

dr inż. GRZEGORZ GRALEWICZ

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: grgra@ciop.lodz.pl

Inteligentne rozwiązania techniczne w przemyśle (1)

Fot. Everything Possible/Bigstockphoto



W artykule przedstawiono główne kierunki wykorzystania nowych technologii tworzonych na potrzeby ekonomicznej i elastycznej produkcji, które wpływają na zmianę warunków środowiska pracy. Zwrócono uwagę na potrzebę wspomagania nowymi technologiami również obszaru związanego z bezpieczeństwem pracy.

Słowa kluczowe: Przemysł 4.0, inteligentne fabryki, Internet rzeczy, cyfrowa fabryka

Intelligent technical solutions in work environment (1)

The article presents an overview of the main directions of use of new technologies created for the needs of economic and flexible production and this influences the change environmental conditions. Therefore show the need to applied new technologies in the area of smart work environment.

Keywords: Industry 4.0, intelligent factories, Internet of things, digital factory

Wstęp

W światowym przemyśle dokonuje się kolejny skok technologiczny, wykorzystujący potencjał połączonych siecią internetową maszyn i urządzeń. Nadając tej idei nazwę Przemysł 4.0, w wielu krajach mówi się o tzw. czwartej rewolucji przemysłowej. Pierwsza, która miała miejsce w XIX w., polegała na zastąpieniu pracy ręcznej przemysłowymi technologiami opartymi na energii produkowanej w efekcie podgrzewania pary wodnej lub spalania węgla. Druga rewolucja przemysłowa polegała na umasowieniu procesu wytwarzania w efekcie wykorzystania linii montażowych i ścisłego podziału zakresu pracy. Początkiem trzeciej był tranzystor, który umożliwił automatyzację procesów produkcyjnych z zachowaniem precyzji ich kontroli. Produkty użytkowe, uprzednio dostępne tylko dla elity, stały się na tyle tanie w produkcji, że ogół konsumentów mógł sobie na nie pozwolić.

Przemysł 4.0 to koncepcja, który zakłada intensywniejsze wykorzystanie technologii ICT¹ w jego klasycznych gałęziach. Celem jest inteligentna fabryka (*smart/future factory*), która będzie wyróżniać się elastycznością, wydajnością i ergonomią. W nowoczesnej fabryce możliwa będzie ekonomiczna i elastyczna produkcja coraz mniejszych partii produktowych, realizowanych

¹ *Information and Communication Technologies* – wszystkie technologie umożliwiające przesyłanie informacji, ale i manipulowanie nimi. W zakres pojęciowy technologii ICT wchodzi wszystkie media komunikacyjne (Internet, sieci bezprzewodowe, sieci bluetooth, telefon, technologie komunikacji dźwięku i obrazu), urządzenia umożliwiające zapis informacji (pamięci przenośne, dyski twarde, dyski CD/DVD, taśmy itp.) oraz ich przetwarzanie (komputery osobiste, serwery, klastry itp.). Dodatkowo technologie ICT obejmują także aplikacje informatyczne oraz złożone systemy IT, umożliwiające przetwarzanie i przesyłanie danych na wyższym poziomie abstrakcji niż sprzętowy.

w systemie przepływu jednej sztuki² (*one-piece-flow*) w bardzo krótkim czasie. Wykorzystywane będą uniwersalne rozwiązania i coraz krótsze czasy przebrożeń maszyn. Produkowane elementy uzyskują dostęp do świata IT³ i samodzielnie sterują swoim postępowaniem wytwarzania. W fabryce przyszłości system komunikacji pomiędzy producentem a klientem umożliwia szybką reakcję na zmiany w specyfikacji zamówienia. Poza tym przed powstaniem fizycznego produktu, będzie można wygenerować jego wirtualną wersję, skonfigurowaną w zgodzie z wymaganiami albo wręcz przez samego klienta („kustomizacja” produktu – wytwarzanie wyrobów na życzenie).

² *One-piece-flow* to przepływ wyrobów jeden za drugim w ilości zgodnej z zapotrzebowaniem klienta. W przeciwieństwie do produkcji partiami, przepływ jednostrumieniowy wymaga, aby wyroby przepływały przez maszyny pojedynczo w ciągu zapewniającym realizację zasady pierwszy na wejściu, pierwszy na wyjściu.

³ IT (ang. *Internet Technology*) – pierwotnie infotechnologia, dzisiaj szerzej: całość kształt zagadnień, metod, środków i działań związanych z przetwarzaniem informacji.

Odbiorca produktu będzie mógł go obejrzeć, sprawdzić w wirtualnym świecie.

Kierunki wykorzystania nowych technologii i rozwiązań w przemyśle

Rozwiązania techniczne i organizacyjne wykorzystywane w przemyśle wspomagane są nowymi technologiami, stworzonymi na potrzeby tego obszaru, ale również rozwiązaniami z innych obszarów, których zastosowanie jest poszerzane. Przeprowadzona przez autora analiza istniejących technologii, które można wykorzystać do tworzenia inteligentnych rozwiązań⁴, wskazała główne kierunki:

- wprowadzenie koncepcji Internetu rzeczy (IoT, *Internet of Things*)
- wykorzystanie zintegrowanych systemów komputerowych do tworzenia Cyfrowych Fabryk
- wykorzystanie inteligentnych systemów
- zastosowanie materiałów inteligentnych (*smart materials*)
- wykorzystanie inteligentnych czujników
- zastosowanie systemów bazujących na wiedzy
- wprowadzenie maszyn i robotów dopasowujących się do otoczenia.

Internet rzeczy

„Internet rzeczy” to inicjatywa niemieckiego rządu federalnego, wedle której identyfikowalne elementy mogą pośrednio albo bezpośrednio gromadzić, przetwarzać lub wymieniać dane za pośrednictwem sieci komputerowej. Poszczególne elementy produktu będą miały coraz większą interaktywną rolę w procesie produkcji, wchodząc w skład struktur inteligentnych, które są rozproszone między maszynami, całym zakładami przemysłowymi, a nawet między łańcuchami dostaw [1].

Kolejnym krokiem do bardziej elastycznej produkcji przemysłowej jest koncepcja „inteligencji maszynowej”, rozproszonej między pojedynczymi maszynami, pracującymi na platformie sieci Ethernet⁵ czasu rzeczywistego. Zdecentralizowane systemy sterowania oraz rozproszone wejścia/wyjścia, a także inteligentne systemy napędowe, ułatwiają projektowanie i produkcję maszyn modułowych, które można dynamicznie konfigurować podczas eksploatacji [2].

Wynikający z tego przewrót w metodologii sterowania produkcją odpowiada rosnącym wymaganiom wobec przemysłowej komunikacji. Gwałtownie wzrosła ilość przesyłanych danych, co z kolei warunkuje konieczność wykorzystywania szerokopasmowej sieci komunikacyjnej i to w czasie rzeczywistym, nawet w rozległych środowiskach sieciowych.

⁴ Zminiaturyzowane urządzenia, które zawierają funkcje wykrywania, uruchamiania i kontroli. Realizują „inteligentne” działania dzięki zdolności do opisu i analizy sytuacji i podejmują decyzje na podstawie zbioru danych w sposób prognozowany lub adaptacyjny.

⁵ Sposób przesyłania informacji, w którym zawarte są standardy wykorzystywane w budowie głównie lokalnych sieci komputerowych. Obejmuje ona specyfikację przewodów oraz przesyłanych nimi sygnałów.

Kolejnym podstawowym wymaganiem stawianym przemysłowym sieciom transferu danych jest współdziałanie z systemami producentów zewnętrznych. Żaden dostawca nie jest w stanie dostarczyć optymalnego rozwiązania w odniesieniu do wszystkich potrzeb. Dlatego rzeczą absolutnie konieczną będzie stworzenie solidnych podwalin kompatybilności z istniejącymi systemami.

Wprowadzenie koncepcji Internetu rzeczy do przemysłu będzie wymagało zastosowania m.in.:

- technologii automatycznego identyfikowania przedmiotów, np. technologii RFID (*Radio Frequency Identification*) pozwalającej na zdalny, jednoczesny odczyt danych z wielu identyfikatorów (tagów, transponderów) i ich zapis, bez konieczności kontaktu optycznego pomiędzy urządzeniem odczytującym a owym identyfikatorem
- cyfrowych dwukierunkowych sieci komunikacji, np. ethernetu czasu rzeczywistego, który umożliwi połączenie urządzeń rozproszonych, takich jak: sterowniki, przetworniki liniowe, elementy wykonawcze, czujniki
- interfejsów unifikujących wiele różnorodnych standardów funkcjonujących obecnie w systemach automatyki, np. interfejs IO-Link, który umożliwi pełną komunikację pomiędzy systemami sterowania a czujnikami i elementami wykonawczymi
- protokołu umożliwiającego włączanie modułów i całych maszyn w skład jednego zabezpieczenia, nawet jeśli elementy składowe komunikują się ze sobą przy pomocy różnych protokołów wymiany danych, np. protokół openSAFETY.

Cyfrowa fabryka

Cyfrowa fabryka to wykorzystanie zintegrowanego systemu komputerowego obejmującego symulację, przestrzenną wizualizację, narzędzia analityczne i inne, umożliwiającego jednoczesne tworzenie produktu i definiowanie procesów wytwarzania. Cyfrowe wytwarzanie rozwijało się począwszy od stosowania takich inicjatyw, jak: *design for manufacturability*, *computer integrated manufacturing*, *lean manufacturing* i innych, które wyraźnie komunikowały potrzebę ściślejszej współpracy przy projektowaniu produktów i procesów [3]. Cyfrowa fabryka pozwala eliminować, w trybie symulacji komputerowych, błędy podczas tworzenia produktu, a także podczas definiowania procesów wytwarzania bez kosztownych prób wynikających np. z przemieszczania i/lub przezbrajania maszyn. Ten model stosuje się zarówno przy projektowaniu nowych zakładów, jak i w przypadku optymalizacji istniejących. Często taki wirtualny eksperyment pozwala na szybkie namierzenie „wąskiego gardła” w procesie produkcyjnym, którego usunięcie zdecydowanie zwiększa wydajność i efektywność produkcji [4].

Wykorzystanie zintegrowanych systemów komputerowych do tworzenia cyfrowych fabryk



Fot. Asly Sun/Bigstockphoto

będzie wymagało zastosowania nowych technologii i rozwiązań, do których można zaliczyć m.in.:

- narzędzia CAX (CAD – ang. *Computer-Aided Design*, CAM – ang. *Computer-Aided Manufacturing*, CAE – ang. *Computer-Aided Engineering*) pozwalające na wirtualne projektowanie, analizowanie i testowanie modeli 3D produktów. Do tego zostały już dodane funkcje wirtualnego wytwarzania produktów w modelu 3D fabryki. Narzędzia CAX dają możliwość budowy oraz optymalizacji prototypu, jeszcze zanim powstanie on w rzeczywistości, a CAM umożliwiają ocenę technologiczności wirtualnych części. Z kolei CAE optymalizują konstrukcję, biorąc pod uwagę zjawiska mechaniczne, termiczne, a także analizując zagadnienia z zakresu mechaniki płynów
- oprogramowanie PLM (ang. *Product Life-cycle Management*) pozwala na prowadzenie „wirtualnego” procesu wytwarzania od koncepcji po produkcję, biorąc pod uwagę definicję produktu 3D, czyli tzw. wielowymiarowy model produktu
- systemy SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*) głównie wykorzystywane do zbierania aktualnych danych (pomiarów, alarmowania oraz archiwizacji danych)
- narzędzia typu *Business Intelligence*, opracowywane dla menedżerów i specjalistów zajmujących się analizami i strategią
- systemy BMS (ang. *Building Management System*) lub automatyka budynkowa: ich zadaniem jest integrowanie instalacji występujących w fabryce, dzięki czemu efektywnie i w sposób oszczędny możemy zarządzać całym obiektem z jednego miejsca
- systemy lokalizacji i identyfikacji czasu rzeczywistego, bazujące na: *technologii Beacon*, *technologii NFC* – *Near Field Communication*, *UWB* – *Ultra WideBand*, czy *Bluetooth* – *Low Energy* (BLE), które służą do monitorowania lokalizacji pracowników wewnątrz budynków, możliwe jest również oszacowanie odległości od nadajnika.

Inteligentne systemy stosowane w środowisku pracy

Inteligentne systemy wyposażone w układy czujników mają możliwości rejestracji sygnałów, ale również programowania układów je przetwarzających [5]. Ich integralną częścią są zespoły

komunikacyjne i urządzenia wykonawcze. Inteligentny system składa się z: systemu podstawowego/nośnika/podłoża (mechaniczny, tekstylny), czujnika (sensora), aktuatora, procesora i algorytmu przetwarzania danych procesowych.

Za pomocą aktuatorów sygnały nastawcze, wytworzone obróbką informacji, przetwarzane są w wielkości nastawcze. Działanie tych członów nastawczych jest oparte na wzmacnianiu energii. Dlatego konieczna jest energia pomocnicza, np. elektryczna czy plynowa (hydrauliczna, pneumatyczna), [5]. Jedną z istotnych cech tych systemów polega na tym, że ich właściwości w dużej mierze są określone przez elementy niematerialne, tzn. przez oprogramowanie. Przetwarzanie danych procesowych odbywa się za pomocą odpowiednich mikrosterowników, przystosowanych do wykonywania obliczeń w czasie rzeczywistym. Zawierają one: pamięć dla danych, pamięć dla programu, przetwornik analogowo-cyfrowy, porty wejścia/wyjścia, zarządzanie przerwami itp. Przetwarzanie danych procesowych odbywa się na wielu płaszczynach i przejmując różne zadania regulacji, nadzoru i optymalizacji.

Materiały inteligentne

Rozwój systemów inteligentnego środowiska pracy dokonuje się dzięki zastosowaniu nie tylko inteligentnych systemów, ale i materiałów, ze szczególnym uwzględnieniem ŚOI. Nazwę „materiały inteligentne” stosowano już w latach 80. ub.w. do opisu np. stopy z pamięcią kształtu, tworzyw termistorowych czy ceramiki piezoelektrycznej [5]. Ostatecznie przyjęto nazwę *intelligent material* [6], oznaczającą materiał zdolny do reagowania na bodźce zewnętrzne w efekcie istotnej zmiany swoich właściwości. Materiał taki łączy w sobie cechy czujnika, procesora i siłownika, i pozwala na wytworzenie sprzężeń zwrotnych. Natomiast, gdy posiada tylko część tych cech, to powinien być określony nazwą *smart material*. Z tego też powodu pierwsze inteligentne materiały włókiennicze nazwano *smart textiles* [6].

Równoległe obserwujemy rozwój tzw. elektroniki noszonej (*wearable electronics*), do której zaliczamy miniaturowe urządzenia elektroniczne, przystosowane do łatwego umieszczenia m.in. w odzieży [7], a także specjalistyczny sprzęt do pomiarów medycznych i sportowych [8]. Wśród sposobów łączenia układów elektronicznych ze strukturami tekstylnymi można wymienić umieszczenie w specjalnych kieszeniach wyrobu odzieżowego oraz zastosowanie elementu pośredniczącego pomiędzy układem elektronicznym a tkaniną. Kolejny sposób to nadruk układów elektronicznych na podłożu, np. na elastycznej folii [9]. Wykonane w tej technologii układy charakteryzują się elastycznością, niewielką grubością i wagą. Możliwe jest również nanoszenie elementów elektronicznych na włókna, z których wytworzony jest wyrób tekstylny [10]. Wykorzystywane są także włókna wielofunkcyjne, które, oprócz naturalnych cech włókienniczych wykazują właściwości: elektroprowadzące,

magnetyczne, piezoelektryczne, półprzewodnikowe czy przenoszące promieniowanie świetlne [11]. Elementami czujników mierzących drgania są m.in. włókna piezoelektryczne, wykorzystywane również jako mikroźródła energii elektrycznej, a także w konstrukcjach siłowników [12]. Stosowane są także włókna światłowodowe, głównie jako sensory [13] oraz elementy wzornicze. Uzupełnieniem zbioru włókien wielofunkcyjnych są włókna magnetyczne, umożliwiające konstruowanie sensorów i aktuatorów [14].

Czujniki inteligentne

Terminologia dotycząca czujników (sensorów) nie jest w literaturze jednolita. W zależności od stopnia obróbki sygnału elektrycznego stosowane są także pojęcia jak „przetwornik”, „przekształtnik”, „czujnik wartości pomiarowej”, „transducer” i inne [15]. Do rozwiązań z tego zakresu należy zaliczyć czujniki, przetworniki pomiarowe i systemy pomiarowe do automatycznej kontroli i badania w układach kontroli i sterowania procesami przemysłowymi i wytwarzania, systemy monitorowania środowiska pracy i zdrowia pracowników. Dzięki dołączeniu mikrokontrolera powstają nowe możliwości dalszej obróbki sygnału pomiarowego, tj.:

- nadzorowanie i protokołowanie danych pomiarowych w sensorze
- samoczynne wyzwalanie alarmów przy osiągnięciu stanów granicznych
- komunikacja z nadrzędnym komputerem lub systemem magistralowym, obliczenie pochodnych wielkości (np. sensor drogi może, przez różniczkowanie poprzednich wartości pomiarowych, podawać prędkość elementu na którym jest zamontowany)
- skupienie kilku przetworników w jednym sensorze i wspólne opracowanie sygnałów pomiarowych
- możliwość konfiguracji z zewnątrz przez przyłączony komputer.

Czujniki ze zintegrowaną cyfrową jednostką opracowującą są nazywane inteligentnymi. W języku angielskim stosowane jest pojęcie *smart sensor* (sprytny), co lepiej oddaje ich istotę.

Systemy bazujące na wiedzy (systemy ekspertowe)

Zadanie inżyniera wiedzy w początkowym okresie tworzenia systemów opartych na wiedzy sprowadzało się do pozyskiwania danych od ekspertów i przekształcania ich w reguły używane przez systemy ekspertowe. Ówczesne systemy oparte na wiedzy, zwane wówczas ekspertowymi SE (*Expert Systems*), a dzisiaj – ekspertowymi pierwszej generacji, symulowały postępowanie ekspertów w wąskiej dziedzinie wiedzy [16]. Na podstawie dostarczonych przez ekspertów danych prowadziły wnioski i dostarczały ekspertyzy (porad) w bardzo wąskiej dziedzinie wiedzy, np. usterek (w zastosowaniach technicznych). Innymi słowy: główną formą systemów opartych na wiedzy, było rozwiązywanie zadań, które wymagają kompetencji ekspertów w określonej dziedzinie przedmiotowej.

Wśród technologii i rozwiązań najważniejszych i wskazywanych w tym obszarze można wymienić: metody heurystyczne, bazy danych, hurtownie wiedzy, technologie semantyczne (wyszukiwarki semantyczne oparte na ontologiach – Web 2.0.), logikę rozmytą, sieci neuronowe, algorytmy genetyczne.

Tworząc systemy ekspertowe drugiej generacji dążono do poszerzenia źródeł wiedzy. Systemy te oparte zostały na wiedzy fundamentalnej, zawartej w dokumentach, takich jak projekty artefaktów, dokumenty finansowe itp. [17]. Zastrzeżenia budziło określanie ich nadal mianem systemów ekspertowych, gdyż nie naśladowały ekspertów, lecz rozwiązywały zadania, które wymagają kompetencji ekspertów w określonej dziedzinie przedmiotowej. SE drugiej generacji różniły się nie tylko podejściem do rozwiązywania problemów, używa się w nich bowiem wielu różnych typów reprezentacji wiedzy, sięgając do jej podstaw w danej dziedzinie.

Następnie pojawiło się więcej koncepcji systemów opartych na wiedzy (organizujących ją). Terminem „bazy wiedzy” obejmuje się nie tylko systemy powstałe dzięki pozyskaniu reguł postępowania (reguł produkcji) od ekspertów. Mówi się także o hurtowniach wiedzy (*knowledge warehouse*), [18]. Zakres zastosowań baz wiedzy nie ogranicza się zatem już tylko do działających autonomicznie, w wąskiej dziedzinie zastosowań, systemów ekspertowych. Tempo rozwoju oraz ogrom zasobów wiedzy udostępnianej z wykorzystaniem technologii internetowych wykreował potrzebę tworzenia nie tylko systemów wiedzy, których bezpośrednimi użytkownikami są ludzie, ale także systemów automatycznie ją przetwarzających. Klasyczne rozwiązania stosowane do zarządzania wiedzą będą uzupełniane o procesy zwane technologiami wiedzy lub semantycznymi [19]. Nastąpi integracja rozwiązań powstałych w obrębie technologii baz danych, zarządzania wiedzą ze sztuczną inteligencją (systemy oparte na wiedzy zawierające moduł wnioskujący). Systemy pozyskujące wiedzę automatycznie z różnych zasobów wiedzy i przetwarzające ją, wykorzystując metody inteligentne, będą stanowić systemy wspomaganie decyzji [20].

Maszyny i roboty dopasowujące się do zmieniających się warunków otoczenia

Zrobotyzowanie stanowisk produkcyjnych stosuje się w celu wspomaganie procesów technologicznych. Wykorzystywane są wtedy bieżące informacje o parametrach pracy napędów robota i procesu technologicznego. Bardzo często okazuje się jednak, że w pewnych, specyficznych warunkach istnieje potrzeba rozbudowy możliwości robota tak, aby nabył on „inteligencji”, polegającej na umiejętności dostosowania parametrów pracy do zmieniających się warunków otoczenia [21]. Aby było to możliwe, konieczne jest poszerzenie zakresu jego koncepcji sensorycznej. Oczywiście robot nie podejmuje decyzji, jednak jest w stanie, w sposób

optymalny dostosować się do niedoskonałości środowiska i materiałów czy elementów, które będzie wykorzystywał. Elementy sensoryczne występujące w stanowiskach zrobotyzowanych można podzielić na: rejestrujące dane dotyczące realizowanego procesu technologicznego oraz monitorujące w sposób niezależny dane dotyczące stanu parametrów elementów robota w celu zapobieżenia potencjalnym uszkodzeniom robota (pomiar parametrów, których odchyłki mogą oznaczać niebezpieczeństwo wystąpienia awarii w przyszłości), [22].

Systemy sensoryczne wkroczyły również w jeszcze jeden ważny obszar stanowisk zrobotyzowanych, a mianowicie w systemy bezpieczeństwa. Nie chodzi tutaj o wszelkiego rodzaju bariery świetlne czy maty bezpieczeństwa, ale o rozwiązania implementujące własne czujniki serwowatorów robota i wykorzystujące pochodzące z nich informacje, w celu zapewnienia bezpieczeństwa na stanowiskach zrobotyzowanych [22]. Dotychczasowe rozwiązania oparte na nadrzędnych systemach bezpieczeństwa, w których robot był elementem wpinanym w system i podlegającym wyłączeniu w przypadku zaistnienia sytuacji niebezpiecznej, charakteryzowały się dużą liczbą elementów bezpieczeństwa oraz koniecznością zachowania jego rygorystycznych stref. Nowe podejście, wykorzystujące informacje o położeniu poszczególnych osi robota oraz jego punktów TCP (ang. *Tool Center Point*), pozwala, z jednej strony: zmniejszyć powierzchnię stref bezpieczeństwa, a z drugiej: na dynamiczne zarządzanie strefami, ich aktywację lub dezaktywację w trakcie pracy robota, w zależności od aktualnej przestrzeni jego pracy. Znane są również rozwiązania, które wykorzystują informację o obecności pracownika w strefie pracy robota i optymalizują jego trajektorię w sposób zapewniający bezpieczeństwo [23].

Rozwijającym trendem w robotyce jest również wprowadzenie zdalnego monitoringu i diagnostyki robota w trakcie jego eksploatacji [24]. Zastosowanie układów sensorycznych, monitorujących parametry pracy napędów manipulatora, jak i przekładni (pomiar drgań i temperatury podzespołów) oraz dokładności pozycjonowania jednostki mechanicznej pozwala pozyskać informacje o anomaliami, a następnie na podjęcie działań prewencyjnych (przewidywanie awarii). Wśród głównych rozwiązań w tym obszarze można wymienić:

- system *Safe Move* – ograniczanie ruchu robota do trójwymiarowych stref bezpieczeństwa, dających się przystosować do każdej potrzeby i przemysłowego zastosowania

- system *Safe Operation*, który wprowadza do stosowania to, co w normach bezpieczeństwa robotów określane jest jako „elastyczne i bezpieczne ograniczanie osi i przestrzeni”. System monitoruje położenie robota, oś po osi i określa dwie główne przestrzenie robocze w zrobotyzowanym stanowisku. Pierwsza jest przestrzenią operacyjną, w której robot jest zaprogramowany do poruszania się przy wykonywaniu operacji. Druga jest zastrzeżoną przestrzenią, w której,



Fot. Zhee Shee / Bigstockphoto

jeśli stanie się coś nieplanowanego, sterowanie zabezpieczające zapewni bezpieczne zatrzymanie robota

- system *DSC – Dual Check Safety*, który monitoruje w czasie rzeczywistym prędkość i położenie robota za pomocą dwóch niezależnych procesorów CPU w sterowniku robota. Funkcje te wykrywają naruszenie granic położenia i prędkości i wyłączają zasilanie silnika robota poprzez dwa niezależne kanały

- kamery bezpieczeństwa do trójwymiarowego nadzoru pomieszczeń – system *Safety-EYE*, który wykrywa i zgłasza przedostanie się obiektów do dowolnie zdefiniowanych stref ostrzegawczych i ochronnych.

Innym przykładem jest zastosowanie układu stereoskopowego, który umożliwia dokładniejsze określenie relacji przestrzennych w strefie obserwowanej przez kamery, co pozwala na zmniejszenie liczby fałszywych alarmów względem systemów jednokamerowych.

Podsumowanie

W nowoczesnej fabryce możliwa będzie ekonomiczna i elastyczna produkcja coraz mniejszych partii produktów, realizowanych w systemie przepływu jednej sztuki w bardzo krótkim czasie, przy wykorzystaniu uniwersalnych rozwiązań i coraz krótszych czasów przebrożeń maszyn. Produkowane elementy uzyskają dostęp

do świata IT i samodzielnie będą sterować swoim postępowaniem wytwarzania.

Taki sposób zarządzania produkcją wpłynie na zmianę warunków środowiska pracy, co przejawiać się będzie poprzez:

- zmiany procesów pracy z powodu wprowadzenia niestandardowych produkcji (bezpośrednie podejście projektowe do produkcji)
- wieloczynnikowe ryzyko spowodowane złożonością nowych technologii i procesów pracy
- awarie maszyn ze względu na zwiększony stopień wielofunkcyjności procesu produkcyjnego
- elastyczne godziny pracy i procesy pracy
- wykonywanie czynności pracy w różnych miejscach
- przeciążenie pracowników informacjami
- zmiany warunków środowiskowych (emisji substancji chemicznych i czynników fizycznych, w tym – zmiany klimatyczne).

Zmieniające się warunki środowiska pracy wymuszają na przedsiębiorstwach poszukiwanie nowych technologii również w obszarze bezpieczeństwa pracy. Obecnie stosowane środki bezpieczeństwa, które ograniczają elastyczność procesów produkcji bądź uniemożliwiają pełne wykorzystanie ich potencjału, będą, rzecz jasna, bezcelowe. Zamykanie maszyn w strefach bezpieczeństwa nie jest prawidłowym rozwiązaniem problemu. Konieczna staje się zmiana podejścia do zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy wspomaganego nowymi technologiami tworzonymi na potrzeby tego obszaru.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *The Internet of Things: Manage the Complexity, Seize the Opportunity*. <http://www.oracle.com/us/solutions/internetofthings/iot-manage-complexity-wp-2193756.pdf>, 17.10.2014 r.
- [2] Preimesberger C. *Internet of Things Will Change the Way We Work: 10 Reasons Why*. <http://www.eweek.com/cloud/slideshows/internet-of-things-will-change-the-way-we-work-10-reasons-why.html#sthash.d9f5ACT5.dpuf>, 17.10.2014 r.
- [3] *Lean manufacturing practices: Issues created when two companies are integrated and quality management standards are imposed*. Peter G.J., Shinn K., Fleener F. *Technology Management in the Energy Smart World (PICMET)*, 2011 Proceedings of PICMET '11: Publication Year: 2011, pp. 1-7
- [4] Ernzer M., Kesavadas T. *Interactive Design of a Virtual Factory using Cellular Manufacturing System*. Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation Detroit, Michigan May 1999
- [5] Wojciechowski S. *Materiały inteligentne. Stan zagadnienia 2003*. "Inżynieria Materiałowa" 2004, 2:59
- [6] ILO-OSH 2001: *Guidelines on occupational safety and health management systems*
- [7] Patel S., Park H., Bonato P., Chan L., Rodgers M. *A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation*. "Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation" 2012, 9:21
- [8] *Wearable Electroencephalography*. Casson, A.J., Yates D., Smith S., Duncan J.S., Rodriguez-Villegas E. "Engineering in Medicine and Biology Magazine", 2010, IEEE Vol. 29 Issue 3:44-56 DOI: 10.1109/EMEM.2010.936545
- [9] PLACE-it <http://www.place-it-project.eu/>, 24.09.2012 r.
- [10] Krucińska I., Domagała W., Cybala M., Bonfiglio A. *Coating Methods of Fibres Used for Textile Transistors*. XII Scientific Conference, Faculty of Material Technologie and Textile Design, Technical University of Lodz 2009
- [11] Kurczewska A., Leśnikowski J. *Variable, Thermoinsulation Garments With a Microprocessor Temperature Controller*. "International Journal of Occupational Safety and Ergonomics" (JOSE), 2008, Vol. 14, No 1:77-87
- [12] Zięba J. *Models of Textile Magnetic Core*. "Research Journal of Textile and Apparel" 2007, Vol. 11, No 4
- [13] Zięba J., Frydrysiak M., Gniołek K. *Textronics Systems for the Breathing Measurement*. "Fibres & Textiles in Eastern Europe" January/December 2007, Vol. 15, No 5-6:64-65
- [14] Rubacha M., Zięba J. *Magnetic Cellulose Fibres and their Application in Textronics*. "Fibres & Textiles in Eastern Europe" January/December 2007, Vol. 15, No. 5-6:64-65
- [15] R. Czabanowski *Sensory i systemy pomiarowe*. oai: www.dbc.wroc.pl: 7205, 21.10.2014 r.
- [16] *Expert system and its requirement engineering process*. Agarwal M., Goel S. *Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)*, Publication Year: 2014, pp: 1-4 DOI: 10.1109/ICRAIE.2014.6909306
- [17] *Model-based diagnosis directed by heuristic search*. Hofmann M.O. *Artificial Intelligence for Applications*, 1993. Proceedings, Ninth Conference Publication Year: 1993, pp. 197-203 DOI: 10.1109/CAIA.1993.366610
- [18] *The Application and Research of Knowledge Warehouse in the Management of Enterprise Resources*. Dang Y., Yuan Z. *Computational and Information Sciences (ICCIS)*, International Conference Publication Year: 2011, pp. 491-494 DOI: 10.1109/ICCIS.2011.272
- [19] *Semantic Analysis on Knowledge System of Intelligence Science and Technology*. Yinghui H., Guanyu L. *Electrical and Control Engineering (ICECE)*, International Conference Publication Year: 2010, pp. 1868-1871 DOI: 10.1109/ICECE.2010.459
- [20] *Overview of the New Types of Intelligent Decision Support System*. Faguo Z., Bingru Y. Linna L., Zhuo Ch. *Innovative Computing Information and Control*, 2008. ICICIC '08. 3rd International Conference, Publication Year: 2008, p. 267 DOI: 10.1109/ICICIC.2008.412
- [21] *Adaptive sampling using mobile robotic sensors*. Shuo H., Jindong T. *Intelligent Robots and Systems (IROS)*. IEEE/RSJ International Conference, Publication Year: 2011, pp. 1668-1673 DOI: 10.1109/IROS.2011.6094777
- [22] Panasiuk J. *Zaawansowane rozwiązania sensoryczne na stanowiskach robotyzowanych*. Control Engineering Polska, listopad 2010, s. 30-35
- [23] Oberer-Treitz S. *New Safety Paradigm in Human-Robot-Cooperation*. Workshop presentation in: "Safe Human Robot Interaction with Industrial and Service Robots" at European Robotics Forum 2012, Odense, 6.03.2012
- [24] Rocco P. *Active Control of Safety: the ROSETTA Approach*. Workshop presentation in: "Safe Human Robot Interaction with Industrial and Service Robots" at European Robotics Forum 2012, Odense, 6.03.2012

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Kodyfikator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Wstęp

Każde miejsce pracy jest częścią jakiejś kultury organizacyjnej, której zasięg oddziaływania jest różny [1], zawsze jednak stanowi zbiór konwencjonalnych zachowań danego środowiska, determinując zachowanie się poszczególnych jej członków także wobec siebie. Tak też jest w przypadku pielęgniarek. W sprzyjających warunkach praca zawodowa może dostarczać wiele radości i zadowolenia. Nie jest to możliwe w rzeczywistości, w której środki materialne (finansowe, techniczne) zajmują miejsce pierwszoplanowe. Takie warunki nie sprzyjają budowaniu optymalnego dla pracowników klimatu organizacyjnego [2], a tym samym negatywnie wpływają na ich efektywność [3].

Ponadto w warunkach systematycznego pogarszania się relacji społecznych praca może stać się źródłem problemów i trudności. Wywołuje stan frustracji, zniechęcenia czy niezadowolenia u pracownika, a w efekcie negatywnie wpływa na działalność placówki, w której jest zatrudniony. Stan ten może sprzyjać występowaniu różnego rodzaju negatywnych zachowań w miejscu pracy, kwalifikowanych jako nowa, specyficzna grupa zagrożeń [4], charakteryzująca się często występującymi postawami nieetycznymi, naruszającymi godność pracownika. Jest to wynik swoistego przyzwolenia czy wręcz tolerancji tych zachowań.

Problematyka negatywnych zachowań w miejscu pracy jest ściśle związana z etyką zarządzania zasobami ludzkimi [5]. Występowanie takich zachowań determinowane jest przede wszystkim przez panujące w zespołach pracowniczych relacje interpersonalne. Pojawiają się w środowiskach, w których powszechne są zjawiska uprzedmiotowienia pracowników i zwykle dotyczą szykanowania, nękania, prześladowania, a zatem różnorodnych form przemocy związanej z miejscem pracy i sposobem jej wykonywania. Są to działania oddziałujące negatywnie zarówno na sferę prywatną, jak i zawodową pracownika (tj. we wszystkich obszarach jego funkcjonowania społecznego), [6]. Cechą właściwą każdego z negatywnych zachowań jest ich celowość i świadomość szkodliwego działania na „ofiara”, z wyjątkiem działań nieintencjonalnych [7], wynikających często z braku elementarnych zasad kultury i współzycia w grupie. Przybierają one najczęściej formy agresji psychicznej, ale i niekiedy fizycznej.

Z uwagi na to, że za cel artykułu przyjęto ocenę skali występowania negatywnych zachowań, determinujących zjawisko mobbingu w miejscu pracy pielęgniarek, zatrudnionych w szpitalach klinicznych, uwaga badawcza autorki skupia się na kontrproduktywnych zachowaniach z obszaru „agresji organizacyjnej” [8], występującej w odniesieniu do pielęgniarek zatrudnionych w wybranych szpitalach klinicznych. Na potrzeby artykułu przyjęto definicję mobbingu zawartą w Kodeksie pracy [9].

Metodologia badań

Materiał do badań stanowiły kwestionariusze ankiet dotyczące kultury organizacyjnej w szpitalach publicznych oraz występowania negatywnych zachowań w miejscu pracy. Udział w badaniu był dobrowolny i anonimowy. Jedynym kryterium kwalifikacji do udziału w nim było wykonywanie pracy na stanowisku pielęgniarki w strukturze organizacyjnej szpitali klinicznych Pomorza Zachodniego. Łącznie wydano 664 kwestionariusze ankiet, z czego do autorki wróciło 427, w tym nieuzupełnione w całości w liczbie 212. Kolejne 37 to kwestionariusze nieuzupełnione w części umożliwiającej ocenę występowania negatywnych zachowań w miejscu pracy, zgodnie z przyjętą w badaniu procedurą oceny metodą „obiektywną”.

Autorka opracowania, uwzględniając wcześniejsze doświadczenia w badaniach nad tego typu problematyką, pytania metryczkowe ograniczyła jedynie do tych bezwzględnie koniecznych dla prawidłowego przebiegu procesu badawczego, umożliwiającego uzyskanie założonych we wstępnej fazie celów badawczych. W przypadku obaw respondenta o identyfikację przez osoby postronne, dopuszczono pełne pominięcie tej części kwestionariusza ankiety. W związku z tym do dalszego opracowania/analizy statystycznej zakwalifikowano kwestionariusze niekompletne lub nieuzupełnione w części metryczkowej. Badanie zrealizowano w pierwszym kwartale 2014 r. Materiał do niego stanowiły 178 prawidłowo/ kompletnie wypełnione kwestionariusze ankiet w części dotyczącej występowania negatywnych zachowań (pytania 1-22). Badani to w zdecydowanej większości kobiety (176 osób, co stanowi 99,9% ogółu badanych), w wieku powyżej 43 lat (86 osób; 48,3%), legitymujące się wykształceniem wyższym (70 osób; 39,3%). Staż pracy w zawodzie pielęgniarki większości uczestników wynosił ponad 16 lat (86 osób; 66,3%). Szczegółowy opis charakteryzujący badaną grupę w zakresie danych socjometryczkowych przedstawiono w tabeli 1.