Małgorzata SŁAWIŃSKA[[1]](#footnote-1)\*, Michał DERBICH[[2]](#footnote-2)\*\*, Tomasz EWERTOWSKI\*, Izabela KRÓL\*\*, Marcin BERLIK[[3]](#footnote-3)\*\*\*

SKUTECZNOŚĆ ZARZĄDZANIA OPERACYJNEGO
NA PODSTAWIE BAZY INFORMACJI EKSPLOATACYJNEJ

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2019.080.17

W wielu współczesnych organizacjach napotyka się na problemy z dostępnością do informacji aktualizowanych w czasie rzeczywistym ze względu na elastyczność organizacji, która dostosowuje się do zmieniających się warunków funkcjonowania. W  odpowiedzi na te potrzeby opracowano zaawansowane modele operacyjne i platformy do obsługi operacji, które wśród licznych udogodnień mogą równocześnie udostępniać opcje prezentacji mierników operacyjnych obliczanych na bieżąco. Pociąga to jednak za sobą koszty pracy wielu osób, które wykonują manualnie zadania gromadzenia informacji oraz ich korektę. Dodatkowo, daleko posunięta integracja poszczególnych obszarów operacyjnych: produkcji/usług, logistyki, zakupów, sprzedaży, utrzymania technicznego, inwestycji itd. nie zawsze idzie w parze z adekwatnością danych w sytuacjach decyzyjnych.

Kierując uwagę na występujące w każdej organizacji zbiory danych związanych z oceną ryzyka zawodowego, która dotyczy każdego stanowiska pracy, napotykamy na bardzo wartościowe informacje odnoszące się do kontekstu zadaniowego. Zatem, projektując elektroniczny dostęp do tych zasobów i wdrażając mechanizmy adaptacyjne, można przyczynić się do poprawy skuteczności zarządzania operacyjnego przy równoczesnym skracaniu czasu procesów decyzyjnych i eliminowaniu niektórych czynności wykonawczych. Informacje pozyskiwane podczas analizy ryzyka zawodowego mają charakter systemowy czyli dotyczą zadań pracownika i sposobu użytkowanych środków technicznych, jest to równocześnie wspólny z zarządzaniem operacyjnym obszar wiedzy. Bardzo ważne jest przede wszystkim to, że zbadany i udokumentowany jest wpływem czynników otoczenia bliższego i dalszego na nieplanowane sytuacje. Charakter tych danych kwalifikuje je również do statusu zasobów informacji eksploatacyjnych a co za tym idzie, są wykorzystywane w systemowych rozwiązaniach z zastosowaniem elektrotechnicznych urządzeń bezpieczeństwa.

**Słowa kluczowe:** informacja eksploatacyjna, cykl sterowania, mechanizmy adaptacyjne

**1. WPROWADZENIE**

W obszarze działań na rzecz poprawy skuteczności zarządzania operacyjnego naczelne miejsce zajmuje analiza warunków determinujących długotrwałość cyklu sterowania ze względu na dynamikę i złożoność organizacji. Pomimo różnic w długotrwałości zadań cząstkowych, możemy skutecznie wspomagać bieżące zarządzanie procesami przemysłowymi, jeżeli wzbogacimy zasoby informacji o dane z obszaru analizy ryzyka zawodowego.

W cyklu sterowania organizacyjnego wyodrębniamy następujące etapy: monitorowanie mierników i wskaźników procesu oraz zmiennych procesowych, w tym mierników i wskaźników bezpieczeństwa, przetwarzanie i prezentacja informacji, ocena stanu systemu względem wzorca -planu, podejmowanie decyzji i ich wykonanie oraz kolejne pozyskiwanie i przetwarzanie informacji a następnie realizacja czynności wykonawczych powyższych decyzji (Rysunek 1). Co ważne w kontekście podjętego tematu, odnoszą się one bezpośrednio do sposobu użytkowania środków pracy. Dysponując informacjami na temat sposobów użytkowania obiektów technicznych przez pracowników można podejmować racjonalne decyzje, dzięki którym modyfikacja przebiegu procesu pracy zachodzi w krótszym czasie od dotychczasowego. Znajomość słabych punktów, również z zakresu bezpieczeństwa pracy, pozwala znacznie poprawić skuteczność decyzji operacyjnych oraz skrócić cykl sterowania (Butlewski, Dahlke, Drzewiecka, Pacholski, 2015, 4732-4739; Butlewski, Hankiewicz, 2015, 4860-4867). O korzyściach wynikających z opisywania zdarzeń przedwypadkowych dla decyzji operacyjnych pisze m.in. Tomasz Ewertowski (Ewertowski, 2018, 19-34).



Rys. 1. Model sterowania organizacyjnego

Informacje odnoszące się do sytuacji newralgicznych w pierwszym rzędzie dotyczą sytuacji poprzedzających stan zawodności sprawności środków pracy, dalej – do przewidywania sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa pracy, a następnie – do decyzji sterujących. Wsparciem w tym zakresie jest dostępność modeli procesów pracy i modeli analogicznych do rzeczywistych warunków sytuacji systemu pracy (Dahlke, 2013, 92). Te modele doskonale nadają się jako wzorce w ocenie odchyleń od przyjętych planów operacyjnych.

Budowanie modeli na podstawie scenariuszy awaryjnych ma kolejny pozytywny aspekt, ułatwia projektowanie alternatywnych rozwiązań dla różnych kryteriów oceny sytuacji problemowych. Jest to wiedza, która w sposób bezpośredni może być implementowana do zasobów wiedzy decyzyjnej kierowników operacyjnych. Jest to baza dla sytuacyjnych decyzji zarządzania operacyjnego.

**2. ŹRÓDŁA INFORMACJI EKSPLOATACYJNEJ**

**2.1. Scenariusze awaryjne**

Sytuacje wymagające decyzji operacyjnych można scharakteryzować jako stan systemu pracy, który wymaga kontekstowej wiedzy o prognozowanych sytuacjach w powiązaniu z czynnikami, które je aktywizują. Dobrze jest, jeżeli informacje w tym zakresie są automatycznie gromadzone w systemie. Najczęściej jednak, jeżeli sytuacje problemowe nie kończą się wypadkiem, stanowią jedynie osobiste doświadczenie pracownika. Odwołując się do udokumentowanych wymagań, można prognozować różne przebiegi procesów produkcyjnych wg rozpoznanych zależności, a dzięki temu staną się one podstawą dla decyzji operacyjnych. Wykorzystanie schematów scenariuszy awaryjnych stanowi dobry przykład analogicznego postępowania, które ma miejsce w diagnostyce technicznej i odnosi się do modelowania np. granic alarmowych, szybkości zmian wartości zmiennych procesowych (Kościelny, 2001, 28-47). Przykładem budowania łańcuchów przyczynowo-skutkowych są następujące scenariusze awaryjne związane z procesem produkcji szkła:

1. jeżeli odchylacz odprowadził kroplę do granulacji, i jeżeli nastąpiło przerwanie dawkowania do jednej stacji, i nastąpiła manipulacja w przestrzeni pod dolnymi zsuwami, to wystąpił wypadek;
2. jeżeli nie nastąpiło zatrzymanie obrotu zsuwni i wystąpiła manipulacja w przestrzeni obrotu, to wystąpi wypadek;
3. jeżeli nastąpiło czyszczenie maszyny i w strefie wyrzucanego szkła pojawiła się osoba, to wystąpił wypadek;
4. jeżeli nastąpiło brak potwierdzenia komunikatu kierownika przez pracownika zmianowego i nastąpiło zatrzymanie poszczególnych stacji to wystąpił wypadek;
5. jeżeli nie nastąpiło czyszczenie krat pomostów na końcu poprzedniej zmiany i nastąpiło uruchomienie maszyny na następnej zmianie, to wystąpiło uszkodzenie maszyny.

Przestawiony powyżej zapis sytuacji awaryjnych w sposób usystematyzowanych łańcuchów przyczyno-skutkowych wpływa na poprawę rozpoznawalności sytuacji przedwypadkowych i może stanowić istotne wsparcie w zapobieganiu tym zdarzeniom.

**2.2. Metody analizy ryzyka zawodowego**

Na podstawie uregulowań prawnych zawartych m.in. w art. 207 Kodeksu pracy, pracodawca zobowiązany jest chronić zdrowie i życie pracowników i zapewnić im bezpieczne warunki pracy (Górny, 2015, 4700-4707). Jednym z bardzo ważnych narzędzi do osiągnięcia tego celu jest ocena ryzyka zawodowego. Zgodnie z art. 226 Kodeksu pracy, pracodawca zobowiązany jest do oceny ryzyka związanego z pracą, podejmowanie działań profilaktycznych, dokumentowanie wyników oceny ryzyka i informowanie pracowników o ryzyku zawodowym związanym z wykonywana przez nich pracą (Dahlke, 2013, 80-87). W aktach prawnych nie określono wymogu wykorzystania konkretnych metod oceny ryzyka zawodowego. Fakt pozostawienia swobody w wyborze metody podkreśla rolę pracodawcy, który najlepiej zna możliwości organizacyjne, warunki funkcjonowania zakładu oraz kwalifikacje pracowników i w związku z tym, ma możliwość wybory najwłaściwszej metody oceny ryzyka w zakładzie. Ogólne wytyczne dotyczące zasad i metod oceny ryzyka zawodowego określają polskie normy (Butlewski, Tytyk, 2011, 113-131), a w szczególności norma PN-N-18002:2011.

Ocena ryzyka zawodowego może być prowadzona różnymi metodami, w zależności od celu badań, stopnia szczegółowości i charakteru otrzymanych wyników. Nie istnieje jedna skuteczna metoda, odpowiednia w każdym z rozpatrywanych przypadków, ponieważ należy uwzględnić specyfikę poszczególnych dziedzin gospodarki, rodzajów działalności oraz zakładów pracy (Gabryelewicz, Sadłowska-Wrzesińska, Kowal, 2015, 5822-5829). Uzyskane wyniki oceny ryzyka zawodowego powinny pozwolić na wyznaczenie jego dopuszczalności i w razie potrzeby ustalenie działań korygujących i zapobiegawczych.

Metody oceny ryzyka różnią się między sobą m.in. następującymi cechami charakterystyki:

1. sposobem zbierania informacji potrzebnych do oceny ryzyka,
2. zasobem informacji niezbędnych do przeprowadzenia oceny,
3. kryteriami odniesienia stosowanymi podczas oceny.

W zależności od ww. cech, wyróżnić możemy odmienne klasy metod:

1. metody matrycowe lub tablicowe, np.: metoda jakościowa wg PN-N-18002:
2011 (skale trój-stopniowa i pięciostopniowa) lub metoda wg MIL STD 882,
2. metody wskaźnikowe, np.: metoda ilościowa wg PN-N-18002:2011 (skala trójstopniowa), metoda ilościowa wg PN-N-18002 (skala pięciostopniowa), metoda *Risk Score*, pięć kroków do oceny ryzyka (*Five steps to riskassessment*),
3. metody graficzne, np.: kalkulator lub nomogram ryzyka wg CIOP-PIB lub graf wg PN-EN ISO 13849-1:2016-02,
4. metody analizy ryzyka, np.: wstępna analiza zagrożeń PHA, analiza bezpieczeństwa pracy JSA, analiza drzewa zdarzeń ETA, analiza drzewa błędów FTA, listy kontrolne,
5. metody analizy wypadków, np.: metoda badania wypadków w powiązaniu z oceną ryzyka KIK wg CIOP-PIB, metoda badania wypadków w powiązaniu z analizą ryzyka, z wykorzystaniem metody MORT.

Ponadto, częstym kryterium podziału przedstawionych metod jest zastosowanie praw logiki. Na tej podstawie metody dzielimy na dedukcyjne, które wykorzystują tzw. zasadę „od ogółu do szczegółu” oraz indukcyjne wykorzystują tzw. zasadę „od szczegółu do ogółu”.

Wybór właściwej metody oceny i analizy ryzyka zawodowego powinien być adekwatny do charakteru analizowanego obiektu, procesu lub stanowiska pracy, a członkowie zespołu oceniającego powinni posiadać odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie oraz dostęp do potrzebnych informacji i czas na przeprowadzenie danej metody. Wykorzystując je w praktyce można zauważyć, że większość zawiera wiele analogii w sposobie postępowania. Podstawowa różnica między metodami oceny i analizy ryzyka zawodowego dotyczy fazy cyklu życia systemu, który jest przedmiotem badania, np. dla wstępnej analizy zagrożeń (**PHA**) jest nią faza projektowania. Metody mogą różnić się również zakresem i stopniem kompleksowości analizy. Przykładem metody, dzięki której można uzyskać bardzo szerokie spektrum analizy niekorzystnych zdarzeń jest metoda analizy drzewa błędów (**FTA**).

**2.2.1. Metoda wstępnej analizy zagrożeń PHA**

Wstępna analiza zagrożeń PHA jest metodą matrycową pozwalająca na jakościowe oszacowanie ryzyka. W ocenie ryzyka prowadzonej metoda PHA zakłada się możliwość powstania wypadku i jakościowo szacuje możliwe jego skutki lub możliwą utratę zdrowia.

Ryzyko określa się, korzystając z opracowanej matrycy na podstawie zależności:

W = S × P (1)

gdzie:

S – stopień szkód,

P – prawdopodobieństwo szkód.

Często korzysta się z niej w fazie projektowania obiektu/systemu, ponieważ na tych etapach prac występuje mała liczba informacji dotyczących szczegółów projektu i procedur działania oraz może być prekursorem do dalszych badań. Metoda ta używana jest także przy przeprowadzaniu oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy. Podczas szacowania ryzyka tą metodą uwzględnia się dwa czynniki: prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia oraz stopień ich szkód.

Ocena ryzyka według metody PHA rozpoczyna się od przygotowania listy potencjalnych zagrożeń. Jest ona sporządzana m.in. na podstawie zastosowanych materiałów, wyposażenia czy środowiska, związanych z danym procesem. Następnie, należy dokonać oceny stopnia szkód oraz prawdopodobieństwo ich wystąpienia zgodnie z przyjętą skalą. Po określeniu wartości tych parametrów następuje oszacowanie ryzyka poprzez wykorzystanie matrycy ryzyka.

**2.2.2. Metoda analizy drzewa błędów FTA**

Metoda drzewa błędów jest jakościową metodą analizy ryzyka wykorzystującą strukturę drzew logicznych, pozwalającą na modelowanie przebiegu niekorzystnych zdarzeń i ich analizę. Poszczególne czynniki mogące doprowadzić do zdarzenia oraz ich potencjalne skutki zobrazowane są na tzw. drzewie błędu, które ukazuje współzależności pomiędzy potencjalnym, głównym zdarzeniem i przyczynami tego zdarzenia. Analiza drzewa błędów FTA jest graficznym modelem zależności przyczynowo-skutkowych. Metoda analizy drzewa błędów umożliwia identyfikację i ocenę skuteczności rozwiązań technicznych oraz proceduralnych wprowadzanych w celu zwiększenia niezawodności obiektów w wypełnianiu określonych zadań funkcjonalnych we wszystkich ich stanach eksploatacyjnych, którymi są:

– normalna eksploatacja,

– konserwacja,

– stany awaryjne,

– procedury rozruchu i odstawienia.

FTA pozwala również na uwzględnienie czynnika ludzkiego w:

– konserwacjach,

– obsłudze operatorskiej,

– oddziaływaniu człowiek–maszyna,

– środowisku pracy.

FTA pozwala zidentyfikować i oszacować skutki uszkodzenia sprzętu, błędów obsługi, zdarzeń zewnętrznych, wynikających ze środowiska pracy, zasad eksploatacji oraz lokalizacji instalacji lub naturalnych zjawisk przyrodniczych, które przyczyniają się do zaistnienia określonych stanów niesprawności instalacji. Drzewo błędów jest schematem (Rysunek 2), w którym zdarzenia są połączone za pomocą bramek logicznych. Każda bramka ma połączenie z 1 zdarzeniem wyjściowym i 1 lub więcej zdarzeniami wejściowymi. Najważniejsze symbole logiczne używane w tej metodzie to znak sumy logicznej oraz znak iloczynu logicznego.



Rys. 2. Przykład graficzny metody analizy drzewa błędów FTA

Metody analizy ryzyka należy traktować jako uporządkowany sposób dokumentowania, tworzenia zapisu na temat charakterystyki badanego systemu. Opis ten zawiera informacje o istocie danej organizacji, o jej właściwościach, takich jak: poziom bezpieczeństwa elementów systemu, produktywność metody pracy, użyteczność środków pracy oraz ergonomiczność stanowisk (Gruszka, Tytyk, 2018, 76-80; Jasiulewicz-Kaczmarek, Szwedzka, Szczuka, 2015, 4876-4883).

**3. BAZA INFORMACJI EKSPLOATACYJNEJ**

**3.1. Informatyczne narzędzia modelowania systemów pracy**

Ogólnym celem eksploatacji obiektu technicznego jest jego wykorzystanie zgodnie z przeznaczeniem, a dane o zjawiskach towarzyszących są nazywane informacją eksploatacyjną. Zasoby te obejmują wszelkie informacje o zjawiskach zachodzących w sferze użytkowania i szeroko rozumianej obsługi. Dotyczą one wartości parametrów technicznych obiektu, czynników ekonomicznych i społecznych oraz celów przyjętych przez daną jednostkę organizacyjną. Dane te jednak nabierają znaczenia dla zadań w sferze eksploatacji tylko wtedy, kiedy są aktualne i dostępne w czasie rzeczywistym. Można to osiągnąć wówczas, gdy informacje są pozyskiwane, przetwarzane i udostępniane w środowisku elektronicznym. Są one wówczas adekwatne do bieżącej sytuacji decyzyjnej i dzięki temu mogą bezpośrednio wpływają na poprawę skuteczności zarządzania operacyjnego. Jak wskazują przedstawione w artykule przykłady, tworzenie bazy informacji eksploatacyjnej nie wymaga narzędzi dedykowanych, co nie wymusza ponoszenia wysokich nakładów inwestycyjnych. Do tworzenia bazy informacji eksploatacyjnej odpowiednia jest zarówno aplikacja biurowa MS Excel jak i platforma złożonego narzędzia, jakim jest program FlexSim. Autorzy w artykule wskazują, że dla skuteczności zarzadzania operacyjnego decydująca jest znajomość relacji systemowych, a dokładnie, analiza kontekstu zadaniowego w sytuacjach awaryjnych i opisanie łańcuchów przyczynowo-skutkowych.

**MS Excel** – najpopularniejsza aplikacja biurowa służąca do przetwarzania danych liczbowych. Ten rozbudowany arkusz kalkulacyjny, doskonale radzi sobie z przetwarzaniem ogromnej ilości danych i wyszukiwaniu zależności między nimi, a dzięki wykorzystywaniu funkcji logicznych oraz predefiniowanych algorytmów postępowania, potrafi przeprowadzić skomplikowane operacje matematyczno-logiczne w wielu seriach.

Zaletą Excela jest możliwość tworzenia półautomatycznych formuł, które potem można stosować na seriach danych, wykorzystując adresowanie względne, bezwzględne oraz mieszane. Możliwe jest korzystanie z informacji znajdujących się na innych arkuszach tak, aby utworzyć relacyjną bazę danych.

W wyniku zastosowanych działań możemy otrzymać zestaw danych liczbowych, wynik operacji logicznych czy też rozwiązanie konkretnego algorytmu, przy czym wyniki mogą być zaprezentowane w wygodnej formie tabelarycznej, jak również w postaci wykresów.

Nauka podstawowych funkcji tego programu nie jest skomplikowana, opiera się na intuicyjnym przeprowadzaniu działań matematycznych na komórkach zawierających dane. Nieco więcej wysiłku wymaga przedstawienie danych wynikowych w wygodnej formie tabel przestawnych lub wykresów, formatowaniu warunkowym tekstu lub akcji wyzwalanej funkcją logiczną.

W kwestii modelowania zagrożeń MS Excel może posłużyć pomocą w kwestiach:

– obliczania podstawowych parametrów symulacyjnych,

– wykonywania wprowadzonych wcześniej algorytmów w zależności od zmieniających się danych wejściowych,

– obliczania prawdopodobieństw zdarzeń w zależności od zmiennych losowych, predefiniowanych czy pobranych z źródeł zewnętrznych,

– sugerowania reakcji na pewne wydarzenia, w oparciu o obliczenia i algorytmy opisujące sytuację,

– prowadzenie symulacji zdarzeń, które dają się opisać za pomocą matematyki i logiki,

– uporządkowania serii danych w postaci czytelnych tabel przestawnych lub reprezentacji graficznej (wykresy),

– wygodnego tworzenia podsumowań i raportów na podstawie danych liczbowych.

**Program FlexSim** jest narzędziem służącym do odwzorowania procesów zachodzących w konkretnym środowisku poprzez symulację. Pozwala utworzyć kompletną infrastrukturę zakładu, przedsiębiorstwa czy instytucji, odwzorowaną w najmniejszych szczegółach, a także zasymulować wszelkie procesy, jakie w tych miejscach zachodzą, czy jest to produkcja, ruch towaru w magazynie, czy proces obsługi klientów lub inne. Dzięki wiernemu odwzorowaniu warunków panujących w danym miejscu umożliwia bezinwazyjne, dogłębne przyglądanie się występującym tam realnym problemom, a co za tym idzie, skuteczne im zapobiegać w możliwie najlepszy sposób.

FlexSim posiada wbudowany mechanizm generowania eksperymentów i sprawdzania alternatywnych scenariuszy. Dzięki niemu otrzymujemy pełny obraz przebiegu możliwych zagrożeń dotyczących zarówno poszczególnego miejsca pracy pojedynczej osoby, jak i całej jednostki organizacyjnej. Dzięki możliwości błyskawicznego przeprowadzenia licznych, wielopoziomowych scenariuszy symulujących wystąpienie szerokiej gamy zdarzeń, narzędzie to jest bezcenne w procesach związanych z analizą bezpieczeństwa ludzi oraz nieocenionym wsparciem przy rozbudowanych procesach decyzyjnych. Potrafi wskazać w systemie słabe punkty, wychwycić potencjalne zagrożenia, znaleźć przyczyny przestojów, pomaga zoptymalizować procesy wpływające na jakość, wydajność i bezpieczeństwo.

Program umożliwia tworzenie skomplikowanych raportów i analiz bazujących na wynikach setek tysięcy przeprowadzanych symulacji. Dane te są kopalnią wiedzy, a wnioski z niej pochodzące pozwalają zoptymalizować zachodzące w danym miejscu procesy, czy jest to produkcja, logistyka, służba publiczna, stając się bezcenną pomocą w modelowaniu zagrożeń.

**3.2. Projektowanie elektronicznej bazy wiedzy o systemie pracy**

Informacje na temat sytuacji problemowych, które wystąpiły w procesie użytkowania urządzeń technicznych doskonale wzbogacają wiedzę na temat procesu pracy (Mrugalska, 2018, 257-266). Dzięki upowszechnianiu danych pozyskiwanych w czasie prowadzenia analizy ryzyka zawodowego można zgromadzić zasoby wiedzy w zakresie takich informacji, które w otwartym dostępie znacznie obniżą ryzyko błędnych decyzji zarządczych. Każda z metod analizy ryzyka zawodowego we wstępnym etapie badawczym zawiera szczegółową dokumentację danych na temat istoty danego systemu (Górny, 2011, 14-17).

Postępowanie według przedstawionego na rysunku nr 3 algorytmu pozyskiwania informacji eksploatacyjnej jest metodą implementacji danych z obszaru zarządzania bezpieczeństwem pracy do obszaru organizacji procesów przemysłowych i eksploatacji maszyn.

Punktem odniesienia w projektowaniu dedykowanej kierownikom operacyjnym bazy informacji eksploatacyjnej jest określenie profilu użytkownika tzn., opisanie jego potrzeb na podstawie zakresu odpowiedzialności i specyfikacji obowiązkowych zadań wykonywanych przez danego decydenta (krok 1). Następuje zdefiniowanie szczegółowych wymagań względem wykonawczych czynności procesów decyzyjnych. Rozpoznanie obszaru odpowiedzialności użytkowników bazy informacji eksploatacyjnej wskazuje na istotne relacje systemowe i uzasadnia utworzenie formuł wnioskowania, wg których następuje przetwarzanie danych. Aby uzyskać relewantne informacje (Jurga, Sławińska, 2011, 29 -31; Więcek-Janka, Sławińska, 2018, 104-105) powinna być zaplanowana ich struktura z podziałem na własności elementów technicznych (Tabela 1) oraz na właściwości podsystemów, w których zawarta jest wiedza o kontekście zadaniowym (Tabela 2) czyli, kontekście użycia tych elementów (krok 2). Rzetelne dane, które odwzorowują rzeczywiste zdarzenia gospodarcze umożliwiają odwzorowanie bieżącego stanu rzeczywistości w postaci mierników i wskaźników przypisanych ocenie efektywności wykonawczych czynności procesów decyzyjnych (krok 3). W krokach od 4 do 9 i 11 zawarte jest postępowanie wybierania adekwatnej do specyfiki organizacji i charakteru procesów produkcyjnych metody analizy ryzyka zawodowego (Sławińska, 2019, 110). W kroku 10 następuje implementacja pozyskanych zasobów do bazy informacji eksploatacyjnej, gdzie jest przetwarzana i udostępniana np. z wykorzystaniem programowalnych urządzeń do przekazywania danych za pośrednictwem sieci komórkowej.

Oddzielenie kroku 9 i 10 w algorytmie pozyskiwania informacji eksploatacyjnej ma charakter techniczny. Ze względu na możliwość wystąpienia pustego zbioru danych lub wprowadzenia błędnych informacji, taka struktura algorytmu iteracyjnego zapobiegnie zapętleniu i zatrzymaniu cyklu iteracji, czyli przejściu krok po kroku z wykorzystaniem numerycznego algorytmu. Logicznie, krok 9 i 10 jest integralnym etapem pozyskiwania i gromadzenia informacji eksploatacyjnych.



Rys. 4. Algorytm pozyskiwania informacji eksploatacyjnej (opis kroków algorytmu został podany w tekście)

Tabela 1. Cechy konstrukcyjne

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indekskomórki** | **A** | **B** | **C** | **D** |
| **1** | **Element konstrukcyjny** | **własność** | **wartość** | **jednostka** |
| **2** | gabaryty maszyny | długość | 5400 | mm |
| **3** | gabaryty maszyny | szerokość | 2548 | mm |
| **4** | gabaryty maszyny | wysokość | 3250 | mm |
| **5** |  ciężar własny | masa ciężaru | 25 | tona |
| **6** | odległość form | długość | 140 | mm |
| **7** | odległość kropli | długość | 111 | mm |

Tabela 2. Wskaźniki i mierniki bezpieczeństwa

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Indeks komórki** | **A** | **B** | **C** | **D** |
| **1** | **cecha** | **minimum** | **maksimum** | **jednostka** |
| **2** | prędkość przepływu materiału (masy szklanej) | 45 | 210 | kropli/min |
| **3** | odległość form | 140 | 140 | mm |
| **4** | odległość kropli w dozowniku masy szklanej | 111 | 111 | mm |
| **5** | poziom oleju w punkcie smarowniczym | 2 | 3 | litry |
| **6** | ciśnienie hydrauliczne w rynnie spustowej | 2,5 | 4 | Bar |
| **7** | kąt pochylenia odstawki | 45 | 45 | stopnie |
| **8** | ciśnienie mechanizmu kiera | 3,8 | 4 | Bar |
| **9** | poziom hałasu maszyny | 30 | 120 | dB |
| **10** | wibracja maszyny | o | 1000 | Hz |

Istotną cechą informacji zawartych w tabeli nr 1, którą wykorzystuje się do identyfikowania sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa jest charakteryzowanie własności obiektów technicznych. Własności bowiem są przypisane samemu obiektowi i wynikają z zastosowanych materiałów, rozwiązań konstrukcyjnych, zasad działania itd. Ich niezgodność ze wzorcem jest automatycznie identyfikowana jako problem.

Informacje zawarte w tabeli nr 2 charakteryzują względne cechy obiektów technicznych. Wskazują na pewne zależności, które występują w relacji z innymi obiektami oraz zależności od okoliczności towarzyszących jego eksploatacji. Właściwości obiektu są determinowane także przez jego własności, np. w sytuacji ich utraty.

**4. ZNACZENIE PRZEKROJOWYCH DANYCH SYSTEMOWYCH**

Zaproponowane opisywanie rzeczywistych sytuacji językiem logicznych relacji, które występują między elementami technicznymi systemu za pośrednictwem parametrów charakterystyki funkcjonalnej dostarcza autentycznego wsparcie w sytuacjach decyzyjnych. Łącząc informacje dotyczące stanowiskowej oceny ryzyka zawodowego i zasoby wiedzy zgromadzonej w trakcie analizy bezpieczeństwa pracy poprawiamy skuteczność zarządzania operacyjnego przy optymalnych nakładach finansowych i znacznie skracając czas przeznaczony na osiągnięcie analogicznego celu (Sadłowska-Wrzesińska, 2018, 121-122). Należy również zauważyć, że wykorzystanie w tym zakresie technologii informatycznych otwiera kolejne możliwości wspierania procesów decyzyjnych, m.in. ze względu na możliwość tworzenie dowolnych relacji między posiadanymi zbiorami danych. Przedmiotowe relacje ilustrują związki przyczynowe, które rozpoznano w trakcie tworzenia scenariuszy awaryjnych.

Przykładowe zastosowanie logicznych formuł w środowisku powszechnie dostępnej aplikacji Excela umożliwia budowanie zasobów wiedzy systemowej (Rysunek 4).

|  |
| --- |
| =JEŻELI(J6="ISTNIEJE";"Bezpieczna praca maszyny.";"Uwaga awaria!")=JEŻELI(ORAZ(H3>=F3;H3<=G3);"ISTNIEJE";"NIE ISTNIEJE") |

Rys. 4. Struktura danych systemowych

Dalszym krokiem doskonalącym wspieranie decyzji operacyjnych jest rozbudowanie reguł o elementy sterowania urządzeniami bezpieczeństwa i wdrażania mechanizmów adaptacyjnych.

Mechanizmy adaptacyjnie w systemie pracy mają za zadanie sterować rozwiązaniami technicznymi, które z wykorzystaniem reguł decyzyjnych uruchamiają strumienie obronne czyli takie rozwiązania techniczne, które eliminują krytyczne ogniwa w łańcuchu przyczynowym zdarzeń wypadkowych i nie dopuszczając do ich wystąpienia.

**5. PODSUMOWANIE**

Na skuteczność zarządzania operacyjnego wpływa prawidłowa ocena bieżącego stanu systemu i ocena stopnia niezgodności względem przyjętych wzorców dla procesów (Rysunek 1). Dzięki temu, działania bezpośrednio dotyczące ich realizacji odpowiadają przyjętym harmonogramom a czas na ich ukończenie nie zostaje wydłużony. Niezbędna jest zatem aktualizowana charakterystyka stanu systemu pracy, której źródłem może być każda z metod analizy ryzyka, ponieważ zawiera szczegółową dokumentację danych na temat istoty danego systemu i jest ona cyklicznie aktualizowana. Opisy te zawierają ukierunkowane informacje, takie jak: poziom bezpieczeństwa elementów systemu, produktywność metody pracy, użyteczność środków pracy, a także oceny ergonomiczności stanowisk. Szczegółowość tych informacji zależy jednak od metody, w ramach algorytmu której są one pozyskiwane. Zasoby danych mogą być dosyć ogólne, jak w przypadku wstępnej analizy zagrożeń PHA, ponieważ jest to metoda matrycowa lub bardzo szczegółowe i kompleksowe, jak w przypadku metody analizy drzewa błędów. Metoda ta umożliwia identyfikację i ocenę skuteczności rozwiązań technicznych oraz proceduralnych wprowadzanych w celu zwiększenia niezawodności obiektów we wszystkich ich stanach eksploatacyjnych. Wybór właściwej metody analizy powinien odpowiadać wzorcom, celom lub planom jakie zostały opracowane dla organizacji.

Autorzy artykuły wskazują na duże znaczenie scenariuszy awaryjnych jako źródła informacji niezbędnego dla zrozumienia szerszego kontekstu realizacji procesu i podstawy dla opracowania opcjonalnych wzorców dla czynności wykonawczych. Przyjęto, że w skutecznym zarządzaniu operacyjnym korzystnym zjawiskiem jest utworzenie mechanizmów regulacji zasobami organizacji. Dla zobrazowania można posłużyć się podanym w rozdziale 2.1. przykładem:

- scenariusz awaryjny nr 1: „jeżeli odchylacz odprowadził kroplę do granulacji, i jeżeli nastąpiło przerwanie dawkowania do jednej stacji, i nastąpiła manipulacja w przestrzeni pod dolnymi zsuwami, to wystąpił wypadek;

- mechanizm regulacji zasobami organizacji: jeżeli urządzenie fotooptyczne zarejestruje przerwanie dawkowania do co najmniej jednej stacji, to następuje wygenerowanie sygnalizacji dźwiękowej i świetnej oraz powiadomienie przełożonego drogą komunikacji bezprzewodowej. Równocześnie w przestrzeni pod dolnymi zasuwami wykonano zabezpieczenie przestrzeni manipulacyjnej matą ciśnieniową z sygnalizatorem nacisku generowanym w trakcie realizacji procesu produkcyjnego.

Projektowanie mechanizmów adaptacyjnych jest realnym sposobem wspomagania decydentów w ich zadaniach. Wdrożone formuły wnioskowania, które powstały na bazie wiedzy o sytuacjach trudnych dopełniają rozeznanie o przedmiocie decyzji (Rysunek 4). Wartością dodaną, która ma wyjątkowy charakter jest również to, że pozyskana wiedza podczas analizowania scenariuszy awaryjnych integruje zasoby systemu pracy w kompleksowym ujęciu sytuacji decyzyjnej. Formuły wnioskowania generowane w środowisku elektronicznych urządzeń służących do przekazywania danych, łączy automatycznie wiedzę o stanie technicznym maszyn i urządzeń z informacjami o sposobie ich użytkowania i obsługiwania, a także o dynamice zadań pracownika.

W artykule przedstawiono przykładowo dwie metody wstępnej analizy zagrożeń PHA służącą do identyfikacji zagrożeń oraz metodę analiza drzewa błędów FTA łączącą identyfikację zagrożeń i oszacowanie ryzyka. Obydwie metody stanowią wzory postępowania podczas identyfikowania istotnych informacji o charakterze systemowym, które są niezbędne w zarządzaniu operacyjnym. Ponieważ nie istnieje jedna skuteczna metoda, odpowiednia w każdym z rozpatrywanych przypadków, dlatego opis sytuacji pracy może być prowadzony różnymi metodami, w zależności od celu badań, stopnia szczegółowości i charakteru otrzymanych wyników.

**BIBLIOGRAFIA**

Butlewski M., Dahlke G., Drzewiecka M., Pacholski L., 2015, *Fatigue of Miners as a Key Factor in the Work Safety System*, Procedia Manufacturing, Vol. 3, 4732-4739.

 Butlewski, M.,Tytyk E., 2011, *Bezpieczeństwo w technice i organizacji*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.

 Butlewski M., Hankiewicz K., 2015, *Psychomotor Performance Monitoring System in the Context of Fatigue and Accident Prevention*, Procedia Manufacturing, Vol. 3, 4860-4867.

Dahlke G., 2013, Zarządzanie bezpieczeństwem pracy i higieną pracy. Modele systemowego zarzadzania bezpieczeństwem pracy, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.

Ewertowski T., 2018, *Doskonalenie systemu zgłaszania zdarzeń niepożądanych w organizacjach w kontekście wdrażania przez nie normy ISO 45001:2018,* Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie, nr 78, 19-34.

Gabryelewicz I., Sadłowska-Wrzesińska J., Kowal E., 2015, *Evaluation of Safety Climate Level in a Production Facility*, Procedia Manufacturing, Vol. 3, 5822-5829.

Górny, A., 2011, *Zarządzanie ryzykiem zawodowym*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.

Górny A., 2015, *Man as Internal Customer for Working Environment Improvements*, [Procedia Manufacturing](https://www-1sciencedirect-1com-100014abg03ae.han3.library.put.poznan.pl/science/journal/23519789), Vol. 3, 4700-4707.

Gruszka J.,Tytyk E., 2018, *Problemy ergonomiczne i jakościowe w różnych fazach istnienia wyrobów technicznych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzanie, nr 77, 76-80.

Jasiulewicz-Kaczmarek M., Szwedzka K., Szczuka M., 2015, *Behaviour Based Intervention for Occupational Safety – Case Study*, Procedia Manufacturing, Vol. 3, 4876-4883.

Jurga, A., Sławińska M., 2011, *Wybrane aspekty projektowania systemów informatycznych wspomagających procesy logistyczne*. Gospodarka materiałowa i Logistyka, 28-32.

Kościelny, J.M., 2000, *Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych,* Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa.

Mrugalska B., 2018, A bounded-error approach to actuator fault diagnosis and remaining useful life prognosis of Takagi-Sugeno fuzzy systems, ISA Transactions, Vol. 80, 257-266.

Sadłowska-Wrzesińska, 2018, s. 121-122, Kultura bezpieczeństwa pracy. Rozwój w warunkach cywilizacyjnego przesilenia, Oficyna Wydawnicza ASPRA-JR, War-
szawa.

Sławińska M., 2019, *Ergonomic engineering of technological devices*, Publising House of Poznan University of Technology, Poznań.

Więcek-Janka, E., and Sławińska M., 2018, Improvement of Interactive Products Based on an Algorithm Minimizing Information Gap.In R. Goossens (Eds.), *Advances in Social & Occupational Ergonomics. AHFE 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 605, 101-109, Springer, Cham.

**OPERATIONS MANAGEMENT EFFECTIVENESS
ON THE BASIS OF THE OPERATIONAL DATA**

Summary

There are some problems in contemporary organizations associated with availability of real-time update data. The reason for this is an adjustment of the organizations to their changing operating conditions. In response to that, advanced operating models have been prepared. Unfortunately, it has resulted from a huge amount of effort by the workers who collect and correct the data. Moreover, an advanced integration of individual operating areas (such as production, logistic, acquisitions, sales, maintenance and investments) does not always go hand in hand with an adequacy of the data in decision-making processes. In this context, there are valuable data about an occupational risk assessment in each organization. An electronic access to the data design and adaptation mechanisms implementation can improve both the operational management and decision-making processes. This way we can also reduce some actions. The occupational risk assessment data have system character because they are connected with both worker duties and ways of the technical means usage. It is also an common area of knowledge with the operational management. First of all, an examined and documented influence of internal and external factors on unplanned situations is very important. The character of these data qualifies them for operating information resources. Hence, they are applied in system solutions using electrotechnics devices of safety.

**Key words**: operating information, control cycle, adaptation mechanisms

1. \* Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania. [↑](#footnote-ref-1)
2. \*\* student Inżynierii bezpieczeństwa, Wydział Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska [↑](#footnote-ref-2)
3. \*\*\* doktorant Wydziału Inżynierii Zarządzania, Politechnika Poznańska [↑](#footnote-ref-3)