

Badanie funkcjonalności systemu wspomaganie analizy błędów popełnianych przez użytkowników symulatorów maszyn

Conducting a functionality test of a system serving to support analysis of errors committed by users of simulators

DARIUSZ KALWASIŃSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.91>

Prezentowano procedurę badania funkcjonalności systemu wspomaganie analizy błędów popełnianych podczas symulacji prowadzonej na symulatorze. Scharakteryzowano narzędzia, które zostaną wykorzystane w badaniach. Badania pozwolą określić funkcjonalność i przydatność opracowanego systemu w pracy instruktorów prowadzących szkolenia z użyciem symulatora.

SŁOWA KLUCZOWE: baza danych, rzeczywistość wirtualna VR, symulator, analiza błędów

Presented is a procedure of conducting a functionality test of a system serving to support analysis of errors occurred during simulations. It also characterizes tools used during the tests. These tests will allow to determine functionality and effectiveness of the system in work of instructors who conduct trainings on simulators.

KEYWORDS: database, VR technique, simulator, analysis of errors

W szkoleniu operatorów maszyn coraz częściej stosuje się symulatory maszyn stacjonarnych i mobilnych. Nie zastąpią one oczywiście tradycyjnego szkolenia z wykorzystaniem prawdziwych maszyn, ale wspomagają proces nauki w zakresie zwiększania umiejętności operatorów w wykonywaniu określonych zadań sterowniczych (obsługi maszyn) lub utrwalania wiedzy dotyczącej zdarzeń wypadkowych. Ponadto szereg doniesień literaturowych [1–4] i badań własnych [5] wskazuje, że wykorzystanie symulatora przyspiesza proces szkoleniowy oraz wpływa na zmniejszenie kosztów szkoleń (tj. zużycia materiałów, energii i kosztów utrzymania maszyn).

Symulatory umożliwiają prezentowanie przyczyn i okoliczności powstawania zdarzeń wypadkowych, a w konsekwencji – szeregu błędów popełnianych przez użytkowników podczas obsługi maszyn. Do analizy tych błędów niezbędne są odpowiednie narzędzia komputerowe. Są nimi np. bazy danych, które pozwalają na zbieranie i przechowywanie informacji z procesów symulacji.

Narzędzia te z dużym powodzeniem wykorzystuje się w budownictwie, tj. do koordynacji prac na placu budowy w zakresie zapotrzebowania na materiały budowlane, ilości zużytego materiału budowlanego [6, 7] lub wykrywania kolizji pomiędzy współpracującymi dźwignicami podczas przemieszczania ładunków [8]. Dość często używane są również do zbierania informacji o środowisku, w którym funkcjonujemy (tj. miastach, dzielnicach, przyrodzie, miejscach pracy), w celu tworzenia aplikacji komputerowych (np. w technice AR lub VR) umożliwiających przeglądanie i spacerowanie po określonym terenie oraz analizowanie zjawisk geofizycznych [3].

Narzędzia do przeprowadzenia badania

Badaniom na funkcjonalność zostanie poddany system wspomaganie instruktorów (trenerów szkolących) w zakresie analizy błędów popełnianych przez użytkowników symulatorów maszyn. Koncepcja tego systemu jest oparta na aplikacji komputerowej wykorzystującej relacyjną bazę danych i moduł rejestrujący parametry symulacji.

Symulator suwnicy i moduł rejestrujący

W badaniach zostanie użyty symulator suwnicy wykonany w 2013 r. [10, 11] w CIOP-PIB. Umożliwia on symulację szerokiego wachlarza czynności (zadań sterowniczych) spotykanych również w innych maszynach transportu wewnątrzzakładowego, a związanych z pracą i przemieszczaniem ładunków. Ponadto swobodny dostęp do części software'owej symulatora pozwoli na zaimplementowanie modułu rejestrującego parametry symulacji obsługi suwnicy.

Moduł ten to algorytm, który rejestruje parametry (dane) z przebiegu symulacji obsługi wirtualnej suwnicy oraz czynności wykonywane przez jej operatora. Dane te są rejestrowane w sposób ciągły od momentu uruchomienia symulacji (od przekręcenia kluczyka w stacyjce), do jej zakończenia (kluczyk w pozycji „off”).

Każdorazowo po zakończeniu symulacji dane są zapisywane w pliku XML. Przykładowe okno modułu przedstawiono na rys. 1.

Struktura relacyjnej bazy danych

Przy określaniu struktury relacyjnej bazy danych założono, że aplikacja komputerowa powinna wspomagać prowadzenie analizy danych w aspekcie błędów popełnianych w procesie symulacji przez użytkowników symulatora. Analiza danych powinna umożliwić określenie:

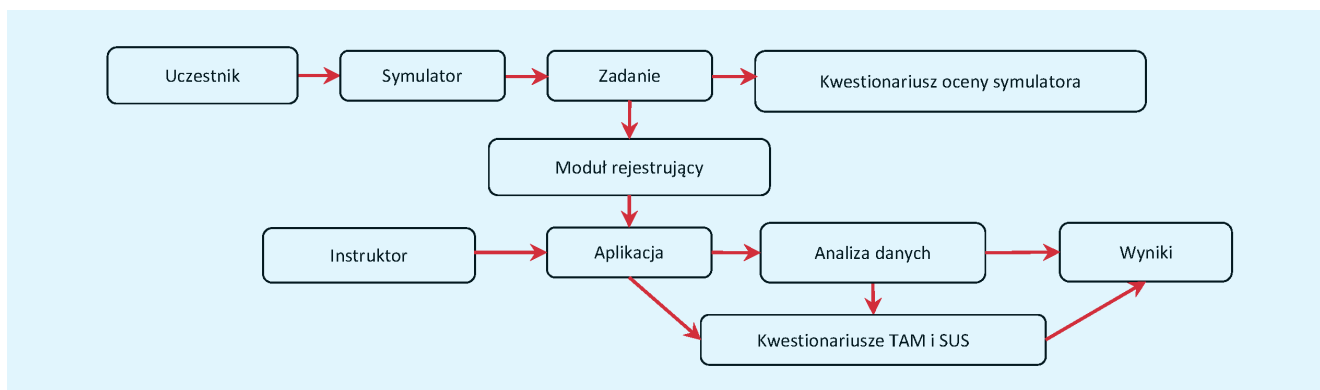
- kiedy doszło do błędu,
- sytuacji prowadzącej do powstania błędu, np. w wyniku niewłaściwego wykonywania zadania sterowniczego,
- rodzaju następstwa lub możliwego następstwa błędu.

Na podstawie tych założeń opracowano model relacyjnej bazy danych (rys. 2) w tworzonej aplikacji komputerowej. Model ten to zbiór tabel oraz schematów relacji i związków między nimi, w których przechowywane są określone dane. W tabelach będą przechowywane ściśle określone informacje dotyczące procesu symulacji, wczytane z pliku XML.

Procedura badania funkcjonalności systemu

W badaniach zostaną wykorzystane symulator suwnicy i system (obejmujący aplikację komputerową i moduł rejestrujący) do wspomaganie instruktorów w zakresie analizy

* Mgr inż. Dariusz Kalwasiński (dakal@ciop.pl) – Pracownia Techniki Rzeczywistości Wirtualnej, Zakład Techniki Bezpieczeństwa, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy



Rys. 3. Schemat postępowania przy prowadzeniu badań

ok. 5 min. Natomiast w przypadku badania z udziałem dwóch osób sesje powinny być realizowane naprzemiennie przez uczestników (jeden prowadzi symulację, a drugi odpoczywa).

Wyniki symulacji zasadniczej obsługi symulatora (tj. parametry położenia elementów przemieszczanych i manipulowanych w środowisku) zostaną zapisane w pliku XML. Po każdej sesji zasadniczej uczestnik wypełnia kwestionariusz oceny funkcjonalności symulatora.

Wyniki symulacji zostaną wczytane do aplikacji komputerowej (bazy danych). Tak przygotowana aplikacja zostanie poddana testom funkcjonalnym. Przeprowadzą je instruktorzy szkolący operatorów suwnic. Na podstawie ich opinii oraz odpowiedzi na pytania z kwestionariuszy zostanie określona funkcjonalność i możliwość stosowania aplikacji do wspomaganie analizy błędów popełnionych przez uczestników podczas wykonywania zadania sterowniczego na symulatorze.

Kwestionariusze opracowano według Modelu Akceptacji Technologii – TAM [12, 13] i Skali Użyteczności Systemu – SUS [14 i 15]. Badania zostaną przeprowadzone zgodnie z metodą Expert Inspection and User Testing for Virtual Environments [16] i w oparciu o następujący harmonogram:

1. Omówienie celu badania oraz zapoznanie uczestników i instruktorów z narzędziami (symulatorem, aplikacją komputerową i kwestionariuszami).
2. Przeprowadzenie symulacji obsługi wirtualnej suwnicy według określonego zadania sterowniczego.
3. Wypełnienie kwestionariusza oceny symulatora przez użytkowników.
4. Zapisanie danych z każdej sesji do pliku XML i wczytanie danych do aplikacji.
5. Przeprowadzenie testu aplikacji komputerowej w aspekcie określenia jej funkcjonalności przy analizie błędów popełnionych przez użytkowników symulatorów.
6. Wypełnienie kwestionariuszy oceny aplikacji.

Całkowity czas badania prowadzonego zgodnie z przedstawionym harmonogramem wynosi ok. 120÷130 min.

Podsumowanie

Na podstawie opisanych narzędzi komputerowych (tj. modułu rejestrującego zaimplementowanego w symulatorze suwnicy, relacyjno-obiektowej aplikacji i kwestionariuszy do ich oceny) oraz sformułowanych wytycznych do procedury przeprowadzone zostaną badania. Pozwolą one określić, czy opracowany system (aplikacja + moduł) może być narzędziem wspomagającym pracę instruktorów w zakresie analizy błędów popełnianych przez użytkowników symulatora wykorzystywanego podczas szkolenia.

Publikacja opracowana na podstawie wyników zadania badawczego, realizowanego w ramach działalności statutowej Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego, finansowanego w latach 2017–2018 ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

LITERATURA

1. Portouli V., Bekiaris E., Boets S., Henriksson P. „Comparative evaluation of training methods in improving drivers' understanding about the functionalities and potential limitations of ADAS”. *Proceedings of European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems*, France (2008): s. 217–226.
2. Lozia Z. “Driving simulators as a tool for road traffic safety research”. *Conference VIRTSAFE*, CIOP-PIB (2005).
3. “Virtual reality goes to school”. *New York Times*, 2012. http://www.nytimes.com/2012/05/20/automobiles/virtual-reality-goes-to-school.html?_r=1.
4. Juang J.R., Hung W.H., Kang S.Ch. “SimCrane 3D: A crane simulator with kinesthetic and stereoscopic vision”. *Advanced Engineering Informatics*. 27 (2013): s. 506–518.
5. Kalwasiński D. “Praktyczny test symulatora suwnicy w aspekcie symulacji wrażeńa dotyku” (Practical test of overhead crane simulator in the context of the sense of touch simulation). *Mechanik*. 7 (2014): s. 285–294 [CD].
6. Vasenev A., Hartmann T., Dorée A.G. “A distributed data collection and management framework for tracking construction operations”. *Advanced Engineering Informatics*. 28 (2014): s. 127–137.
7. Dimtrov A., Golpavar-Fard M. “Vision-based material recognition for automated monitoring of construction progress and generating building information modeling from unordered site image collections”. *Advanced Engineering Informatics*. 28 (2014): s. 37–49.
8. Tantisevi K., Akinci B. “Transformation of a 4D product and process model to generate motion of mobile cranes”. Elsevier B.V. *Automation in Construction*. 18 (2009): s. 458–468.
9. Zhang J. et al. “Design and development of Distributed Virtual Geographic Environment system based on web services”. *Elsevier Inc., Information Sciences*. 177 (2007): s. 3968–3980.
10. Kalwasiński D., Filipek D. “Narzędzie komputerowe do wspomaganie szkoleń operatorów suwnic” (Computer tool to support trainings of overhead crane operators). *Mechanik*. 7 (2013): s. 297–306 [CD].
11. Kalwasiński D. „Koncepcja wykorzystania rzeczywistości wirtualnej do odwzorowania zdarzeń wypadkowych występujących podczas użytkowania suwnic” (Concept of use of virtual reality to present accidents occurring during the use of overhead crane). *Przegląd Mechaniczny*. 1 (2014): s.19–22.
12. Venketh V., Davis F.D. “A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies”. *Management Science*. 46, 2 (2000): s. 186–204.
13. Mangin J.-P.L., Bourgault N., Leon J.A.M. “Testing the application of the Technology Acceptance Model in the French Quebecer Banking Environment”. *International Atlantic Economic Society. Res* (2011): 17:346–365, DOI 10.1007/s11294-011-9305-4.
14. Hartson H.R., Andre S.T., Willinges C.R. “Criteria for evaluating usability evaluation methods”. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 15, 1 (2003): s. 145–181. DOI:10.1207/S15327590JHC1501_13.
15. Brooke J. “SUS – A Quick and Dirty Usability Scale” w: P.W. Jordan, B. Thomas, B.A. Weerdmeester, A.L. McClelland (red.). *Usability Evaluation in Industry*. 189, 194 (1996): s. 4–7.
16. Bach C., Scapin D.L. “Comparing inspections and user testing for the evaluation of virtual environments”. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 26, 8 (2010): s. 786–824. ■