the availability of machines and risk of damage to relatively expensive equipment. An alternative approach may be the conduct of training with the aid of virtual simulation facilities. Such a solution will minimise the risk of expensive equipment damage and facilitate the programming of repetitive tasks in conditions which, replicate the practical environment. This approach provides a safe training environment for the operator and will minimise costs associated with training. The article describes how BPL equipment can be used for a range of tasks undertaken within the framework of the National System for Firefighting and Rescue Operations. In an endeavour to increase training opportunities for BPL operators and significantly reduce training costs, the article incorporates a project proposal of an illustrative BPL for use in a virtual simulation environment, with a description of potential exercises.

Conclusions: Commercially available advanced virtual simulation settings, such as VBS3, allow for the creation of a wide range of training scenarios. The virtual simulation environment is characterized by credible simulations and high quality imaging. The illustrated virtual BPL model mirrors fundamental properties of an actual BPL platform and affords an interaction with the virtual environment, and other entities.

Keywords: UMP – unmanned mobile platform, training, simulator, virtual simulation

Type of article: original scientific article

Аннотация

Цель: В статье представлен способ применения виртуальной симуляции для обучения операторов беспилотных сухопутных платформ (BPL).

Введение: Определена роль и предназначение BPL, а также представлены принципы обучения операторов BPL, возникшие благодаря полученному опыту в стране и за рубежом. BPL минимизируют непосредственную угрозу для человека, именно поэтому популярность таких конструкций постоянно увеличивается. На основе анализа использованных решений можно выделить две главные доминирующие области применения BPL:

- проведение гасящих действий в опасной зоне (пожарные роботы) – в качестве мобильной пожаротушащей установки;

- проведение разведки (пожара), очистки дорог, проведение технических работ в зоне угрозы.

Методология: Спасательно-гасящие действия проводимые подразделениями Национальной спасательно-гасящей системы (KSRG) очень разнообразны. Тем не менее возможно выделить среди них повторяющиеся элементы, совершенствование которых способствует повышению эффективности проводимых действий. Тренировка повторяющихся элементов, проводимая во время учений и симуляционной деятельности, может осуществляться с использованием реального оборудования определённого типа, в этом случае - при ограниченном числе обучаемых операторов и риске повреждения дорогостоящего оборудования.

Альтернативным решением является проведение упражнений в рамках виртуальной реальности. Это сводит к минимуму угрозу уничтожения или повреждения BPL, а также позволяет повторно реализовать задачи в условиях полной воспроизводимости, с которой можно встретиться при реальных спасательно-гасящих действиях. При этом одновременно обеспечивается безопасность оператора и ограничиваются расходы, связанные с проводимыми учениями. В статье описаны принципы использования беспилотных сухопутных платформ (BPL) в задачах реализуемых в рамках KSRG. В целях расширения возможностей тренировки во время обучений о том как обслуживать платформу BPL и для значительного снижения затрат на сам процесс обучения в статье представлен проект образца BPL в среде виртуальной симуляции с описанием возможной сферы использования для проведения упражнений в виртуальной симуляции.

Выводы: Доступные на рынке передовые способы виртуальной симуляции окружающей среды, такие как VBS3 позволяют создать разнообразные условия для проведения обучения. Среда виртуальной симуляции характеризуется высокой точностью симулированных действий и высоким качеством изображения. Представленная виртуальная модель BPL отображает основные характеристики реальной платформы BPL и обеспечивает взаимосвязь с виртуальной средой и другими объектами.

Ключевые слова: BPL, обучение, симулятор, виртуальная симуляция

Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

Specjalistyczne jednostki ratownicze PSP wyposażane są w bezzałogowe platformy lądowe (BPL) w ograniczonym zakresie. Wynika to z wielkości dostępnych środków finansowych, które mogą być przeznaczone na zakup specjalnego wyposażenia, jakim są BPL. Platformy bezzałogowe minimalizują bezpośrednie zagrożenie człowieka, stąd rosnące zainteresowanie tego typu konstrukcjami. Na podstawie analizy zastosowanych rozwiązań można stwierdzić, że dominują dwa podstawowe obszary zastosowań BPL:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) – jako mobilne stanowisko gaśnicze;
- prowadzenie rozpoznania, torowanie dróg, prowadzenie prac technicznych w strefie zagrożenia.

Działania ratowniczo-gaśnicze (RG) prowadzone przez jednostki KSRG charakteryzują się dużą różnorodnością. Można jednak wydzielić z nich elementy powtarzalne, których prowadzenie skutkuje większą efektywnością działań. Ćwiczenie elementów powtarzalnych podczas szkoleń i działań pozorowanych może być prowadzone z wykorzystaniem rzeczywistego sprzętu określonego rodzaju, w tym wypadku BPL przy ograniczonej liczbie szkolonych operatorów oraz ryzyku uszkodzenia relatywnie drogiego sprzętu.

Alternatywnym rozwiązaniem jest wykonywanie ćwiczeń z zastosowaniem wirtualnej rzeczywistości, co ogranicza do minimum ryzyko zniszczenia lub uszkodzenia BPL oraz umożliwia wielokrotne realizowanie zadań w warunkach pełnej powtarzalności sytuacji, jaką możemy zastać przy realnych działaniach RG przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa operatorowi oraz ograniczeniu kosztów związanych z prowadzonymi ćwiczeniami. Istniejące rozwiązania symulacyjne opracowane w większości przypadków przez ich producentów przewidują realizację podstawowych zadań związanych z prawidłową eksploatacją sprzętu, nie uwzględniając specyfiki wykorzystania przez określoną grupę użytkowników.

2. Zakres szkoleń operatorów BPL

Podstawy dotyczące szkolenia operatorów BPL na potrzeby wojska, policji, służb inspekcyjnych, ratowniczych zostały opisane w publikacji [1] związanej z realizacją projektu badawczego OR000046040 „Platforma do projektowania i tworzenia oprogramowania komputerowych trenerów do robotów mobilnych inspekcyjno-mobilnych” i zawierają cele dotyczące:

- zapoznania z robotem/BPL, systemami sterowania funkcjami i trybem pracy;
- obserwacji-operowania kamerą wizyjną, jak również sensorami będącymi na wyposażeniu, oraz interpretacji otrzymanych wyników;
- jazdy robotem w różnych warunkach;
- operowania manipulatorem;
- działania BPL w ramach typowych zadań symulowanych.

Planowane szkolenie realizuje się w trakcie cyklu szkoleniowego trwającego ok. 30 godzin, w tym do 8 godzin przeznaczonych jest na bezpośrednią naukę serwisowania i prowadzenia BPL [1]. Do szkolenia używa się tylko rzeczywistych BPL. Stosowane są również elementy szkoleń oparte na płytach CD dostarczanych przez producentów BPL.

Próby szerszego zastosowania BPL podjęte zostały przy realizacji projektów badawczych, w których uczestniczyło CNBOP-PIB, takich jak „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych” oraz „Zintegrowany mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykryzysowe”. Efektem tych projektów jest bezzałogowa platforma lądowa (BPL) „STRAŻAK” przeznaczona do działań przy rozpoznaniu i likwidacji skutków awarii chemicznych w zakładach przemysłowych i transporcie materiałów niebezpiecznych oraz rodzina robotów. BPL Strażak dedykowany jest do pracy w środowisku, gdzie obecność człowieka powinna być ograniczona do minimum. Podstawowym zadaniem systemu wizyjnego jest zapewnienie bezpieczeństwa maszynie, operator musi mieć możliwość oceny czy zadanie, które ma wykonać nie naraża sterowanego pojazdu na niebezpieczeństwo bądź nie stwarza zagrożenia dla środowiska [2].

Efektem kolejnego projektu pt. „Zintegrowany, mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykryzysowe” jest rodzina BPL (MRM – mały robot mobilny, RMI – robot mobilny interwencyjny – średni, RMF – robot mobilny o zwiększonej funkcjonalności – duży) przedstawiono na ryc. 1. W celu zapoznania potencjalnych użytkowników z możliwościami wykorzystania sprzętu w działaniach ratowniczych, w szeregu zakładów przemysłowych przeprowadzono szkolenia z możliwości zastosowania BPL, symulując działania ratownicze. W ramach przeprowadzonych badań ankietowych osób biorących udział w szkoleniach istnieje możliwość określenia pożądanych przez respondentów właściwości, które powinna posiadać BPL. Większość ankietowanych pracuje w jednostkach ochrony przeciwpożarowej w przedziale od 5-20 lat i brała udział w co najmniej 300 akcjach ratownictwa technicznego i chemiczno-ekologicznego.

Respondenci po przeprowadzonych szkoleniach identyfikowali potrzebę prowadzenia zajęć z poniższej tematyki:

- ratownictwa chemicznego;
- ratownictwa biologicznego;
- działań rozpoznawczych.

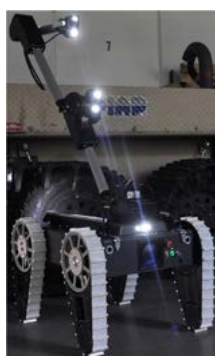
Zgłaszano również potrzebę wykonywania następujących ćwiczeń [3]:

- w zakresie przeciągania linii węzowych z osprzętem do neutralizacji zagrożeń;
- wykonywania manewrów na podłożu twardym i miękkim;
- podejmowania niebezpiecznych pojemników i ich transportu do wyznaczonego punktu;
- przekazywania obrazu i uzyskiwania danych z pomiarów;

- wykonywania czynności rozpoznawczych i pomiarowych z wykorzystaniem przyrządów pomiarowych będących na wyposażeniu jednostek straży pożarnych;
- doskonalenia jazdy w terenie i po schodach;
- dokonywania pomiarów za pomocą urządzeń pomiarowych mocowanych do ramienia robota;
- identyfikowania i transportu pojemników z substancjami niebezpiecznymi.



a)



b)



c)

Ryc. 1. Rodzina BPL z projektu PROTEUS (a-RMI, b- MRM, c-RFM) [3]

Fig. 1. Family BPL project PROTEUS (a-RMI, b- MRM, c-RFM) [3]

Przykładem kompleksowego systemu szkolenia jest program opracowany przez Naukowo-Badawczy Instytut Ochrony Przeciwpożarowej Ministerstwa Sytuacji Nadzwyczajnych Federacji Rosyjskiej (VNIPO), gdzie Bezałogowe Platformy Lądowe znajdują szerokie zastosowanie przy prowadzeniu działań ratowniczo-gaśniczych [4],[5]. Program szkolenia zawiera elementy związane z zasadami zapewnienia prawidłowego stanu technicznego oraz nadzoru nad prawidłową eksploatacją BPL. Należy zauważyć, że przeszkolenie personelu odbywa się przy wykorzystaniu rzeczywistego sprzętu bez stosowania rzeczywistości wirtualnej. Cykl szkoleniowy dla operatorów

BPL obejmuje 34 godz. zajęć w sześciu cyklach tematycznych:

- Cykl 1. Państwowy system zapobiegania i likwidacji sytuacji nadzwyczajnych (PCЧC) a naukowo-techniczna polityka MCzS Rosji. Obejmuje on zajęcia, w których przedstawiany jest rozwój BPL stosowanych w działaniach ratowniczych i gaśniczych z uwzględnieniem podziału na środki latające, pływające oraz jeżdżące wykorzystywane do usuwania sytuacji nadzwyczajnych i działań RG.
- Cykl 2. Współczesne środki do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. W ramach zajęć zostają omówione charakterystyki taktyczno-techniczne stosowanego sprzętu.
- Cykl 3. Przykłady taktycznego zastosowania ratowniczych i gaśniczych BPL. Przegląd wyposażenia dodatkowego BPL do prowadzenia działań RG oraz omówienie ich charakterystyk taktyczno-technicznych.
- Cykl 4. Omówienie podstawowych wymagań certyfikacyjnych stawianych BPL. Omówienie podstawowych aktów prawnych związanych z eksploatacją BPL w jednostkach MCzS.
- Cykl 5. Zajęcia praktyczne z taktycznego zastosowania BPL w działaniach ratowniczo-gaśniczych. Zapoznanie ze sprzętem wykorzystywanym w jednostkach MCzS. Przykładowe operacje w ramach działań ratowniczych i gaśniczych. Podstawowe prace z zakresu obsługi technicznej.

3. Podstawowe właściwości symulatorów wirtualnych i ich zastosowanie do prowadzenia szkoleń

Jednym z kierunków rozwoju systemów szkoleń specjalistycznych jest stosowanie symulatorów wirtualnych i trenażerów. Pojawienie się na rynku specjalizowanych symulatorów wirtualnych umożliwiających odwzorowanie obiektów z dużą dokładnością znacznie rozwinęło możliwości ich zastosowania do prowadzenia szkoleń specjalistycznych.

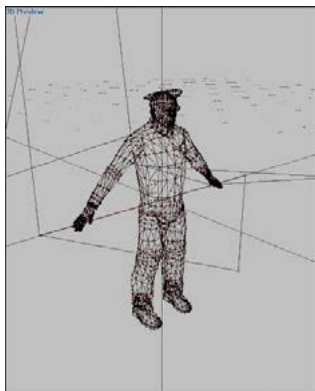
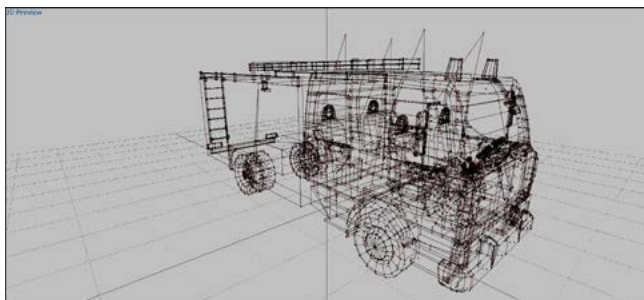
Zastosowanie symulatorów wirtualnych do szkolenia ma na celu zastąpienie świata rzeczywistego światem wirtualnym. Takie rozwiązanie dostarcza nowych możliwości w zakresie szkolenia pozwalając na prowadzenie ćwiczeń w świecie wirtualnym ale z wykorzystaniem obowiązujących procedur oraz z wykorzystaniem rzeczywistego wyposażenia lub zbliżonego do rzeczywistego.

Możliwości zastosowania symulatorów wirtualnych do prowadzenia szkoleń (w tym jako element trenażera) wynikają z następujących właściwości tych symulatorów [6],[7],[8],[9]:

- symulacja przebiegu scenariusza;
- możliwość budowy i modelowania własnych obiektów (pojazd bojowy, ludzie, budynki);
- możliwość budowy własnych map;
- możliwość budowy własnych scenariuszy;
- możliwość programowania warunków atmosferycznych oraz zachowania symulowanego środowiska naturalnego;

- możliwość ingerencji instruktora w trakcie symulacji (np. zablokowanie drogi);
- możliwość programowania zachowania obiektów (np. ludzie, pojazdy);
- możliwość rejestrowania i odtwarzania przebiegu symulacji (ang. *AAR – After Action Review*).

Środowiska symulacji wirtualnej takie jak VBS3 umożliwiają odwzorowanie wyglądu i funkcjonalności rzeczywistych obiektów. Przykładowy scenariusz do symulatora przedstawiono na ryc. 2.



Ryc. 2. Przykładowy scenariusz do symulatora [10]

Fig. 2. Exemplary scenario in the simulator [10]

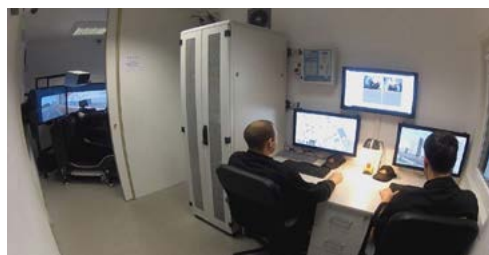
Z zastosowania zaawansowanych środowisk symulacyjnych wynikają następujące korzyści [12]:

- zmniejszenie kosztów szkoleń;
- ćwiczenie sytuacji, które są bardzo trudne do odtworzenia w rzeczywistości;
- ćwiczenie sytuacji, które nie są możliwe do odtworzenia w rzeczywistości ze względu na duże koszty lub duże zagrożenia dla ćwiczących;
- możliwość ćwiczenia efektywności procedur oraz weryfikacja nowych procedur;
- możliwość ćwiczenia z użyciem urządzeń, których jeszcze nie wyprodukowano.

Zaawansowane środowiska symulacji wirtualnej VBS3 umożliwiają budowę szerokiego zakresu stanowisk szkoleniowych. Środowiska symulacji wirtualnej charakteryzują się dużą wiernością symulowanych działań oraz wysoką jakością zobrazowania. Zasadniczymi komponentami środowisk symulacji wirtualnej są silniki symulacyjne i graficzne, których podstawowym zadaniem jest zarządzanie:

- symulacją;
- przetwarzaniem zdarzeń związanych z fizyką podstawowych zjawisk (m.in. kolizje, interakcje, uderzenia, zderzenia obiektów, balistyka, zjawiska meteorologiczne, efekty działań obiektów);
- procesem generowania obrazu (m.in. zobrazowanie terenu, obiektów, animacje, efekty);
- zachowaniem obiektów (AI) pojedynczych obiektów, np. żołnierzy, ludności cywilnej, zwierząt.

Przykładowym stanowiskiem szkoleniowym wykonanym z wykorzystaniem środowiska symulacji wirtualnej VBS2 jest stanowisko do szkolenia taktyki jazdy kierowców wozów bojowych PSP [7],[10] (ryc. 3).



Ryc. 3. Elementy symulatora kierowcy wozu bojowego PSP [7],[11]

Fig. 3. Elements of the simulator of vehicle PSP driver [7],[11]

4. Projekt wirtualnej platformy BPL w symulatorze VBS3

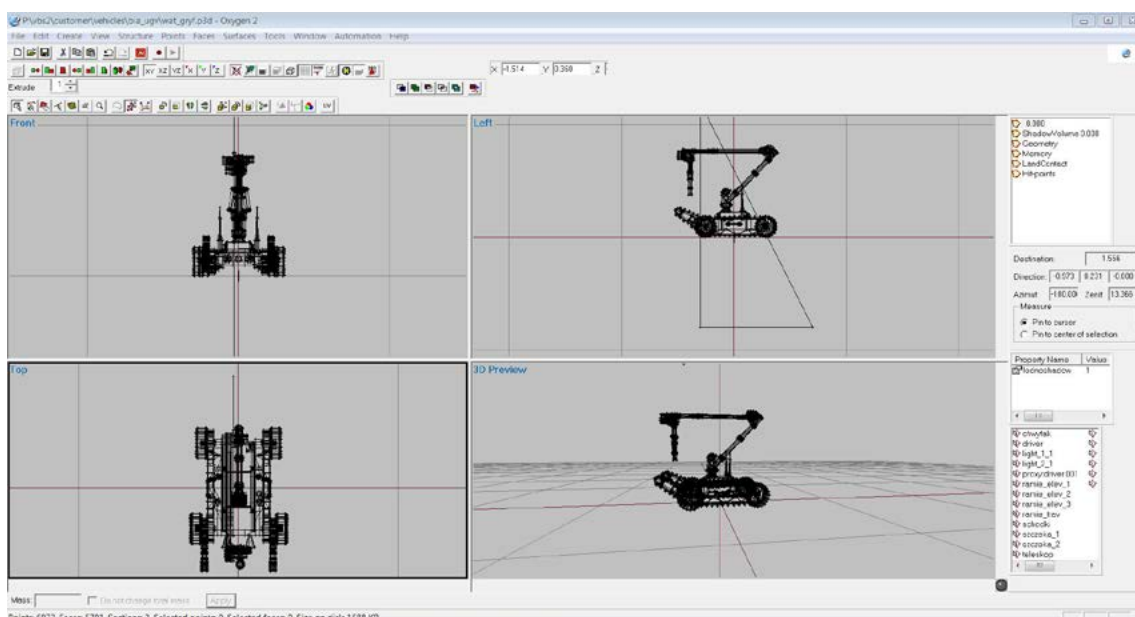
W dalszej części artykułu przedstawione zostały najważniejsze elementy przykładowego modelu wirtualnego BPL (ryc. 4) na potrzeby symulacji w środowisku VBS2 z wykorzystaniem programu Oxygen2. Zasady te nie ograniczają się wyłącznie do tego środowiska i są wykorzystywane także w innych silnikach symulacyjnych oraz w środowiskach deweloperskich innych producentów. W opracowaniu opisano elementy składowe modelu pojazdu oraz sposób jego konfiguracji i przykładowe realizacje tych elementów. Zaprezentowany model pojazdu ma wszystkie niezbędne elementy umożliwiające jego pełną symulację w środowisku VBS2:

- poruszanie się w środowisku wirtualnym;
- kolizje z innymi obiektami;
- widoki z kamer;
- sterowanie ramieniem;
- sterowanie chwytakiem.



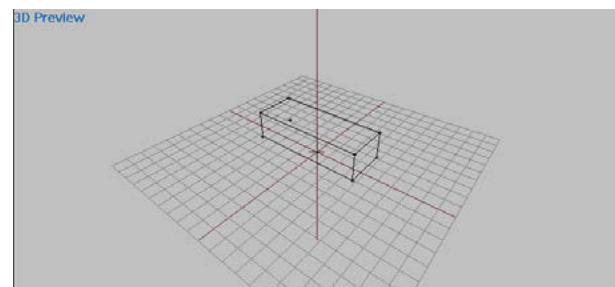
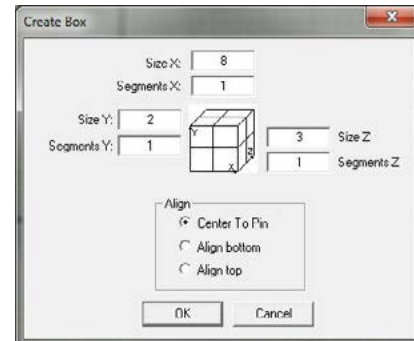
Ryc. 4. Przykładowy pojazd BPL w symulatorze wirtualnym [10]
Fig. 4. Example of vehicle BPL virtual simulator [10]

Widok głównego okna programu Oxygen2 przedstawia ryc. 5.



Ryc. 5. Okno główne programu Oxygen2 [10]
Fig. 5. Main window Oxygen2 [10]

Podstawowym elementem składowym projektu robota wirtualnego jest model siatki 3D uwzględniającej elementy składowego BPL. Siatki 3D modelu BPL składają się z pojedynczych podstawowych elementów składowych takich jak płaszczyzny lub bryły. Sposób tworzenia podstawowych brył przedstawiono na ryc. 6 i 7.



Ryc. 6. Tworzenie podstawowej bryły typu „Box” [10]
Fig. 6. Creating a basic body of a “Box” [10]

Z wykorzystaniem podstawowych brył tworzone są kolejne elementy modelu 3D robota. Poniższe ryciny przedstawiają elementy składowe siatki 3D (ryc. 8, ryc. 9, ryc. 10, ryc. 11).

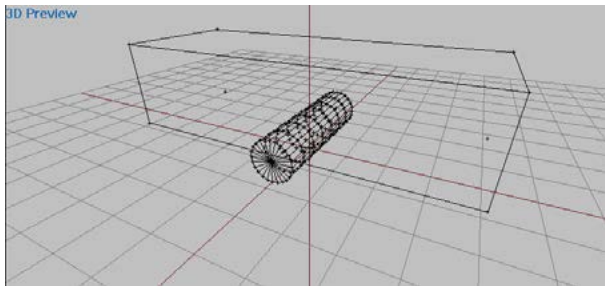
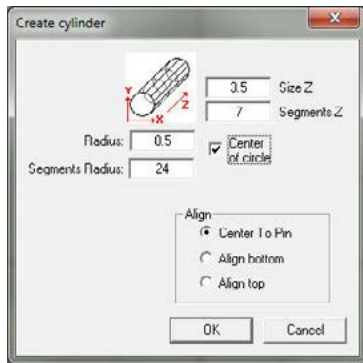


Рис. 7. Tworzenie podstawowej bryły typu „Cylinder” [10]
Fig. 7. Creating a basic body of a “cylinder” [10]

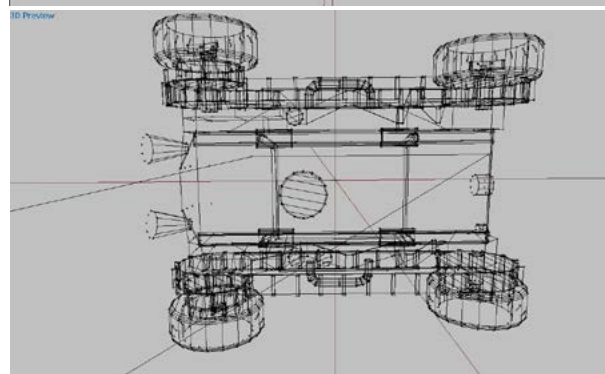
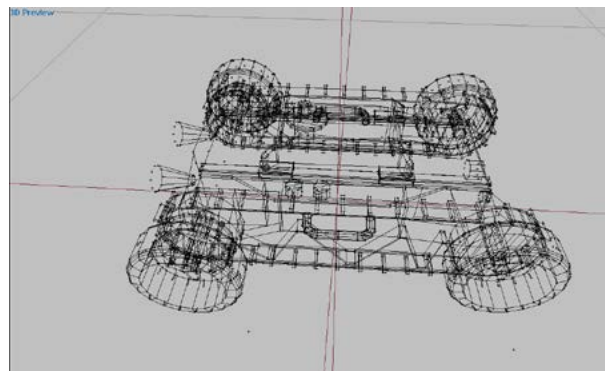


Рис. 8. Korpus robota z układem jezdny [10],[12]
Fig. 8. The body of the robot chassis development [10],[12]

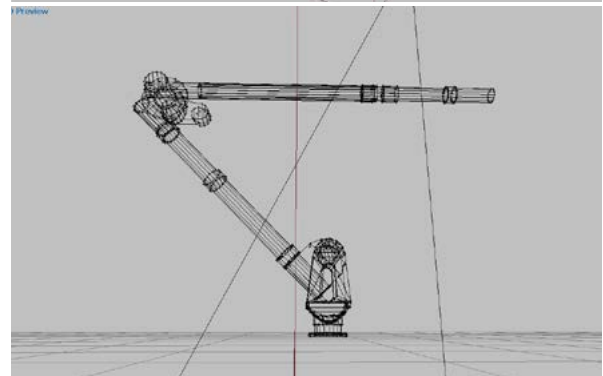
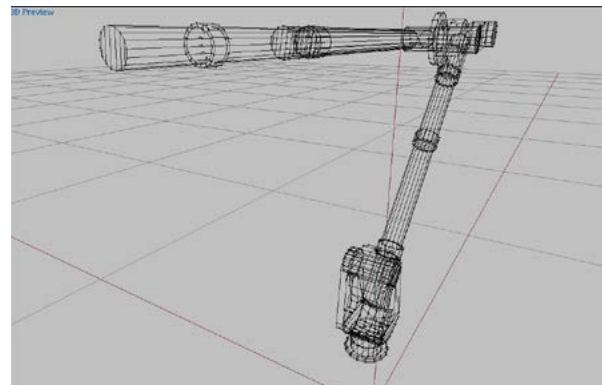


Рис. 9. Ramię robota z mechanizmem sterowania [10]
Fig. 9. Robot arm control mechanism [10]

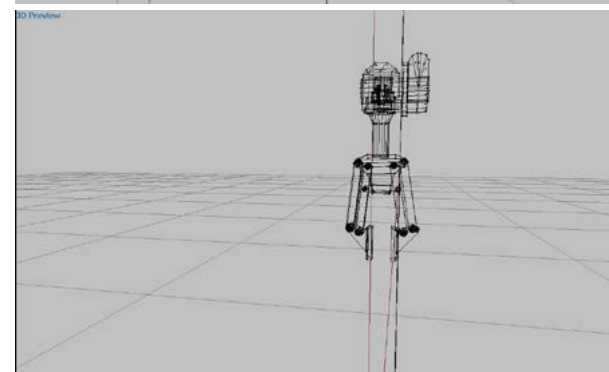
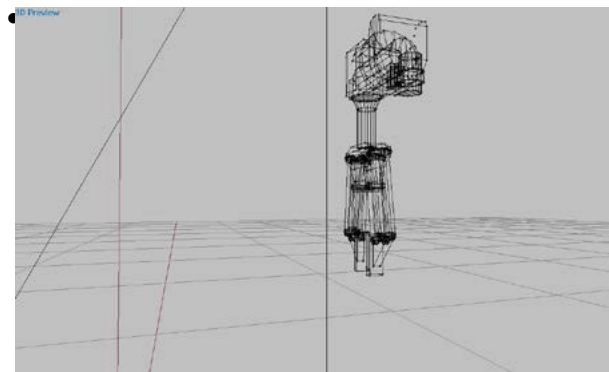
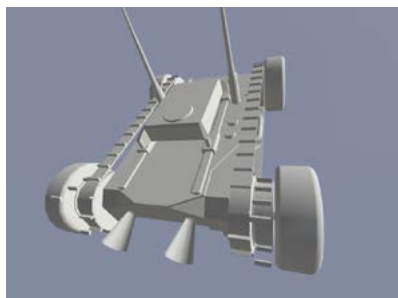


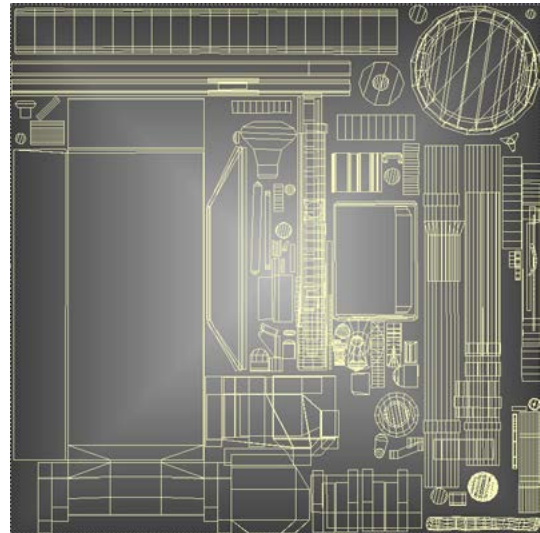
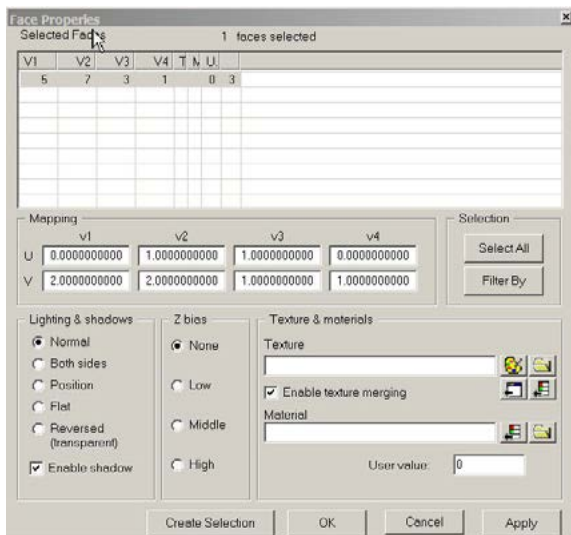
Рис. 10. Chwytnik robota z mechanizmem sterowania [10]
Fig. 10. Gripper robot control mechanism [10]



Ryc. 11. Widok 3D poszczególnych elementów składowych robota bez tekstur [10]

Fig. 11. 3D view of the various components robot without textures [10]

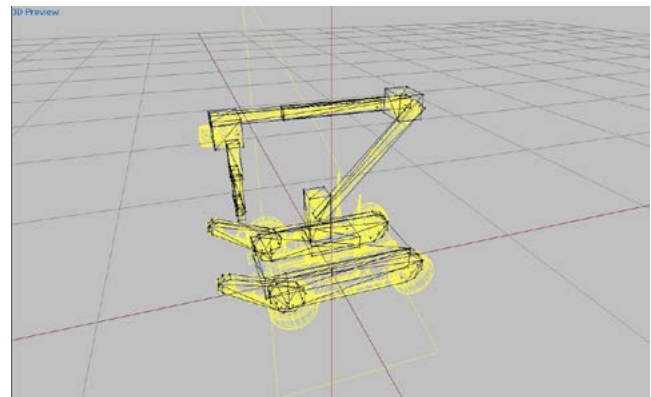
W końcowej fazie projektowania wszystkim powierzchniom elementów należy nadać różne kolory oraz tekstury odpowiadające wyglądowi rzeczywistego obiektu. W tym celu należy zaznaczyć powierzchnie, dla których ma być ustalany kolor lub tekstura (ryc. 12). Wszystkie tekstury przygotowywane są w plikach graficznych w formacie PAA.



Ryc. 12. Okno właściwości powierzchni oraz siatka do tworzenia tekstur [10]

Fig. 12. Properties window surface and mesh to create cardboard [10]

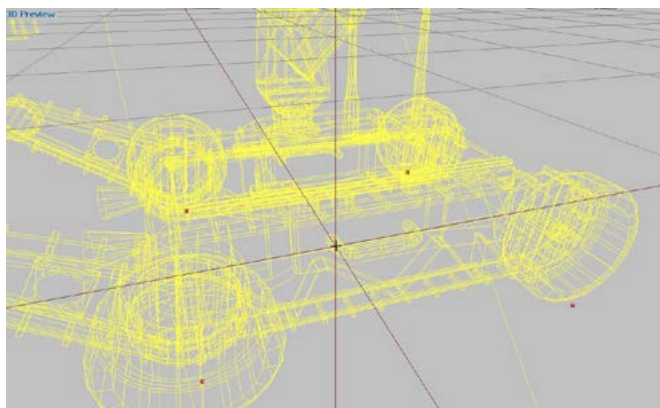
Przedstawiony model siatki 3D służy do wyświetlania obiektu w symulatorze wirtualnym. W celu umożliwienia prawidłowej interakcji robota z innymi obiektami występującymi w symulacji konieczne jest zdefiniowanie dodatkowych modeli. Podstawowym modelem jest model kolizji określający, jak wygląda bryła robota z punktu widzenia kolizji z innymi obiektami. Zazwyczaj (ze względów wydajnościowych) jest to uproszczony model siatki 3D. Ryc. 13 przedstawia model kolizji robota.



Ryc. 13. Model kolizji robota (widok siatki 3D oraz wizualizacja) [10]

Fig. 13. Model collision robot (grid view and 3D visualization) [10]

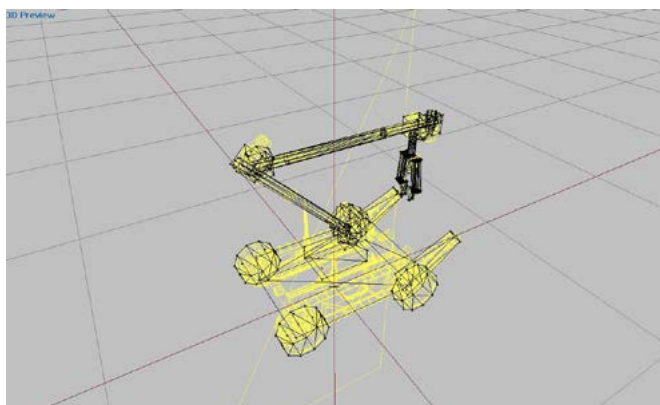
Prawidłowa interakcja z terenem wymaga zdefiniowania specjalnych elementów określających punkty kontaktowe z podłożem (ryc. 14).



Ryc. 14. Model kolizji robota (widok siatki 3D oraz wizualizacja) [10]

Fig. 14. Model collision robot (grid view and 3D visualization) [10]

Uzupełnieniem modelu jest model siatki 3D będącego podstawą generowania cienia w trakcie symulacji z uwzględnieniem aktualnego oświetlenia (ryc. 15). Zastosowanie modelu wzmacnia realizm funkcjonowania obiektów w symulacji.



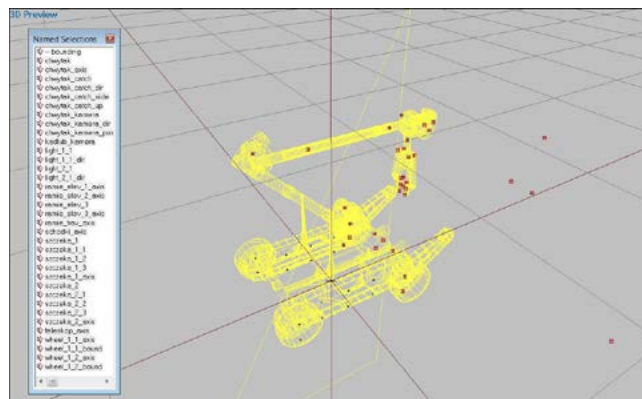
Ryc. 15. Model cienia robota (widok siatki 3D oraz wizualizacja) [10]

Fig. 15. Model shadow robot (grid view and 3D visualization) [10]



Jednym z najważniejszych elementów modelu wirtualnego są tzw. *memory points* stanowiące podstawę do oprogramowania logiki działania robota (ryc. 16). Punk-

ty te wykorzystywane są przez silnik symulacyjny do prawidłowej interakcji z otoczeniem oraz do oprogramowania specyficznej logiki działania robota jak na przykład chwytanie obiektów lub animacje ramienia.



Ryc. 16. Definicja tzw. memory points [10]

Fig. 16. Definition of the so-called. memory points [10]

Z modelem 3D związany jest zestaw skryptów implementujący zachowanie się poszczególnych elementów robota. W szczególności dotyczy to manipulowania ramieniem robota oraz chwytaniem. Robot wyposażony jest w dwie wirtualne kamery, których widok dostępny jest dla osoby szkolonej (ryc. 17).



Ryc. 17. Przykładowe widoki z kamer wirtualnych [10]

Fig. 17. Exemplary views obtained from virtual camera [10]

Dodatkowo konfiguruje się szkielet i model, w których zdefiniowane są połączenia pomiędzy poszczególnymi elementami modelu 3D oraz animacje. Fragment definicji szkieletu oraz modelu przedstawia poniżej listing.

```

class CfgSkeletons {
    class Default {
        isDiscrete = 1;
        skeletonInherit = "";
        skeletonBones[] = {};
    };
    class WAT_Gryf: Default {
        skeletonInherit = „Default“;
        skeletonBones[] = {„schodki“,““,
            „wheel_1_1_damper“,““,
            „wheel_2_1_damper“,““,
            „wheel_3_1_damper“,„schodki“,
            „wheel_1_2_damper“,““,
            „wheel_2_2_damper“,““,
            „wheel_3_2_damper“,„schodki“,
            „wheel_1_1“,““,
            „wheel_2_1“,““,
            „wheel_3_1“,„schodki“,
            „wheel_1_2“,““,
            „wheel_2_2“,““,
            „wheel_3_2“,„schodki“,
        };
    };
};

```

```

class CfgModels {
    class Default {
        sectionsInherit = „“;
        sections[] = {};
        skeletonName = „“;
    };
    class WAT_Gryf: Default {
        sectionsInherit = „Default“;
        sections[] = {};
        skeletonName = „WAT_Gryf“;
        class Animations {
            class wheel_1_1 {
                type = „rotationX“;
                source = „wheelL“;
                sourceAddress = „loop“;
                selection = „wheel_1_1“;
                axis = „wheel_1_1_axis“;
                memory = 1;
                angle0 = 0;
                angle1 = „rad -360“;
            };
        };
    };
};

```

Docelowy wygląd robota przedstawia rycina 18.



Ryc. 18. Model robota [10]
Fig. 18. Model of robot [10]

Sterowanie modelem robota wirtualnego można realizować z wykorzystaniem klawiatury lub dodatkowego kontrolera.

Budowa modeli pojazdów na potrzeby środowiska symulacji wirtualnej wymaga uwzględnienia wielu aspektów, które umożliwią jego prawidłowe funkcjonowanie w trakcie symulacji. Postać graficzna obiektu jest tylko jednym z wielu aspektów, które należy zdefiniować w modelu. Ważne jest określenie sposobu działania oraz zachowanie podstawowych zasad fizyki w interakcji z innymi obiektami symulacyjnymi.

5. Podsumowanie

Zastosowanie symulatorów wirtualnych do szkolenia operatorów BPL stanowi alternatywę dla kosztownych

i obarczonych dużym ryzykiem ćwiczeń na rzeczywistym sprzęcie. Zastosowanie różnorodnych scenariuszy zaimplementowanych w środowisku symulacji wirtualnej umożliwi przeprowadzenie szerokiego zakresu ćwiczeń w tym takich, których w rzeczywistych warunkach ze względów bezpieczeństwa nie przeprowadza się.

Ze względu na zaimplementowane właściwości środowiska symulacyjnego VBS2 istnieje możliwość integracji prowadzonych ćwiczeń, gdzie symulator stanowiska operatora BPL jest elementem szerszego ćwiczenia, w których uczestniczą inne osoby ćwiczące w odpowiednio wyposażonej sali szkoleniowej.

Literatura

1. Kaczmarczyk A., Kacprzak M., A. Masłowski A., *Wielopozycyjny trening symulacyjny w szkoleniu operatorów urządzeń. Zastosowanie do szkolenia operatorów robotów mobilnych*, „Elektronika”, Issue 11, 2009, pp. 92-96.
2. Projekt Rozwojowy OR00004812 „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych”, CNBOP-PIB, 2013.
3. Projekt Rozwojowy w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka „Zintegrowany, mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykrzysowe”, CNBOP-PIB, 2011.
4. Nastavlenie po tehnikeskoy sluzhbe Ministerstva Rossiyskoy Federatsii delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiyam i likvidatsii osledstviystikhinykh bedstviy, 2010 g.
5. Ovsyanik A., Agliullin R., Shikhalev D., Starcev V., *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii dlya podgotovki spetsialistov v oblasti pozharnoy bezopasnosti*, „Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashhenie, likvidatsiya” Issue 2, 2012, pp. 36-42.

6. Wantoch-Rekowski R. (red.), *Programowalne środowisko symulacji wirtualnej VBS2*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
7. Roguski J., Wantoch-Rekowski R., Koszela J., A. Majka, *Koncepcja symulatora do szkolenia kierowców wozów bojowych PSP w zakresie zadań realizowanych w ramach krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego*, BiTP, Vol. 28 Issue 4, 2012, pp. 71-81.
8. Koszela J., Drozdowski T., Wantoch-Rekowski R., *Przygotowanie danych terenowych na potrzeby symulacji wielorozdzielczej*, „Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe”, Vol. 31 Issue 3, 2012, pp. 109-118.
9. Koszela J., Wróblewski P., Szymańska A., Wantoch-Rekowski R., *Projekt i implementacja mechanizmów sztucznej inteligencji w środowisku symulacyjnym VBS2*, „Szybkobieżne Pojazdy Gaśnicowe”, Vol. 31 Issue 3, 2012, pp. 119-132.
10. Instalacja VBS2 VTK 2.0
11. Raport końcowy projektu pt. „Opracowanie nowoczesnych stanowisk szkoleniowych zwiększających skuteczność działań ratowników KSRG”. Numer projektu O ROB 0001 01/ID 1/3 finansowany ze środków Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (lata realizacji 2011-2013).
12. Wantoch-Rekowski R., Najgebauer A., Antkiewicz R., Koszela J., Kasprzyk R., Kulas W., Pierzchała D., Rulka J., Tarapata Z., Drozdowski T., *Projektowanie trenerów z wykorzystaniem symulatorów wirtualnych*, [w:] *Problemy modelowania i projektowania opartych na wiedzy systemów informatycznych na potrzeby bezpieczeństwa narodowego*, Nowicki T., Tarapata Z. (red. nauk.), Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2014.

dr inż. Jacek Roguski – jest adiunktem w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB. Naukowo i praktycznie zajmuje się aspektami związanymi z zagadnieniami ochrony osobistych, instalacji gaśni-

czych oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów i monografii oraz wystąpień na konferencjach krajowych i zagranicznych.

dr inż. Roman Wantoch-Rekowski – od roku 1992 jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej. Jest członkiem Zespołu Badawczego Modelowania, Symulacji i Informatycznego Wspomagania Decyzji w Sytuacjach Konfliktowych i Kryzysowych. Był kierownikiem własnych prac badawczych z zakresu analiz właściwości sieci neuronowych, kierownikiem prac rozwojowych finansowanych ze środków NCBiR oraz prac badawczych zamawianych. Jest współautorem systemów symulacyjnych wdrożonych w Siłach Zbrojnych RP. Jest autorem lub współautorem 10 monografii, 26 rozdziałów w monografiach, ponad 30 referatów na konferencjach krajowych oraz ponad 40 na konferencjach zagranicznych, jest specjalistą w zakresie metod sztucznej inteligencji oraz zastosowania zaawansowanych systemów symulacyjnych do ćwiczeń wspomaganych komputerowo.

inż. Konrad Szumiec – jest specjalistą w zakresie budowy modeli wirtualnych wykorzystywanych w różnych środowiskach symulacji wirtualnej. Specjalizuje się w modelowaniu zaawansowanych pojazdów uwzględniających ich paraperty techniczne, taktyczne oraz bojowe z uwzględnieniem interakcji z innymi obiektami symulacyjnymi.