



## ANALIZA MOŻLIWOŚCI OCENY EFEKTYWNOŚCI SYMULATORÓW SZKOLENIOWYCH NA PODSTAWIE SYSTEMU ŚNIEŻNIK

### ANALYSIS OF POSSIBILITIES FOR EVALUATION OF TRAINING SIMULA- TORS EFFICIENCY ON THE BASIS OF "SNIEZNIK" SYSTEM

Waldemar ŚWIDERSKI, Tomasz GŁOGOWSKI

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka  
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyński St., 05-220 Zielonka, Poland  
Author's e-mail address: swiderskiw@witu.mil.pl.; ORCID: 0000-0003-4040-2197

DOI 10.5604/01.3001.0013.7303

**Streszczenie:** Wskaźniki efektywności są prostymi narzędziami służącymi do pomiarów różnych czynników mających bezpośredni wpływ na osiągnięte wyniki. W artykule na przykładzie Systemu szkolno-treningowego do broni strzeleckiej Śnieżnik przeanalizowano możliwość wyboru modelu oceny efektywności symulatorów używanych do szkolenia w wojsku.

**Słowa kluczowe:** symulatory, system szkolno-treningowy do broni strzeleckiej, efektywność szkolenia, metody oceny efektywności

## 1. Wstęp

W ostatniej dekadzie szybki rozwój informatyki i elektroniki przyczynił się do wzrostu wydajności komputerów i układów do generowania obrazów. Umożliwiło to budowę środowisk wirtualnych początkowo wykorzystywanych w rozrywce, w różnego typu grach komputerowych, a następnie stworzenie technik symulacyjnych, znajdujących zastosowanie w pracy czy służbie. Stosuje się je między innymi jako narzędzia szkoleniowe z zakresu:

- zachowania i reagowania w specyficznych sytuacjach obciążonych wysokim stresem np. bezpośredniego zagrożenia życia;
- optymalnego przeprowadzenia procesu decyzyjnego oraz zarządzania w sytuacjach kryzysowych, np. dowodzenia na

**Abstract:** Efficiency indicators are simple tools for measuring various factors having a direct impact on the achieved results. A possibility for choosing a model, assessing the effectiveness of simulators used at training in the army, is analysed in the paper on the basis of small arms training system "Snieznik".

**Keywords:** simulators, training-practicing system for small arms, effectiveness of training, efficiency assessment methods

## 1. Introduction

Rapid development of electronic and informatic technologies has boosted the efficiency of computers and graphic generating units in the last decade. It led to development of virtual environments which were first used for entertainment purposes and computer games, and later to creation of simulating techniques which found practical implementations for businesses or services. Above all, they are used as training tools for:

- Behaviour and reaction at specific situations burdened by a high stress, for instance the life threat;
- Optimal run of a decision making process and a crisis situations management, e.g. commanding on the

polu walki, kierowania akcją ewakuacyjno-ratunkową;

a także:

- optymalnego posługiwania się, wykorzystania i obsługi urządzeń (np. broni wyposażonej w różnego rodzaju celowniki, środków łączności czy bardziej skomplikowanych systemów technicznych jak pojazdy, łodzie, statki powietrzne itp.).

Dotychczas szkolący się na urządzeniach treningowych (trenażerach) przeznaczonych do nauki i doskonalenia obsługi sprzętu zyskali możliwość działania w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Przykładami takich zastosowań są np. symulatory jazdy samochodowej (Lozia, 2012), symulator bezzałogowego systemu powietrznego (Bibik i Zasuwa, 2013), symulatory szkolenia pilotów (Kozuba, 2011), symulator łodzi operacyjnej (prototyp opracowany w ramach Systemu Śnieżnik) itp. W tych urządzeniach system wizualizacji generuje i wyświetla realistyczny obraz widziany przez szkolonego, np. kierowcę, dowódcę statku powietrznego, sternika-nawigatora. Wirtualne środowisko, w którym porusza się symulowany środek transportu - lądowy, powietrzny czy morski, obejmuje między innymi trójwymiarowy model terenu. Model ma różną morfologię, infrastrukturę, roślinność, różne przedmioty terenowe, ruchome modele obiektów. Całość uzupełniają zmienne warunki oświetleniowe (dzień, noc) i atmosferyczne (wiatr, deszcz, śnieg, mgła, śliska nawierzchnia, stany morza itp.). Symulatory tego typu pozwalają na stopniowanie trudności szkolenia. Początkowo mogą być stosowane do oceny predyspozycji kandydatów oraz nauczania posługiwania się i wykorzystania w wymaganych warunkach pracy. Na dalszych etapach szkolenia umożliwiają utrwalenie i doskonalenie nabytych umiejętności. Pozwalają również na zdobycie doświadczenia w przypadku awarii, w tym uszkodzeń poszczególnych podzespołów urządzenia. Osoba szkolona może w kontrolowanych warunkach zapoznać się z potencjalnymi sytuacjami zagrożenia / kryzysowymi oraz praktycznie przećwiczyć stosowanie właściwych procedur postępowania. Jak ważną rolę odgrywają obecnie symulatory, mogą świadczyć doniesienia prasowe doty-

battlefield, or managing a rescue-evacuation action;

And moreover:

- Optimal handling, use and maintenance of equipment (e.g. weapons with different sights, communication means, or more sophisticated technical systems such as vehicles, boats, aerial platforms, etc.).

Those who have been trained up to now on the training systems (trainers), designed for learning or perfecting the handling of the equipment, have gained a possibility for acting in quasi-realistic conditions. Simulators for car driving (Lozia, 2012), unmanned aerial systems (Bibik & Zasuwa, 2013), aircraft pilots training (Kozuba, 2011), operational boat (a prototype developed in the frame of Śnieżnik System), and others are some examples of such applications. These systems deploy a subsystem of visualisation which produces a realistic picture seen by a trainee e.g. driver, commander of aircraft platform, boat navigator. The virtual environment, where a simulated means of transport moves on land, air or sea, includes above all a three dimensional model of terrain. The model has different morphology, infrastructure, vegetation, terrain and moving models of objects. The wholesome is completed by changeable conditions of illumination (day, night) and atmosphere (wind, rain, snow, mist, slippery surface, sea weather). Such simulators can gradually change the level of training difficulties. Initially, they may be used for assessment of predispositions of candidates and for teaching the handling and using at the required conditions of operation. On the further stages of training they may be used for stabilisation and improvement of the acquired skills. Moreover, they can provide an experience in cases of malfunctions, including the defects of particular subunits of the equipment. The trainee may become acquainted at controlled conditions with potential situations of a threat/crisis to practice the proper procedures of actions. Press information concerning Boeing 737 MAX 8 accident in Ethiopia and claiming that the pilot has never flown with Boeing

czące katastrofy Boeinga 737 MAX 8 w Etiopii podające, że pilot tego samolotu nigdy nie latał na symulatorze Boeinga MAX (www.wprost.pl z dn. 21.03.2019 r.). Mogła to być jedna z przyczyn tej katastrofy.

Podobne rozwiązania stosowane są także w wojsku. Ze względu na wysokie koszty eksploatacji sprzętu wojskowego były używane różnego typu urządzenia treningowe (trenażery), a obecnie symulatory. W publikacji (Woźniak, Kukiełka i Woźniak, 2014) przedstawiono kilka przykładów takich rozwiązań (trenażer TK1 do szkolenia kierowcy KTO Rosomak, trenażer ORTLES-3M/K do szkolenia załóg BWP-1, trenażer BESKID-2M/K do szkolenia załóg czołgów T-72/T-72M1, stanowiska do szkolenia załóg czołgu PT-91, laserowe symulatory strzelań LSS – Czantoria). W szkoleniu wojska występują również bardziej rozbudowane w porównaniu z symulatorami pojedynczego sprzętu wojskowego systemy symulacyjne, do których należy zaliczyć System szkolno-treningowy do broni strzeleckiej Śnieżnik będący obecnie kompleksowym, modułowym systemem wsparcia szkolenia bojowego.

Truizmem jest stwierdzenie, że wykorzystanie w szkoleniu żołnierzy nowoczesnych trenażerów i symulatorów obniża koszty ich wyszkolenia, ułatwia organizację i uniezależnia od warunków meteorologicznych. Brakuje jednak metody, za pomocą której poddano by ocenie efektywność procesu szkolenia na trenażerach czy symulatorach. Próbę takiej oceny na przykładzie systemu szkolenia personelu lotniczego podjęto w pracy (Woźniak, Kukiełka i Woźniak, 2014) w której przedstawiono metody pomiaru i oceny efektywności systemów szkoleniowych za pomocą różnych modeli.

Artykuł zawiera przykłady modeli i metod oceny efektywności stosowanych w procesach szkoleniowych pracowników w przedsiębiorstwach. Na przykładzie Systemu Śnieżnik wskazano model oceny efektywności, który najbardziej odpowiada specyfice podobnych symulatorów używanych w szkoleniu wojska.

## **2. System Śnieżnik**

Śnieżnik jest kompleksowym systemem szkolenia ogniowego i taktycznego wykorzy-

MAX simulator (www.wprost.pl.21.03.2019) illustrates the importance of simulators. It could be one of the reasons of the accident.

Similar solutions are also used by the armed forces. The training systems (trainers), now simulators, were used due to the high costs of using the military equipment. In a publication (Woźniak, Kukiełka & Woźniak, 2014) are presented some examples of such solutions (trainer TK1 for training the driver of KTO “Rosomak”, trainer ORTLES-3M/K for training the crews of BWP-1, trainer BESKID-2M/K for training the crews of T-72/T-72M1 tanks, stand for training the crews of PT-91 tank, laser shooting simulators LSS – “Czantoria”). The armed forces deploy also more sophisticated simulating systems than the simulators of individual pieces of equipment, such as the training-practicing “Śnieżnik” System for small arms which now has the status of a complex, modular system supporting the combat training process.

It is a truism to say that the use of modern trainers and simulators for training the soldiers reduces the costs of their training, and facilitates the organisation of training at different weather conditions. But there is no method available to evaluate the efficiency of the training process on the trainers or simulators. An attempt of such evaluation was made on the example of a flight personnel training system in (Woźniak, Kukiełka & Woźniak, 2014) where some methods for measurement and evaluation of the training systems efficiency by different models are presented.

The paper includes examples of models and methods for efficiency evaluation used for training process of employees in commercial entities. The “Śnieżnik” System is an example presenting a model of efficiency evaluation which is most suitable for the specificity of similar simulators used by the armed forces for training.

## **2. “Śnieżnik” System**

“Śnieżnik” System is a complex training system for shooting at tactical level

stującym symulatory sprzętu bojowego, rzeczywistość wirtualną treningu żołnierzy, pododdziałów rozpoznawczych, zmechanizowanych i pancernych oraz innych rodzajów wojsk. Umożliwia odbywanie szkolenia ogniowego zarówno z broni strzeleckiej, czołgów, wozów bojowych, środków przeciwpancernych, środków przeciwlotniczych i artyleryjskich. Pierwszy system Śnieżnik, który powstał 15 lat temu w ramach współpracy firmy Autocomp Management Sp. z o.o. z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia, był multimedialną strzelnicą przeznaczoną do nauki, kontroli i oceny celowania z broni strzeleckiej. W wyniku prowadzonych prac badawczo-rozwojowych nad kolejnymi wersjami systemu opracowano i wdrożono szereg symulatorów uzbrojenia i stanowisk ogniowych, a także podniesiono jakość realistycznego zobrazowania 3D pola walki w wysokiej rozdzielczości. Dzięki modułowej strukturze system może być konfigurowany zgodnie z indywidualnymi potrzebami szkoleniowymi użytkownika.

W Systemie Śnieżnik zastosowano różne technologie jak np.:

- 1) Zobrazowanie trójwymiarowego, komputerowego modelu terenu wraz z sytuacją treningową:
  - w postaci jednolitego, panoramicznego obrazu wyświetlanego na płaskim ekranie;
  - w postaci jednolitego, otaczającego obrazu wyświetlanego na ekranie w postaci wycinka walca;
  - z wykorzystaniem gogli do obserwacji rzeczywistości wirtualnej;
  - z wykorzystaniem mikro wyświetlaczy w symulatorach celowników i urządzeń obserwacyjnych optycznych oraz optoelektronicznych, broni piechoty, systemów uzbrojenia oraz pojazdów;
- 2) określanie miejsca trafienia:
  - przez detekcję plamki wiązki światła emitowanego przez diodę lasera zamontowanego w symulatorze broni (Głogowski i in., 2017);
  - przez detekcję śladu cieplnego powstałego po uderzeniu pocisku amunicji bojowej lub ćwiczebnej wystrze-

that deploys the simulators of ordnance pieces, and the virtual reality for training the soldiers, and subunits of reconnaissance, mechanised, armoured, and other services troops. It provides the training on shooting with small arms, tanks, combat vehicles, and antitank, antiaircraft and artillery weapons. The first “Śnieżnik” System was developed 15 years ago in cooperation between the Autocomp Management Sp. z o.o. company and the Military Institute of Armament Technology as a multimedia firing range for teaching, examining and evaluating the aiming with small arms. Research-development work conducted on consecutive versions of the system effected both the development and implementation of a series of simulators for weapon systems and firing sites, and the increase of high resolution quality for 3D realistic image of the combat field. Due to its modular structure the system may be configurated according to individual training demands of users.

“Śnieżnik” System deploys different technologies such as:

- 1) Displaying a computerised three-dimensional terrain model with the training situation:
  - In the form of a uniform panoramic picture produced on a flat screen;
  - In the form of a uniform surrounding picture projected on a screen of cylindrical section;
  - By using goggles for virtual reality images;
  - By using micro-monitors in simulators of optical and optical-electronic sights and surveying instruments, and infantry guns, and weapon systems and vehicles;
- 2) Determination of the hitting spot:
  - Through detection of a light beam spot emitted by a laser diode integrated with the gun simulator (Głogowski et. al., 2017);
  - Through detection of a thermal trace produced in effect of the impact of live or drill ammunition fired with small arms (Świdorski

- lonych z broni strzeleckiej (Świdorski i in., 2018);
- przez orientowanie w przestrzeni symulatorów broni i systemów uzbrojenia;
- 3) ruchome platformy o sześciu stopniach swobody, na których montowane są kompleksowe symulatory stanowisk ogniowych pojazdów, śmigłowców, łodzi operacyjnej, wyposażone np. w stanowisko kierowcy, dowódcy statku powietrznego, sternika-nawigatora, uzupełnione o symulatory systemów łączności, nawigacji itp.;
  - 4) symulatory pojazdów „niskiego stopnia” odwzorowania stanowiska kierowcy, działonowego, dowódcy, wykonanych w wersjach stolikowych.

Aktualne wersje systemu przeznaczone są między innymi do realizowania :

- 1) ćwiczeń w obserwacji;
- 2) ćwiczeń przygotowawczych do strzelania;
- 3) strzelań szkolnych;
- 4) strzelań bojowych;
- 5) strzelań sytuacyjnych;
- 6) ćwiczeń w kierowaniu ogniem;
- 7) ćwiczeń w stosowaniu procedur operacyjnych pracy na sprzęcie;
- 8) nauki i doskonalenia:
  - zasad strzelania z różnych rodzajów i wzorów broni/systemów uzbrojenia;
  - wykorzystania różnych celowników oraz innego specjalistycznego oprzyrządowania;
  - manualnej obsługi broni/systemów uzbrojenia oraz budowy sprzętu.

### 3. Metody ocen efektywności systemów szkoleniowych

Kapitał ludzki jest kluczowym elementem wpływającym na konkurencyjność przedsiębiorstwa. Powiązany jest bezpośrednio z rozwojem wiedzy i umiejętności zatrudnionego personelu przedsiębiorstwa, a realizowany poprzez działalność szkoleniową (Urban, 2012). Możliwość finansowania szkoleń ze środków Unii Europejskiej spowodowało duże zainteresowanie. Wynikiem tego jest powstanie wielu firm zajmujących się różnorodną działalnością szkoleniową. Przedstawione

et al., 2018);

- Through spatial orientation of gun and weapon systems simulators;
- 3) Movable platforms with six degrees of freedom to integrate the complex simulators of firing sites for vehicles, helicopters, operational boats, which are equipped above all with the post for the driver, commander of the aerial platform, boat navigator, and completed by communication or navigation systems simulators, etc.;
  - 4) Simulators of vehicles made in desk versions and at a "low degree" of reality reconstruction for the posts of driver, gunner, and commander.

The current versions of the system are designed above all to perform:

- 1) Exercises in observation;
- 2) Exercises preparing for shooting;
- 3) Training shootings;
- 4) Live shootings;
- 5) Situational shootings;
- 6) Exercises on fire control;
- 7) Exercises on application of operational procedures on handling the equipment;
- 8) Teaching and improving the skills on:
  - Rules of firing with various types and models of guns/weapon systems;
  - Using various sights and other specialised instruments;
  - The structure of the equipment and manual handling of guns/weapon systems.

### 3. Efficiency Evaluating Methods for Training Systems

Human resources is a key factor affecting the competitiveness of a company. It is connected directly with company personnel know-how level, and is achieved by the training courses (Urban, 2012). The interest in them has increased due to possibility of financing by the European Union. In effect, a lot of companies have appeared to perform various types of training courses. Presented indicators of training courses efficiency eval-

wskaźniki oceny efektywności takich szkoleń umożliwiają wybór firmy, która ma przeprowadzić takie szkolenie. W tym celu są wykorzystywane znane już modele i metody oceny. Również powstały nowe, do których można zaliczyć metody statystyczne oraz modele oceny efektywności.

### 3.1. Metody statystyczne

Najbardziej popularne metody statystyczne pozwalające na sprawdzenie dużej liczby badanych zmiennych to analiza składowych głównych (PCA – Principal Components Analysis) i analiza czynnikowa (Factor Analysis – FA). Najczęstszym zastosowaniem tych metod jest opisanie danych o dużej liczbie cech przy pomocy mniejszej liczby cech, jednocześnie zachowując maksimum informacji. Ograniczenie liczby badanych zmiennych ułatwia interpretację wyników. Istnieje duże podobieństwo tych metod, ale występujące między nimi różnice w sposobie działania nie pozwalają na stosowanie zamiennie nazw tych metod (Czopek, 2013).

W przypadku PCA informacja jest mierzona wariancją. Umożliwia opisanie wielowymiarowych danych przy pomocy małej liczby nieskorelowanych współrzędnych, zachowując rozrzut między danymi. Polega na przekształceniu obserwowalnych zmiennych wejściowych w nowe, nieobserwowalne i zarazem nieskorelowane zmienne nazywane głównymi składowymi. Każda z głównych składowych jest liniową funkcją zmiennych wejściowych, a główne składowe są tak uporządkowane, aby wariancje kolejnych głównych składowych (stanowiące miarę ich zasobów informacyjnych o badanym zjawisku) były coraz mniejsze. Suma wariancji wszystkich zmiennych wejściowych jest równa sumie wariancji głównych składowych, co oznacza że przekształcenie zmiennych wejściowych w główne składowe nie prowadzi do żadnych strat informacji o badanym zjawisku. Kilka pierwszych głównych składowych zawiera zdecydowaną większość informacji o badanym zjawisku, dostarczanych przez zmienne wejściowe, co pozwala na redukcję liczby głównych skła-

uation can be useful at the selection of a company for execution of the training. For this reason the existing models and methods of evaluation are used. Moreover, some new ones such as statistical methods and models of efficiency evaluation were created.

### 3.1. Statistical Methods

Principal Components Analysis (PCA) and Factor Analysis (FA) are the most popular statistical methods examining a large number of investigated variables. A most typical application of these methods describes the data with the large number of parameters by a smaller number of parameters at preserving the maximum of information. Reduction of number of investigated variables improves the interpretation of results. There is a great similarity between these methods, but the existing differences cannot allow for mixing their names (Czopek, 2013).

In the case of PCA the information is measured by the variance. It describes the multidimensional data by a little number of uncorrelated coordinates and preserves the dispersion between data values. It is based on the replacing of observable input variables by the new unobservable and uncorrelated variables named as the principal components. Each principal component is a linear function of the input variables, whereas the principle components are arranged in a way providing a gradual decreasing of variances for successive principle components (constituting a measure of their information capacities about the investigated phenomenon). The sum of variances for all input variables is equal to the sum of principle component variances, what means that the transformation of input variables into the principle components does not cause any loss of information about the investigated event. Some first principle components contain decisive gross of information about the investigated event, provided by the input variables, what allows for reduction of principle components at possibly low loss of input infor-

dowych przy możliwie małej stracie informacji wejściowych.

Analiza czynnikowa (FA) jest metodą badania struktury leżącej u podstaw związków obserwowanych między zmiennymi. Celem tej metody jest sprowadzenie zaobserwowanych korelacji (kowariancji) między wieloma zmiennymi do niedużej liczby wyjaśniających je zmiennych nieobserwowalnych wspólnych czynników. W modelu analizy czynnikowej przyjmuje się, że na każdą ze skorelowanych ze sobą zmiennych wpływają w różnym stopniu wspólne czynniki, które wyjaśniają zaobserwowaną korelację. Wariancja zmiennych dzieli się na: wariancję wspólną, podzielaną przez zmienne z zestawu (wyjaśnioną przez czynniki wspólne); część wariancji zmiennej wyjaśnioną przez wspólne czynniki nazywamy jej zasobem zmienności wspólnej (communality); wariancję swoistą każdej ze zmiennych, niesprowadzalną do współzmienności wywołanej oddziaływaniem wspólnych czynników. Tę ostatnią dzieli się jeszcze na wariancję specyficzną zmiennej oraz wariancję wynikającą z błędu. Celem analizy czynnikowej jest wyjaśnienie zasobu zmienności wspólnej mierzonych zmiennych (Górniak, 1998).

### **3.2. Modele oceny efektywności szkoleń**

#### **3.2.1. Model Kirkpatricka'a**

Metoda opiera się na analizie efektywności na 4 poziomach, tworzących powiązany ze sobą łańcuch (reakcje, wiedza, zachowania, rezultaty). Model Kirkpatricka posługuje się pojęciem ROE (Return on Expectations), a więc ocenia skuteczność szkolenia, porównując osiągnięte efekty z oczekiwanymi. Cztery poziomy oceny są ze sobą ściśle powiązane w taki sposób, że każdy następny jest zależny od poprzedniego. Ocena efektywności szkolenia to odpowiedź na cztery pytania zadawane na kolejnych poziomach (Kirkpatrick, 2001):

- Poziom 4 Rezultaty: W jakim stopniu zostały osiągnięte założone rezultaty jako wynik szkolenia/ projektu i zastosowanych działań wdrożeniowych?
- Poziom 3 Zachowania: W jakim stopniu uczestnicy stosują to, czego się na-

mation.

The factor analysis (FA) is a method investigating a structure which is the basis of relations observed between the variables. The method is aimed to convert the observed correlations (covariances) between many variables into a small number of explaining them variables of the unobserved common factors. The factor analysis model accepts that each of the mutually correlated variables is influenced in various degree by the common factors which explain the observed correlation. The variance of variables may be divided on: a common variance, which is shared by the variables of the system (explained by the common factors); a part of the variable variance explained by the common factors is named as its capacity of common variability (communality); an eigen variance of each variable, which cannot be reduced to common variability, effected by the action of the common factors. The last one is still divided on the specific variance of the variable and on the variance resulting from the error. The factor analysis is aimed to explain the communality capacities for measured variables (Górniak, 1998).

### **3.2. Training Efficiency Evaluation Models**

#### **3.2.1. Kirkpatrick's Model**

The method is based on the analysis of efficiencies on 4 levels, creating a mutually dependent chain (reactions, knowledge, behaviours, results). The Kirkpatrick's model employs a notion of ROE (Return on Expectations) comparing the received and expected effects to assess the efficiency of training. The four levels are strictly linked as each next one depends on the former. Training efficiency evaluation answers to following questions put on the consecutive levels (Kirkpatrick, 2001):

- Results - 4 level: In what degree were the assumed effects achieved as a result of a training/project and applied implementations?
- Behaviours - 3 level: In what degree

uczyli na szkoleniu po powrocie do pracy?

- Poziom 2 Uczenie: W jakim stopniu uczestnicy nabyli wiedzę, umiejętności, postawy dzięki udziałowi w szkoleniu?
- Poziom 1 Reakcja: W jakim stopniu uczestnicy pozytywnie zareagowali na szkolenie?

### 3.2.2. Model Philips'a

J. J. Phillips rozwinął koncepcję Kirkpatrick'a, dodając poziom piąty i wskazując sposób na obliczenie wskaźnika zwrotu z inwestycji przy wykorzystaniu danych zgromadzonych na wspomnianych powyżej w modelu Kirkpatrick'a czterech poziomach (Hoffmann i Piłat, 2011). Wprowadził miarę efektywności ROI (Return on Investment) (Phillips i Zuniga, 2008). Pozwala oszacować efekty szkolenia w kwotach pieniężnych.

### 3.2.3. Model Scriven'a

Ten model nosi nazwę "Goal-free evaluation model". Sam model jest niezależny od metody badawczej, pod warunkiem, że ewaluacja dokonywana jest przez niezależnych, zewnętrznych audytorów oraz, że nie znają oni celu, jakiego miało służyć szkolenie. Jeżeli efekty szkolenia zidentyfikowane przez audytorów są zgodne z celami zakładanymi dla szkolenia (których audytor nie zna), to szkolenie należy uznać za skuteczne. Możliwe jest jednocześnie, że w wyniku szkolenia pojawią się dodatkowe korzyści, których nie zakładano na etapie formułowania celów.

### 3.2.4. Model Brinkerhoff'a

Zakłada sześć poziomów przeprowadzenia oceny. Na każdym poziomie można zadać szereg pytań pomocniczych, by uzyskać bardziej szczegółowe dane. Do tych poziomów należą (Głowicki, 2015):

- Ustalanie celów – Jakie są potrzeby? Czy to są rzeczywiste potrzeby?
- Struktura szkolenia – Czego wymaga zaspokojenie tych potrzeb? Czy ta struktura pozwoli zaspokoić potrzeby?

do trainees follow the learned knowledge after returning to work?

- Learning - 2 level: In what degree have trainees acquired the knowledge, skills and attitudes due to the training?
- Reaction - 1 level: In what degree have the trainees reacted positively to the training?

### 3.2.2. Philips' Model

J. J. Phillips has developed the Kirkpatrick's concept by adding the fifth level and indicating a method for calculation of the return rate from the investment by using the data collected at the four levels of the Kirkpatrick's model, mentioned above (Hoffmann & Piłat, 2011). He has introduced a measure of efficiency ROI (Return on Investment) (Phillips & Zuniga, 2008). It can estimate the effects of training by financial assets.

### 3.2.3. Scriven's Model

This model is named as "Goal-free Evaluation Model". The mere model is independent on investigation method when the evaluation is performed by independent outside auditors, and the aim of training is unknown for them. If effects of the training identified by the auditors comply with objectives accepted for the training (unknown for auditors), then it may be counted as efficient. It is also possible that some additional benefits may appear as the result of the training, which were not initially formulated as the objectives.

### 3.2.4. Brinkerhoff's Model

It accepts six levels of evaluation. On the first level some additional questions may be asked to get more detailed data. These levels comprise (Głowicki, 2015):

- Formulation of objectives – What are the needs? Are they the real needs?
- Training structure – What is demanded for meeting these needs? Can the structure comply with the needs?
- Execution of the curriculum – How



- Realizacja programu – Jak oceniacie program w praktyce?
- Doraźne efekty – Czy uczestnicy nauczyli się czegoś? Czego?
- Efekty lub wykorzystanie efektów na etapie pośrednim – Czy uczestnicy wykorzystują to, czego nauczyli się podczas szkolenia?
- Wpływ (efekty długofalowe) i wartość – Czy szkolenie doprowadziło do istotnych lub trwalszych zmian w organizacjach uczestników i wpłynęło w widoczny sposób na ich rozwój indywidualny?

### 3.2.5. Model SEB/SEA

Model SEB/SEA został stworzony przez Pawła Kopijera. Model SEB/SEA jest modelem efektywności biznesowej szkoleń. Stanowi on połączenie trzech koncepcji. Pierwsza to model Kirkpatricka, druga to koncepcja zarządzania procesowego, a trzecia to elementy metodyki ROI. Model Kirkpatricka został rozpisany na czynności wykonywane w procesie zarządzania szkoleniami w firmach, co ułatwia jego operacyjne wdrożenie.

### 3.2.6. Model Effect Factor

Effect Factor jest oparty na modelu Kirkpatricka i mierzy skuteczność na 4 poziomach (reakcji, wiedzy, zachowań, rezultatów). Fundamentem modelu są cele szkolenia ustalone precyzyjnie dla wszystkich 4 poziomów. Cele muszą być sformułowane w taki sposób, aby były bezpośrednio związane ze szkoleniem, to znaczy w taki sposób, aby szkolenie mogło się bezpośrednio przyczynić do ich osiągnięcia. W ten sposób rozwiązany jest problem izolowania wpływu szkolenia na wyniki od innych czynników. Effect Factor zakłada również tę samą metodę badawczą dla wszystkich szkoleń i innych wydarzeń rozwojowych (konferencje, książki, coaching itp).

### 3.2.7. Model Hamblina

Koncepcja Anthony'ego Hamblina jest podobna do modelu Kirkpatricka, jednak autor proponuje poszerzyć model o poziom pią-

- the curriculum is assessed in practice?
- Summary effects – Have the trainees learned anything? What have they learned?
- Effects or employment of effects at the intermediate stage – Do trainees use what they learned at the training?
- Influence (long term effects) and value – Has the training caused any essential or permanent changes within institutions of trainees and affected in visible way their individual progress?

### 3.2.5. Model SEB/SEA

Model SEB/SEA was created by Pawel Kopijer. Model SEB/SEA is a model of business efficiency for trainings. It combines three concepts. The first one is the Kirkpatrick's model, the second is a concept of a processing management, and the third contains some components of ROI methodology. The Kirkpatrick's model was divided on the activities performed in companies during the process of governing the training courses to facilitate its operational implementation.

### 3.2.6. Model Effect Factor

Effect Factor is based on the Kirkpatrick's model and identifies the efficiency at 4 levels (reaction, knowledge, behaviours, results). The training objectives set precisely for each of the 4 levels is a foundation of the model. The objectives have to be formulated in a way indicating their direct connection with training, i.e. in the way which directly secures they are achieved. In such way a solution was found to a question of separating an influence of other factors onto the training effects. The Effect Factor also assumes the same investigating method for all trainings and other progressive events (conferences, books, coaching, etc.).

### 3.2.7. Hamblin's Model

Anthony Hamblin's concept is similar to the Kirkpatrick's one but the author proposes to extend the model by a fifth

ty, nazywając go poziomem celów ostatecznych. Tu Hamblin opisuje proces analizy poszkoleniowej, który dotyczy wartości społecznych i kulturowych organizacji. Należy także pamiętać, iż momentem początkowym w podjętym szkoleniu powinny być wyznaczone wcześniej cele. Jednak w niektórych sytuacjach dokładne ich definiowanie nie jest możliwe i konieczne (Woźniak, Kozioł 2012).

W koncepcji Hamblina ocenę szkolenia rozpocząć można na dowolnym poziomie. Jeżeli jednak wyniki będą wskazywały, że ostateczne korzyści płynące ze szkolenia są mniejsze od oczekiwanych, to warto cofnąć się, poszukując przyczyn niepowodzenia na wcześniejszych etapach. W idealnych warunkach ocena szkolenia powinna rozpocząć się na czwartym, a zakończyć na piątym poziomie (Głowicki, 2015).

#### 4. Podsumowanie

Wszystkie z analizowanych modeli opierają się głównie o subiektywną ocenę uczestników szkolenia i ekspertów na poszczególnych poziomach szkolenia. Wszystkie przedstawione modele są modyfikacją klasycznego modelu Kirkpatricka. Każdy z tych modeli ma mocne i słabe strony. Najtrudniejszą jest ocena ekonomiczna korzyści finansowych dla pracodawcy i uczestników szkolenia wynikających z nabytej przez nich wiedzy i umiejętności. Miara efektywności szkolenia ROI jest wprowadzona w modelu Philips'a. Model ten ma również słabsze strony, do których należą: wysokie koszty wdrożenia, czasochłonność oraz nieopłacalność w przypadku małych programów. Oceniając efektywność szkolenia, należy także brać pod uwagę wyniki niefinansowe, które w dłuższej perspektywie będą generować wskaźniki wymierne.

Reasumując, w ocenie efektywności systemu Śnieżnik ze względu na sam proces szkolenia można zastosować model Kirkpatricka. Na wszystkich poziomach tego modelu można użyć mierzalnych wskaźników oceny Systemu Śnieżnik:

- 1) Na poziomie 1. Reakcja (*W jakim stopniu uczestnicy pozytywnie zareagowali na szkolenie?*).

level which is named as the level of final objectives. Here, Hamblin describes a process of post-training analysis concerning the social and cultural values of an entity. Anyway, it has to be remembered that the earlier specified objectives have to be an initial moment of the undertaken training. But in some situations it is not possible and necessary to define them precisely (Woźniak, Kozioł 2012).

According to Hamblin's concept the training may be started at any level. But if the results show that the final effects of the training are lesser than expected then it is worth to go back and search a reason of the failure on the former stages. In perfect conditions the evaluation of the training has to begin on the fourth level and end on the fifth level (Głowicki, 2015).

#### 4. Summary

Each of analysed models is mainly based on a subjective assessment of the trainees and experts at the specific levels of training. Each of presented models is a modification of the Kirkpatrick's classical model. Each of the models has advantages and disadvantages. Evaluation of economic benefits for the employer and trainees resulting from the acquired knowledge and skills is the most difficult matter. Training efficiency measure ROI is introduced in the Philips' model. This model also has some drawbacks such as: high costs, and time-consuming and unprofitable implementation for small programs. The assessment of the training has to count also the unfinancial results which will generate the measurable values at longer time perspective.

Summing it up, the Kirkpatrick's model may be used to evaluate merely the efficiency of "Śnieżnik" System training process. The measurable evaluation indicators of "Śnieżnik" System may be used at all levels of this model:

- 1) Level 1. Reaction (*In what degree did the trainees represent a positive reaction to the training?*).
- 2) When the soldiers complete a part

- 2) Po odbyciu przez żołnierzy fragmentu cyklu szkolenia z wykorzystaniem Systemu Śnieżnik obejmującego wskazany/referencyjny zakres szkoleniowy, na podstawie wypełnionej ankiety, uczestnicy subiektywnie ocenią możliwości i właściwości szkoleniowe systemu. Określą także, czy chcieli by na stałe korzystać z symulatora jako narzędzia szkoleniowego. Wykonają to w odniesieniu do własnych doświadczeń z dotychczas odbywanych szkoleń. Oceny tej należy dokonać po początkowym fragmencie cyklu szkolenia, np. pierwszych lub drugich zajęciach. Uzyskane informacje pozwolą na wprowadzenie modyfikacji procedur użycia systemu w procesie szkolenia.
  - 3) Na poziomie 2. *Uczenie (W jakim stopniu uczestnicy nabyli wiedzę, umiejętności...?).*
  - 4) Po odbyciu przez żołnierzy cyklu szkolenia z wykorzystaniem Systemu Śnieżnik obejmującego wskazany/referencyjny zakres szkoleniowy, należy zdiagnozować szeroki wachlarz nabytych umiejętności, wykorzystując do tego testy weryfikujące wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne. Testy należy przeprowadzić w dwóch etapach, tj. po pierwszych zajęciach, a następnie po zakończeniu szkolenia.
  - 5) Na poziomie 3. *Zachowanie (W jakim stopniu uczestnicy stosują w codziennej pracy to, czego się nauczyli na szkoleniu?).*
  - 6) Po odbyciu przez żołnierzy cyklu szkolenia z wykorzystaniem Systemu Śnieżnik, obejmującego wskazany/referencyjny zakres szkoleniowy, w chwili rozpoczęcia dalszej służby, należy porównać wyniki uzyskane przez nich w szkoleniu z wynikami żołnierzy, którzy realizowali cykl szkolenia jedynie w warunkach poligonowych (strzelnica, obsługa sprzętu bojowego),
  - 7) Na poziomie 4. *Rezultaty (W jakim stopniu zostały osiągnięte założone rezultaty jako wyniki szkolenia i zastosowanych działań wdrożeniowych?).*
- of the training process on “Śnieżnik” System comprising an indicated/referential curriculum then the trainees will fill a questionnaire form to provide a subjective assessment for the system’s training capacities and performance. They also decide if they want to use the simulator on a regular basis as a training tool. They do this in reference to own experience gained at previous training courses. The evaluation has to be done at the initial part of the training course e.g. at the first or second session. The received information can be used to modify the procedures of using the system in the training process.
- 3) Level 2. *Learning (In what degree have the trainees acquired the knowledge, skills...?).*
  - 4) When the soldiers complete a part of the training process on “Śnieżnik” System comprising an indicated/referential curriculum then a wide range of acquired skills has to be assessed by tests verifying theoretical knowledge and practical skills. The tests have to be conducted at two stages, i.e. after the initial sessions and after termination of the training.
  - 5) Level 3. *Behaviour (In what degree do the trainees employ at everyday work what they learned on the training?).*
  - 6) When the soldiers complete a part of the training process on “Śnieżnik” System comprising an indicated/referential curriculum then after returning to the regular service their skills have to be compared with the soldiers who attended the curriculum exclusively at the range conditions (firing range, handling the ordnance).
  - 7) Level 4. *Results (For what degree were the assumed objectives achieved due to the training and deployed implementing activities?).*
  - 8) In this case the evaluation is the

8) W tym przypadku poziom oceny jest najtrudniejszym i najbardziej złożonym zadaniem. Odnosi się do praktycznie uzyskanych umiejętności wykorzystywanych w codziennej służbie:

- posługiwanie się uzbrojeniem/systemami uzbrojenia (np. szybkości przygotowania do prowadzenia ognia, usunięcia zacięć, manualnej obsługi, optymalnego wykorzystania celowników i w praktyce prowadzenia celnego ognia);
- działanie według procedur operacyjnych określonych dla danego sprzętu;
- dowodzenie i kierowanie ogniem, a także współdziałanie w składzie obsługi, załogi, drużyny, plutonu itd.;

jak i

- ekonomicznej efektywności szkolenia, którą można oszacować na podstawie oszczędności np. w zużyciu środków bojowych, paliwa, motogodzin pracy sprzętu oraz oszczędności wynikających z potrzeby zabezpieczenia placów ćwiczeń, przygotowania przestrzeni ćwiczenia np. „wystawienia” realistycznych celów lub wymuszenia realistycznego przebiegu zdarzeń zakładanej sytuacji treningowej itp.;

a także:

- podniesienia poziomu bezpieczeństwa osób ćwiczących i otoczenia.

Potrzebny jest dobór odpowiednich wskaźników, w tym ekonomicznych oraz metod ich obliczenia.

Metody statystyczne powinny zostać wykorzystane przy analizie ankiet i wyników uzyskanych w trakcie szkolenia. Jest to konieczne w celu redukcji liczby zmiennych, klasyfikacji zmiennych, ustalenia wag określających znaczenie, jakie należy przypisać poszczególnym zmiennym i czynnikom podczas analizy. W tym celu można użyć modułu z programu STATISTICA, za pomocą którego można obliczyć składowe główne.

Planowane są dalsze prace związane z oceną efektywności systemu „Śnieżnik”, które będą przedstawione w kolejnych publikacjach.

most difficult and complicated question. It refers to acquired practical skills which are employed at everyday service:

- Using the ordnance/weapon systems (e.g. time needed for starting the fire, removal of malfunctions, handling, optimal use of sights and the accurate firing in practice);
- Acting in accordance to operational procedures specified for particular equipment;
- Commanding and controlling the fire and working together as a member of the crew, personnel, team or squad, etc.;

And,

- Economic efficiency of the training which may be estimated on the base of savings such as the consumption of combat assets, fuel, working hours of the equipment, and the savings on the protection of training grounds, and the preparation of training environment like e.g. “installation” of realistic targets, or the enforcement of a realistic course of events for the assumed training scenario, etc.;

And also,

- Improving the safety of trainees and the environment.

A selection of suitable indicators, including also the economical ones, and the methods of their calculation is needed.

The statistical methods have to be used to analyse the questionnaires and the results achieved during the training. It is needed to reduce the number of variables, and to set the weights determining the meaning of particular variables and factors at the analysis. For this reason a module from program STATISTICA may be used to calculate the main components.

The work on the evaluation of “Śnieżnik” System efficiency will be continued and the results will be published.

## **Literatura / Literature**

- Bibik, P. i Zasuwa, M. (2013). Opracowanie symulatora treningowego bezzałogowego systemu powietrznego, *Prace Instytutu Lotnictwa*, 231, 42-51.
- Brzeziński, M. (2018). *Modelowanie systemów i procesów logistycznych w aspekcie technologii podwójnego zastosowania*. Warszawa: WAT.
- Czopek, A. (2013). Analiza porównawcza efektywności metod redukcji zmiennych – analiza składowych głównych i analiza czynnikowa, *Studia Ekonomiczne / Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach*, 132. Zastosowania metod matematycznych w ekonomii i zarządzaniu, 7-23.
- Głogowski, T., Hłosta, P., Stępnik, S., Świdorski, W. (2017). Optoelectronics Applications in Multimedia Shooting Training Systems: SPARTAN, *Proceedings of SPIE 10433, Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications XIV*, Vol. 10433.
- Głowicki, P. (2015). Przegląd rozwiązań w zakresie oceny efektywności szkoleń, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 386, 64-77.
- Górniak, J. (1998). Analiza czynnikowa i analiza głównych składowych. *ASK. Research and Methods*, 7(1), 83-102.
- Hoffmann, K. i Piłat, M. (2011). Zastosowanie metody J. J. Phillipa w zakresie pomiaru efektywności szkoleń e-learningowych. *Komputerowo zintegrowane zarządzanie*, Tom I. Opole: Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
- Kirkpatrick, D. (2001). *Ocena efektywności szkoleń*. Wydawnictwo Studio EMKA: Warszawa.
- Kozuba, J. (2011). Czynniki ludzkie - rola symulatora lotniczego w szkoleniu lotniczym. *Logistyka*, 6, 1817-1829.
- Lozia, Z. (2012). Praktyczne zastosowania symulatorów jazdy samochodem. *Postępy Nauki i Techniki*, 14, 148-156.
- Phillips, J. J. & Zuniga, L. (2008). *Costs and ROI: Evaluating at the Ultimate Level*. San Francisco: John Wiley and Sons.
- Świdorski, W., Głogowski, T., Hłosta, P. & Stępnik, S. (2018). IR Detection of Impact Places of Projectiles in the Training System "ŚNIEŻNIK". *Problems of Mechatronics, Armament, Aviation, Safety Engineering*, 2(32), 99-110. doi: 10.5604/01.3001.0012.1104.
- Urban, P. (2012). *Rola szkoleń pracowników w rozwoju małych i średnich przedsiębiorstw*, rozprawa doktorska. Kraków: Uniwersytet Ekonomiczny.
- Woźniak, D., Kukielka, L. i Woźniak J. (2014). Symulatory i trenażery w nauczaniu i szkoleniu wojskowym - wybrane aspekty. *Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, 6, 285-291.

