THE SIMULATION OF THE USE OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT IN INVESTIGATION OF SMART ID CARD SYSTEM EFFICIENCY

SYMULACJA STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY OSOBISTEJ W BADANIACH SKUTECZNOŚCI SYSTEMU SMART ID CARD

Marek Dźwiarek¹, Tomasz Strawiński¹,
Tomasz Łempiński², Maciej Światowski²

¹Central Institute for Labour Protection - PIB, ²TENVIRK Sp. z o.o.

Abstract: Developed in the company TENVIRK Sp z o.o. system called SMARTD ID CARD advantages of location and time registration systems. The data obtained in this system allow you to, among other, monitoring whether employees consistently use personal protective equipment. The purpose of the research was to verify the effectiveness of mechanisms to detect whether the man used personal protection. To this end, simulates a human movement using the robot. Comparison of the Pearson, Kendall's Tau, Spearman's and BiSerial correlation detection algorithms have been done. Test results confirmed that the system is highly effective in detecting the use of personal protective equipment.

Keywords: safety at work, working time registration, localisation systems

Streszczenie: Opracowany w firmie TENVIRK Sp z o. o. system o nazwie SMARTD ID CARD łączy zalety systemu lokalizacji i systemu rejestracji czasu pracy. Dane uzyskiwane w tym systemie umożliwiają, między innymi, monitorowanie, czy pracownicy konsekwentnie stosują środki ochrony osobistej. Celem badań było zweryfikowanie skuteczności mechanizmów wykrywania czy został użyty środek ochrony osobistej. W tym celu symulowano poruszanie się człowieka z wykorzystaniem robota. Porównano wykorzystanie algorytmów wykrywania korelacji Pearsona, Spearmana, Tau Kendalla i BiSerial. Wyniki badań potwierdziły, że system jest w dużym stopniu skuteczny w wykrywaniu użycia środków ochrony osobistej.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pracy, rejestracja czasu pracy, systemy lokalizacji,

THE SIMULATION OF THE USE OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT IN INVESTIGATION OF SMART ID CARD SYSTEM EFFICIENCY

1. Introduction

With the development of new technology, more and more efficient machine are constructed. Especially the development of IT and telecommunications techniques enables to create intelligent manufacturing systems. In such systems significantly reduces human participation in the production process for the automation of the entire process. The computational capacity of these systems in the first place is used to monitor the manufacturing process. Increasingly, are also used to monitor the level of safety of system operators.

In modern systems, increasingly, to the implementation of the safety function sensors devices are used to detect the position of the special labels, and consequently the objects on which these labels are installed ([1] and [4]). An example of such equipment is the Real Time Localisation Systems (RTLS), which detects the position of the label ([2] and [3]). RTLS systems are used very different localisation technologies. This can be for example active identification using radio waves, optical localisation and ultrasonic localisation. An example of localisation system to increase safety is its use to monitor employee activity [5] in order to detect situation requiring medical attention. Another example of safety-related applications are chemical Arge Phoenix SMD in Kolliken, Switzerland. In this case, there is a need for being workers near landfills, toxic chemical waste. Are associated with the significant risks due to possibility of the accumulation of toxic fumes in a limited space, as well as with the possibility of explosion or fire. In this case it is necessary to organize immediate evacuation of all affected. This is possible thanks to the continuous monitoring of their location in the area of the landfill.

At the same time, visible is the development of electronic systems for the registration of working time. Currently these are usually devices containing the RFID card reader, bar code or magnetic strip, in which working time registration occurs after the close-up or insertion by the card to the reader. These devices can be supplemented by the time registration systems equipped with a video camera installed near the reader to further register image of people using the card or biometric data during the use of the reader to the time registration (so-called. "foto-registration"). The downside of these systems is the fact that show the information for the user of them using only the identification (of application cards or biometrics). The information is available only for a moment in time using the built-in reader in the device display. Later, the user does not have access to registration data working time unless it again makes use of the reader.

2. System SMART ID CARD

Advantages of the location and time recording system combines system developed at TENVIRK Sp z o.o. called SMARTD ID CARD. This system consists of:

- control units CT-ET forming radio network MESH and connected to the Web cloud via Ethernet or GPRS,
- smart cards (C1, C2, C3), which can be hung or pinned to clothing, equipped with a set of sensors, which version the most extensive are:
 - two independent accelerometers,
 - magnetometer,
 - moisture sensor,
 - pressure sensor,
 - ambient light sensor,
 - temperature sensor,
 - measurement of battery voltage,
- the system class ERP/CRM in the cloud called "eAttendace", with collects data in real time and supporting computing power of cards, which can be a super energy efficient.

Informatics control system it is called eAttendace and is available in the cloud in a SaaS model. Sensor data are collected in the radio network MESH (Fig. 1) and submitted the cloud eAttendace by internet links. Then they are processed and collected. Location cards are exercised in the MESH network based on edge router address, that is, that which has as a first package of radio equipment. The card gives the parameters of LQI and RSSI on the basis of which the system calculates the theoretical distance from the edge router. Knowing the location of that router, one can specify the position of the card. Additional features time-of-flight measurement use location frame and/or phase shift.

Fig. 1 The example of visualisation of the network in eAttendace system.

Depending on scenarios the location may refer to:

- one router - the location of the distance from the central unit or
- three routers constantly - the location of a point in the coordinate space of the network, this case requires a thicker cover network routers, so that the device has always been within radio range of the 3 routers.

Location accuracy is estimated to be 1 m.

The new system provides:

- recording all inputs and outputs automatically without the need for any action on the the employee or the employer,
- automatic detection and signaling all abuses such as simulating the presence in the work of the absent employee, private exit during work, replacement of employees etc.,
- monitoring the presence at work in the office and in the field, eq. on the construction site, without installing control devices and create input gates,
- provide in real time information about working time not only for employers but also employees,
- providing additional information about the detection of accidents during working hours: fall or impact,
- detection when or not personal protection are used,
- automatic registration of working time on tasks, projects, clients and open interface to ERP systems,
- dynamic creation of corporate employee cards,
- significantly reduced costs compared to classic systems,
- environmental performance by energy saving or using only light energy.

3. Research goal and methods

The data obtained on SMART ID CARD allow you to, among other, monitoring whether employees consistently use personal protective equipment. This is done by checking the correlation of movements of cards used by a worker and the signals from the card installed in the middle of the personal protective equipment (helmet, glove, mask, glasses, etc.).

The purpose of the research was to verify the effectiveness of the mechanisms of detection by the SMART ID CARD when personal protective equipment is used or not.

Specific objectives were:

- to check which algorithms for determining correlations are most suitable for the detection of the use of personal protective equipment.
- See how the parameters for determining correlation affect its efficiency.

Studies conducted in Laboratory Safety Techniques in Control Systems has been implemented in accordance with the methodology of the research developed in the framework of the project "Principles of the use of the techniques of monitoring

places to stay of the employee with the use of ultra-broadband (UWB) to ensure the safety of the machines" [1].

To simulate the movements of a man was used gantry robot (fig. 2).

Fig. 2 Robot used for simulation of people movement.

This was accomplished by the movement of the working head of robot. The same was true with simulation of personal protection. The simulation of the use of the measure was made via a flexible combination of labels, so that the movements of both labels were synchronised, but not identical.

On the robot head there was installed a two smart cards: one in a rigid and second one hinged on flexible cord.

The head of the robot has been moved former between points at a speed of 0.6 m/s. At each point of the trajectory the following sequence of movements was performed:

- 3 bottom-up movement,
- movement to simulate inactivity (along the Y axis, a distance of 0.15 m, speed of 0.01 m/s),
- 2 movements of the bottom-up,
- return movement to simulate inactivity.

On the last point of the trajectory of the fall of the card on flexible cord (simulation of the put-away of personal protection).

The trajectory of motion of the robot consisting of twenty randomly selected points is shown in Fig. 3.

Fig. 3 Robots movement trajectory

The experiment was repeated 3 times with cord length 0.10 m, 0.50 m and 1 m.

4. Results achieved

During the experiment were collected signals from the accelerometers placed in tabs. These were signals indicating:

- moving times,
- number of movments,
- motion sensitivity.

Fig. 4 Data collected in experiment.

These data were collected in the cloud eAttendance. Example of data recorded during one experiment in the cloud eAttendance is shown in Figure 4. Vertical lines mean respectively:

- start the experiment,
- falling the card on the cord,
- the end of the experiment.

Then data collected have been analysed. During the analysis compared the effectiveness of the following algorithms for detecting correlation:

- Pearson product - moment correlation coefficient,
- Spearman's rank correlation coefficient, which is one of the nonparametric measures the statistical dependencies between monotone random variables,
- Kendall's Tau, used to describe the correlation between variables of these tables,
- a BiSerial measure similar to the Pearson product moment correlation coefficient.

During the experiment, we can distinguish two different States:

- Periods during which both cards were attached to the head of the robot, that is, their movements were correlated.
- Periods during which one card remained motionless, so movements of the cards were not correlated.

In the first case, the values of the coefficients of correlation should be as large as possible (close to unity), while in the second case, the correlation should not be observed, and the value of the correlation coefficient should be close to zero.

In order to evaluate the effectiveness of the detection of the loss of correlation sets the two functions of probability:

- the probability that before the dump of the correlation coefficient is not less than the value of the assumed as 0.4. probability,
- that after the dump correlation coefficient drops to zero after a certain period of time.

Results are presented in Table 1.

Table 1 The probability of a correct indication of the put-away of personal protection equipment obtained for each correlation algorithms

time after put-away	PEARSON	SPEARMAN	BISERIAL	TAUKENDALL
0 (P(corrOFF > 0.4))	78%	78%	78%	66%
100 s (P(corrOFF < 0.4))	45%	56%	78%	45%
150 s (P(corrOFF < 0.4))	78%	78%	89%	56%
200 s (P(corrOFF < 0.4))	89%	89%	89%	56%
250 s (P(corrOFF < 0.4))	78%	78%	89%	66%

5. Summary

Test results have confirmed that the SMART ID CARD is highly effective in detecting the fact wearing personal protection, for example percentage of cases for which the value of the correlation coefficient has fallen below the threshold value dates back to 90%. System is significantly more effective at detecting that personal protective equipment is not used, what is important from the point of view of safety. In addition, the time necessary for the detection of lack of personal protection is relatively short and is near 2 minutes. Taking into account all the results of the research it is suggested the use of the algorithm SPEARMAN or BISERIAL. Differences between these two algorithms are so small, that decision can be made dependent on computational complexity implementation of these algorithms.

6. References

- [1] Dźwiarek Marek. 2015. "Systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym w bezpieczeństwie maszyn". *Mechanik* 7/2015, pp. 223-230. DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.233
- [2] Gomez J., Tayebi A., del Corte A., Gutierrez O., Gomez JM., de Adana FS. A. 2013. Comparative Study of Localization Methods in Indoor Environments. *Wireless Personal Communications* 72/4, 2013; 2931-2944
- [3] Guyoun H. Dongkyoo S. Dongil S. et al. 2013. Design and Implementation of the Ubiquitous Sensor Network-Based Monitoring System Using RTLS (Real-Time Location System). *Sensor Letters* 11/9, 2013; 1721-1725.
- [4] Reiner T., Reinhard H., Sachs J, Zwick T. 2013. Ultra-Wideband Radio Technologies for Communications, Localization and Sensor Applications. *InTech* 2013
- [5] Seppa H. 2012. The future of sensor networks. *VTT Impulse*. p. 20-27.

The publication was developed on the basis of the results of the project. "The smart card to unattended time registration, access control, and monitoring of safety and productivity" conducted in accordance with the contract no POIR. 01.01.01-00-0227/15-00 in 1.1 "Projects R & d firms, Sub-measure 1.1.1" Industrial research and development work carried out by the companies ' Operational programme Smart Growth 2014-2020 co-financed by the European regional development fund. Intermediary institution for this project is the National Research and Development Centre.

Prof. Dźwiarek Marek Ph.D (Eng.) D. Sc. (Eng.) is head of the Department of Safety Engineering. His specialization is protective devices used for machinery, functional safety, risk assessment, human-machine interfaces. He is the Chairman of KT 281, a member of the Working Group ISO/TC 199, IEC TC 44, a working group of the National Consultative Forum with a range of machines (Share 80%).

mgr inż. Tomasz Strawiński – Share 10%
mgr inż. Tomasz Łempiński – Share 5%,
mgr Maciej Światowski – Share 5%.

SYMULACJA STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONY OSOBISTEJ W BADANIACH SKUTECZNOŚCI SYSTEMU SMART ID CARD

1. Wstęp

Wraz z rozwojem techniki powstają nowe, coraz bardziej wydajne maszyny. Zwłaszcza rozwój technik informatycznych i telekomunikacyjnych umożliwia tworzenie tzw. inteligentnych systemów wytwarzania. W systemach takich znacznie ogranicza się udział człowieka w procesie produkcji na rzecz automatyzacji całego procesu. Moce obliczeniowe tych systemów w pierwszej kolejności wykorzystywane są do monitorowania procesu wytwórczego. Coraz częściej są także wykorzystywane do monitorowania poziomu bezpieczeństwa operatorów systemu.

W nowoczesnych systemach coraz częściej do realizacji funkcji bezpieczeństwa stosowane są urządzenia czujnikowe wykrywające położenie specjalnych etykiet, a w konsekwencji obiektów, na których etykiety te są zainstalowane ([1] i [4]). Przykładem takiego wyposażenia jest system lokalizacji w czasie rzeczywistym (real time localisation system – RTLS), który wykrywa położenie etykiety ([2] i [3]). W systemach RTLS wykorzystywane są bardzo różne technologie lokalizacji. Może to być np. aktywna identyfikacja za pomocą fal radiowych, lokalizacja optyczna, lokalizacja ultradźwiękowa. Przykładem zastosowania systemu lokalizacji do zwiększenia bezpieczeństwa jest jego wykorzystanie do monitorowania aktywności pracowników [5] w celu wykrywania sytuacji wymagającej pomocy medycznej. Innym przykładem zastosowań związanych z bezpieczeństwem są zakłady chemiczne Arge Phoenix SMD w Kolliken, Szwajcaria. W tym przypadku występuje konieczność przebywania pracowników w pobliżu składowisk toksycznych odpadów chemicznych. Wiąże się z tym znaczne zagrożenia związane z możliwością nagromadzenia się toksycznych oparów w ograniczonej przestrzeni, a także z możliwością wybuchu lub pożaru. W takim przypadku niezbędne jest zorganizowanie natychmiastowej ewakuacji wszystkich zagrożonych. Jest to możliwe dzięki ciągłemu monitoringowi ich lokalizacji w obszarze składowiska.

Jednocześnie widoczny jest rozwój elektronicznych systemów rejestracji czasu pracy. Aktualnie są to zazwyczaj urządzenia zawierające czytnik kart RFID, kodu kreskowego, albo paską magnetycznego, w których rejestracja czasu pracy następuje po zbliżeniu lub włożeniu przez osobę karty do czytnika. Urządzenia te mogą być uzupełnione przez systemy rejestracji czasu pracy wyposażone w kamerę zainstalowaną w pobliżu czytnika w celu dodatkowego zarejestrowania wizerunku osoby posługującej się kartą lub danymi biometrycznymi w czasie korzystania z czytnika do rejestracji czasu pracy (tzw. „foto rejestracja”). Wadą tych systemów jest także fakt, że pokazują informacje dla użytkownika z nich korzystającego tylko w momencie identyfikacji (przyłożenia karty lub skorzystania z biometrii).

Informacje te dostępne są tylko przez chwilę, w momencie korzystania z czytnika, na wbudowanym w urządzenia wyświetlaczu. Później użytkownik nie ma dostępu do danych o rejestracji czasu pracy chyba, że ponownie skorzysta z czytnika.

2. System SMART ID CARD

Zalety systemu lokalizacji i systemu rejestracji czasu pracy łączy opracowany w firmie TENVIRK Sp z o. o. system o nazwie SMARTD ID CARD. System ten składa się z:

- centralek CT-ET tworzących sieć radiową MESH i połączonej z chmurą internetową poprzez Ethernet lub GPRS,
- kart inteligentnych (C1, C2, C3), które można powiesić lub przypiąć do ubrania, wyposażonych w zestaw czujników, którymi w wersji najbardziej rozbudowanej są:
 - dwa niezależne akcelerometry,
 - magnetometr,
 - czujnik wilgoci,
 - czujnik ciśnienia atmosferycznego,
 - czujnik oświetlenia zewnętrznego,
 - czujnik temperatury,
 - pomiar napięcia baterii zasilającej,
- systemu klasy ERP/CRM w chmurze o nazwie „eAttendace”, zbierającego dane w czasie rzeczywistym i wspierający mocą obliczeniową karty, które dzięki temu mogą być super energooszczędne.

Rys. 1 Przykładowa wizualizacja sieci MESH w systemie eAttendance.

Informatyczny system sterujący nazywa się eAttendance i udostępniony jest w chmurze w modelu SaaS. Dane z czujników zbierane są w sieci radiowej MESH (Rys. 1) i przekazywane chmury eAttendance poprzez łącza internetowe. Następnie są obrabiane i gromadzone.

Lokalizacja kart wykonywana jest w sieci MESH na podstawie adresu routera brzegowego, czyli tego, który otrzymał jako pierwszy pakiet radiowy od urządzenia końcowego. Karta podaje parametry LQI i RSSI na podstawie, których system wylicza teoretyczną odległość od routera brzegowego. Znając usytuowanie tego routera można określić położenie karty. Dodatkowe funkcje lokalizacyjne wykorzystują pomiar czasu przelotu ramki i/lub przesunięcia fazowego.

W zależności od scenariuszy lokalizacja może dotyczyć:

- jednego routera – lokalizacja dystansu od centrali lub
- trzech routerów stale – lokalizacja punktu w układzie współrzędnych sieci – ten przypadek wymaga gęstszego pokrycia siecią routerów, tak aby urządzenie końcowe zawsze było w zasięgu radiowym 3 routerów.

Dokładność lokalizacji ocenia się na 1 m.

Nowy system zapewnia:

- rejestrowanie wszystkich wejść i wyjść automatycznie bez potrzeby jakichkolwiek działań ze strony pracownika lub pracodawcy,
- automatyczne wykrywanie i sygnalizowanie wszystkich nadużyć takich jak symulowanie obecności w pracy nieobecnego pracownika, wyjść prywatnych w czasie pracy, zamiany pracowników itp.,
- kontrolę obecności w pracy w biurze jak i w terenie otwartym np. na budowie bez potrzeby instalowania urządzeń kontrolujących i tworzenia bramek wejściowych
- dostarczenie w czasie rzeczywistym informacji o czasie pracy nie tylko pracodawcy ale także pracownikom,
- dostarczanie dodatkowych informacji o wykrywaniu wypadków w czasie pracy: upadku, uderzenia,
- wykrywanie czy użyto środka ochrony osobistej,
- automatyczna rejestracja czasu pracy na zadania, projekty, klientów oraz otwarty interfejs do systemów ERP,
- dynamiczne tworzenie korporacyjnej wizytówki pracownika,
- znacząco mniejsze koszty w porównaniu do systemów klasycznych,
- ekologiczność poprzez ultra energooszczędność lub wykorzystanie tylko energii światła.

3. Cel i metodyka badań

Dane uzyskiwane w systemie SMART ID CARD umożliwiają, między innymi, monitorowanie, czy pracownicy konsekwentnie stosują środki ochrony osobistej. Odbywa się to poprzez sprawdzenie korelacji sygnałów o ruchach karty używanej przez pracownika z sygnałami z karty zainstalowanej na środku ochrony osobistej (kasku, rękawicy, masce, okularach itp.).

Celem badań było zweryfikowanie skuteczności mechanizmów wykrywania przez system SMART ID CARD czy został użyty środek ochrony osobistej.

Celami szczegółowymi było:

- Sprawdzenie, które algorytmy określania kooperacji są najbardziej odpowiednie do wykrywania użycia środków ochrony osobistej.
- Sprawdzenie, jak parametry wyznaczania korelacji wpływają na jej efektywność.

Badania prowadzone w Laboratorium Technik Bezpieczeństwa w Systemach Sterowania realizowane były zgodnie z metodyką badań opracowaną w ramach projektu „Zasady wykorzystania technik monitorowania miejsc pobytu pracownika z wykorzystaniem technologii ultra-szerokopasmowej łączności (UWB) do zapewnienia bezpieczeństwa przy obsłudze maszyn” [1].

Do symulacji ruchów człowieka wykorzystany został robot bramowy (Rys. 2).

Rys. 2 Robot wykorzystany do symulacji ruchów człowieka.

Było to realizowane przez ruch głowicy roboczej robota. Podobnie było z symulacją środka ochrony osobistej. Symulacja używania środka odbywała się poprzez elastyczne połączenie etykiet, dzięki czemu ruchy obu etykiet były zsynchronizowane, ale nie identyczne.

Do głowicy robota mocowano dwie karty inteligentne: jedną w sposób sztywny, a drugą na elastycznym zawieszku.

Trajektorię ruchu robota bramowego składającą się z dwudziestu losowo wybranych punktów pokazano na Rys. 3.

Głowica robota przemieszczana była pomiędzy kolejnymi punktami z prędkością 0,6 m/s.

Rys. 3 Trajektorie ruchów robota.

W każdym punkcie trajektorii wykonywana była następująca sekwencja ruchów:

- 3 ruchy dół-góra,
- przemieszczenie symulujące bezczynność (wzdłuż osi Y, dystans 0,15 m, prędkość 0,01 m/s),
- 2 ruchy dół-góra,
- przemieszczenie powrotne symulujące bezczynność.

W ostatnim punkcie trajektorii inicjowano upadek karty zawieszanej na elastycznym zawieszku (symulacja odłożenia środka ochrony osobistej).

Eksperyment powtarzano 3-krotnie z zawieszem od długości 0,10 m, 0,50 m i 1 m.

4. Uzyskane wyniki

Podczas eksperymentu zbierane były sygnały z akcelerometrów umieszczonych w kartach. Były to sygnały informujące o:

- czasie ruchu,
- ilości ruchów,
- czułości ruchu.

Dane te były gromadzone w chmurze eAttendance. Przykład danych zarejestrowanych podczas jednego eksperymentu w chmurze eAttendance pokazany jest na Rys. 4. Linie pionowe oznaczają odpowiednio:

- start eksperymentu,
- odłożenie karty na zawieszku,
- koniec eksperymentu.

Rys. 4 Wizualizacja danych zebranych podczas eksperymentu.

Następnie dokonano analizy zebranych danych. Podczas analizy porównywano skuteczność następujących algorytmów wykrywania korelacji:

- współczynnik korelacji liniowej Pearsona,
- współczynnik korelacji rang Spearmana będący jedną z nieparametrycznych miar monotonicznej zależności statystycznej między zmiennymi losowymi,
- Tau Kendalla wykorzystywany do opisu korelacji między zmiennymi porządkowymi,
- BiSerial będący miarą zbliżoną do współczynnika korelacji liniowej Pearsona.

W czasie trwania eksperymentu możemy wyróżnić dwa różne stany:

- Okresy w czasie których obie karty były zamocowane do ruchomej głowicy robota, czyli ich ruchy były skorelowane.
- Okresy w czasie których jedna karta pozostawał nieruchomo, czyli ruchy kart nie były skorelowane.

W pierwszym przypadku wartości współczynników korelacji powinny być jak największe (bliskie jedności), natomiast w drugim przypadku korelacje nie powinny być obserwowane, a wartość współczynnika korelacji powinna być bliska zeru. W celu oceny skuteczności wykrywania utraty korelacji wyznaczono dwie funkcje prawdopodobieństwa:

- prawdopodobieństwo, że przed dokonaniem rzutu współczynnik korelacji jest nie mniejszy niż wartość zakładana jako 0,4.
- prawdopodobieństwo, że po dokonaniu rzutu współczynnik korelacji spadnie do zera po określonym czasie.

Wyniki przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1 Prawdopodobieństwo prawidłowej oceny zdjęcia środka ochrony osobistej dla każdego algorytmu korelacji

czas zdjęcia środka ochrony osobistej	PEARSON	SPEARMAN	BISERIAL	TAUKENDALL
0 (P(corrOFF > 0.4))	78%	78%	78%	66%
100 s (P(corrOFF < 0.4))	45%	56%	78%	45%
150 s (P(corrOFF < 0.4))	78%	78%	89%	56%
200 s (P(corrOFF < 0.4))	89%	89%	89%	56%
250 s (P(corrOFF < 0.4))	78%	78%	89%	66%

5. Podsumowanie

Wyniki badań potwierdziły, że system SMART ID CARD jest w dużym stopniu skuteczny w wykrywaniu faktu noszenia środka ochrony osobistej, np. odsetek przypadków, dla których wartość współczynnika korelacji spadł poniżej wartości progowej sięga 90%. System jest zauważalnie bardziej skuteczny przy wykrywaniu zdjęcia środka ochrony osobistej, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa. Ponadto czas niezbędny na wykrycie założenia lub zdjęcia środka ochrony osobistej jest stosunkowo krótki i wynosi ok. 2 minut. Biorąc pod uwagę wszystkie wyniki badań sugeruje się stosowanie algorytmu SPEARMAN lub BISERIAL. Różnice pomiędzy tymi dwoma algorytmami są na tyle niewielkie, że decyzję o wyborze można uzależnić od złożoności obliczeniowej implementacji tych algorytmów.

6. Literatura

- [1] Dźwiarek Marek. 2015. "Systemy lokalizacji w czasie rzeczywistym w bezpieczeństwie maszyn". *Mechanik* 7/2015, pp. 223-230. DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.233
- [2] Gomez J., Tayebi A., del Corte A., Gutierrez O., Gomez JM., de Adana FS. A. 2013. Comparative Study of Localization Methods in Indoor Environments. *Wireless Personal Communications* 72/4, 2013; 2931-2944
- [3] Guyoun H. Dongkyoo S. Dongil S. et al. 2013. Design and Implementation of the Ubiquitous Sensor Network-Based Monitoring System Using RTLS (Real-Time Location System). *Sensor Letters* 11/9, 2013; 1721-1725.
- [4] Reiner T., Reinhard H., Sachs J., Zwick T. 2013. Ultra-Wideband Radio Technologies for Communications, Localization and Sensor Applications. *InTech* 2013
- [5] Seppa H. 2012. The future of sensor networks. *VTT Impulse*. p. 20-27.

Publikacja opracowana na podstawie wyników projektu pn. "Karta inteligentna do bezobsługowej rejestracji czasu pracy, kontroli dostępu oraz monitorowania bezpieczeństwa i wydajności pracy" realizowanego zgodnie z umową nr POIR.01.01.01-00-0227/15-00 w ramach Działania 1.1 „Projekty B+R przedsiębiorstw”, Poddziałanie 1.1.1 „Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Instytucją pośredniczącą dla tego projektu jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Dr hab. inż. Dźwiarek Marek, prof. nadzw. CIOP-PIB, kierownik Zakładu Techniki Bezpieczeństwa, specjalizuje się problematyce urządzeń ochronnych stosowanych do maszyn, bezpieczeństwa funkcjonalnego, oceny ryzyka, interfejsów człowiek - maszyna. Jest przewodniczącym KT 281, członkiem grupy roboczej ISO/TC 199, IEC TC 44, Grupy Roboczej Krajowego Forum Konsultacyjnego z zakresu maszyn (Udział 80%).

mgr inż. Tomasz Strawiński – Udział 10%

mgr inż. Tomasz Łempiński – Udział 5%,

mgr Maciej Światowski – Udział 5%.