

Małgorzata SŁAWIŃSKA\*, Michał DERBICH\*\*,  
Tomasz EWERTOWSKI\*, Izabela KRÓL\*\*, Marcin BERLIK\*\*\*

## SKUTECZNOŚĆ ZARZĄDZANIA OPERACYJNEGO NA PODSTAWIE BAZY INFORMACJI EKSPLOATACYJNEJ

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2019.080.16

W wielu współczesnych organizacjach napotyka się trudności w dostępie do informacji aktualizowanych w czasie rzeczywistym ze względu na elastyczność organizacji, która dostosowuje się do zmiennych 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. Ponadto 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, odnajduje się 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 użytkowania środków technicznych; jest to równocześnie wspólny z zarządzaniem operacyjnym obszar wiedzy. Bardzo ważne jest przede wszystkim to, że ten zbadany i udokumentowany obszar obejmuje wpływ czynników bliższego i dalszego otoczenia na nieplanowane sytuacje. Ze względu na swój charakter dane te mają również status 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

---

\* Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania.

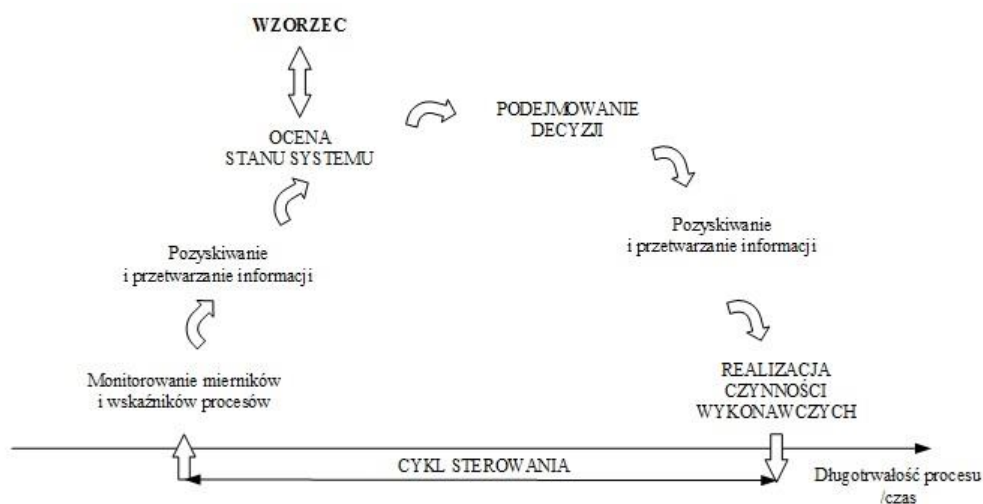
\*\* Politechnika Poznańska, student Wydziału Inżynierii Zarządzania.

\*\*\* Politechnika Poznańska, doktorant Wydziału Inżynierii Zarządzania.

## 1. WPROWADZENIE

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

W cyklu sterowania organizacyjnego wyodrębnia się 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 czynności wykonawcze wynikające z tych decyzji (rys. 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 procesu pracy zachodzi w czasie krótszym od dotychczasowego. Znajomość słabych punktów, również z zakresu bezpieczeństwa pracy, pozwala znacznie poprawić skuteczność decyzji operacyjnych oraz skrócić cykl sterowania (Butlewski et al., 2015, 4732–4739; Butlewski, Hankiewicz, 2015, 4860–4867). O korzystnym wpływie opisywania zdarzeń przedwypadkowych na decyzje operacyjne pisze m.in. Ewertowski (2018, 19–34).



Rys. 1. Model sterowania organizacyjnego. Opracowanie własne

Informacje odnoszące się do sytuacji newralgicznych dotyczą przede wszystkim okoliczności poprzedzających stan zawodności sprawności środków pracy, dalej – przewidywania sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa pracy, a następnie – 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 są bardzo przydatne jako wzorce w ocenie odchyleń od przyjętych planów operacyjnych.

Tworzenie modeli na podstawie scenariuszy awaryjnych ma kolejny pozytywny aspekt – ułatwia projektowanie alternatywnych rozwiązań z uwzględnieniem różnych kryteriów oceny sytuacji problemowych. Jest to wiedza, która w sposób bezpośredni może być implementowana do zasobów wiedzy decyzyjnej kierowników operacyjnych oraz stanowi bazę dla sytuacyjnych decyzji w zarządzaniu operacyjnym.

## 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 takie 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 według rozpoznanych zależności, a dzięki temu staną się one podstawą decyzji operacyjnych. Wykorzystanie scenariuszy awaryjnych stanowi dobry przykład analogicznego postępowania w diagnostyce technicznej, odnoszącego się do modelowania np. granic alarmowych, szybkości zmian wartości zmiennych procesowych (Kościelny, 2001, 28–47). Przykładem tworzenia łańcuchów przyczynowo-skutkowych są następujące scenariusze awaryjne związane z procesem produkcji szkła:

- (1) jeżeli odchylacz odprowadził kroplę do granulacji i jeżeli doszło do przerwania dawkowania do jednej stacji oraz manipulacji w przestrzeni pod dolnymi zsuwami, to wystąpił wypadek;
- (2) jeżeli nie nastąpiło zatrzymanie obrotu zsuwni i doszło do manipulacji w przestrzeni obrotu, to wystąpił wypadek;
- (3) jeżeli nastąpiło czyszczenie maszyny i w strefie wyrzucanego szkła pojawiła się osoba, to wystąpił wypadek;
- (4) jeżeli nastąpił brak potwierdzenia komunikatu kierownika przez pracownika zmianowego i doszło do zatrzymania 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 postaci usystematyzowanych łańcuchów przyczynowo-skutkowych przyczynia się do poprawy 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 jest zobowiązany chronić zdrowie i życie pracowników oraz zapewnić im bezpieczne warunki pracy (Górny, 2015, 4700–4707). Jednym z bardzo ważnych narzędzi służących do osiągnięcia tego celu jest ocena ryzyka zawodowego. Zgodnie z art. 226 kodeksu pracy pracodawca jest zobowiązany do oceny ryzyka związanego z pracą, podejmowania działań profilaktycznych, dokumentowania wyników oceny ryzyka i informowania pracowników o ryzyku zawodowym związanym z wykonywaną 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 świadczy o podkreśleniu roli pracodawcy, który najlepiej zna możliwości organizacyjne, warunki funkcjonowania zakładu oraz kwalifikacje pracowników i w związku z tym ma możliwość wyboru najwłaściwszej metody oceny ryzyka w zakładzie. Ogólne wytyczne dotyczące zasad i metod oceny ryzyka zawodowego są określone w Polskich Normach (Butlewski, Tytyk, 2011, 113–131), a w szczególności w 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 umożliwić wyznaczenie jego dopuszczalności i w razie potrzeby ustalenie działań korygujących i zapobiegawczych.

Metody oceny ryzyka różnią się m.in. pod względem:

- sposobu gromadzenia informacji potrzebnych do oceny ryzyka,
- zasobu informacji niezbędnych do przeprowadzenia oceny,
- kryteriów odniesienia stosowanych podczas oceny.

W związku z tymi różnicami wyodrębnia się kilka klas metod:

- metody matrycowe lub tablicowe, np. metoda jakościowa według PN-N-18002:2011 (skale 3-stopniowa i 5-stopniowa) lub metoda według MIL STD 882,

- metody wskaźnikowe, np.: metoda ilościowa według PN-N-18002:2011 (skala 3-stopniowa), metoda ilościowa według PN-N-18002 (skala 5-stopniowa), metoda *Risk Score*, pięć kroków do oceny ryzyka (*five steps to riskassessment*),
- metody graficzne, np. kalkulator lub nomogram ryzyka według CIOP-PIB lub graf według PN-EN ISO 13849-1:2016-02,
- metody analizy ryzyka, np.: wstępna analiza zagrożeń PHA, analiza bezpieczeństwa pracy JSA, analiza drzewa zdarzeń ETA, analiza drzewa błędów FTA, listy kontrolne,
- metody analizy wypadków, np. metoda badania wypadków w powiązaniu z oceną ryzyka KIK według CIOP-PIB lub 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 dzielą się na dedukcyjne – z wykorzystaniem tzw. zasady „od ogółu do szczegółu” – oraz indukcyjne – z wykorzystaniem tzw. zasady „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 analizy z zastosowaniem danej metody. W praktyce można zauważyć wiele analogii w sposobie postępowania według różnych metod. Podstawowa różnica między metodami oceny i analizy ryzyka zawodowego dotyczy fazy cyklu życia systemu, który jest przedmiotem badania, np. we wstępnej analizie zagrożeń (PHA) jest nią faza projektowania. Metody mogą się różnić 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 pozwalającą na jakościowe oszacowanie ryzyka. W ocenie ryzyka prowadzonej tą metodą zakłada się możliwość wypadku i szacuje się jakościowo jego możliwe skutki lub możliwą utratę zdrowia.

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

$$W = S \times P, \quad (1)$$

gdzie:

$S$  – stopień szkód,

$P$  – prawdopodobieństwo szkód.

Często stosuje się ją w fazie projektowania obiektu lub systemu, ponieważ na tych etapach prac występuje mało informacji na temat szczegółów projektu i procedur działania. Metoda ta używana jest także przy dokonywaniu oceny ryzyka

zawodowego na stanowiskach pracy. Podczas szacowania ryzyka tą metodą uwzględnia się dwa czynniki: prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia oraz stopień możliwych 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 prawdopodobieństwa ich wystąpienia zgodnie z przyjętą skalą. Po określeniu wartości tych parametrów następuje oszacowanie ryzyka z wykorzystaniem maczyzy ryzyka.

### 2.2.2. Metoda drzewa błędów FTA

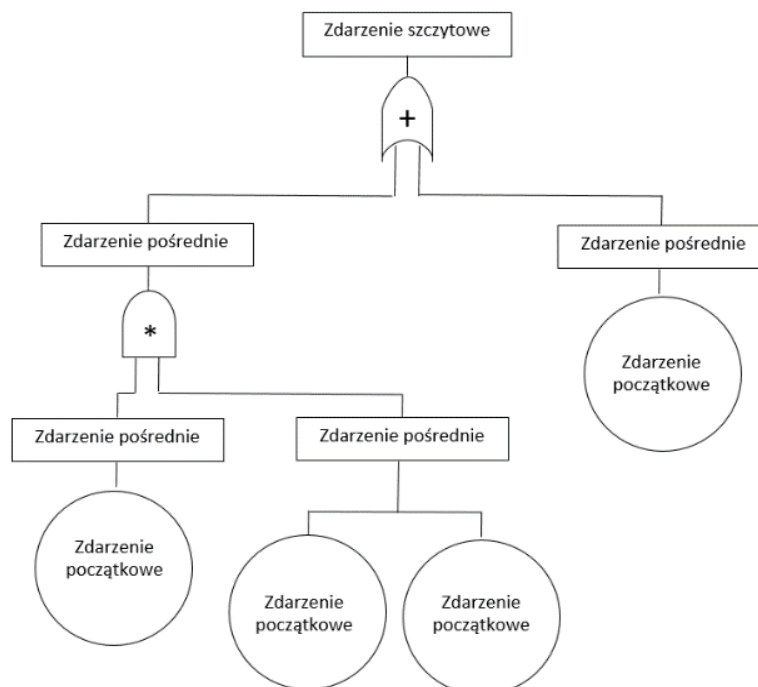
Metoda drzewa błędów jest jakościową metodą analizy ryzyka opartą na wykorzystaniu struktury drzew logicznych, umożliwiającą modelowanie przebiegu niekorzystnych zdarzeń i ich analizę. Poszczególne czynniki mogące doprowadzić do zdarzenia oraz ich potencjalne skutki są zobrazowane na tzw. drzewie błędów,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

- normalna eksploatacja,
- konserwacja,
- stany awaryjne,
- procedury rozruchu i odstawienia.

FTA umożliwia również 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 (rys. 2), w którym zdarzenia są połączone za pomocą bramek logicznych. Każda bramka ma połączenie z jednym zdarzeniem wyjściowym i jednym zdarzeniem wejściowym (lub z większą ich liczbą). Najważniejsze symbole logiczne używane w tej metodzie to znak sumy logicznej oraz znak iloczynu logicznego.



Rys. 2. Przykład graficzny metody analizy drzewa błędów FTA. Opracowanie własne

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 w przypadku 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 wówczas adekwatne do bieżącej sytuacji decyzyjnej i dzięki temu bezpośrednio wpływają na poprawę skuteczności zarządzania operacyjnego. Jak wynika z przedstawionych w artykule przykładów, tworzenie bazy informacji eksploatacyjnej nie wymaga stosowania specjalnych narzędzi, nie wiąże się więc z wysokimi nakładami inwestycyjnymi. Do tworzenia bazy informacji eksploatacyjnych odpowiednia jest zarówno aplikacja biurowa MS Excel, jak i platforma złożonego narzędzia, jakim jest program FlexSim. Autorzy wskazują w artykule, że o skuteczności zarządzania operacyjnego decyduje znajomość relacji systemowych, a dokładnie analiza kontekstu zadaniowego w sytuacjach awaryjnych i opisanie łańcuchów przyczynowo-skutkowych.

**MS Excel** jest najpopularniejszą aplikacją biurową służącą do przetwarzania danych liczbowych. Ten rozbudowany arkusz kalkulacyjny jest doskonałym rozwiązaniem pozwalającym na przetwarzanie ogromnej ilości danych i wyszukiwanie zależności między nimi, a dzięki wykorzystywaniu funkcji logicznych oraz predefiniowanych algorytmów postępowania może 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 też korzystanie z informacji znajdujących się na innych arkuszach, tak aby utworzyć relacyjną bazę danych.

W wyniku zastosowanych działań można 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 wykonywaniu działań matematycznych na komórkach zawierających dane. Nieco więcej wysiłku wymaga przedstawienie danych wynikowych w wygodnej formie tabel przestawnych lub wykresów, formatowanie warunkowe tekstu lub akcji wyzwalanej funkcją logiczną.

W kwestii modelowania zagrożeń MS Excel może być pomocny w kwestiach:

- obliczania podstawowych parametrów symulacyjnych,
- wykonywania wprowadzonych wcześniej algorytmów w zależności od zmieniających się danych wejściowych,
- obliczania prawdopodobieństwa zdarzeń w zależności od zmiennych losowych, predefiniowanych lub pobranych ze źródeł zewnętrznych,
- sugerowania reakcji na pewne wydarzenia na podstawie obliczeń i algorytmów opisujących sytuację,
- symulacji zdarzeń, które mogą być opisane 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 przez symulację procesów zachodzących w konkretnym środowisku. Pozwala na odwzorowanie w najmniejszych szczegółach kompletnej infrastruktury zakładu, przedsiębiorstwa czy instytucji, a także na symulację wszelkich procesów, jakie w tych miejscach zachodzą, np. produkcji, ruchu towaru w magazynie lub procesu obsługi klientów. Dzięki wiernemu odwzorowaniu warunków panujących w danym miejscu zyskuje się możliwość bezinwazyjnego, dogłębnego śledzenia występujących tam realnych problemów, a co za tym idzie, skutecznego im zapobiegania w możliwie najlepszy sposób.

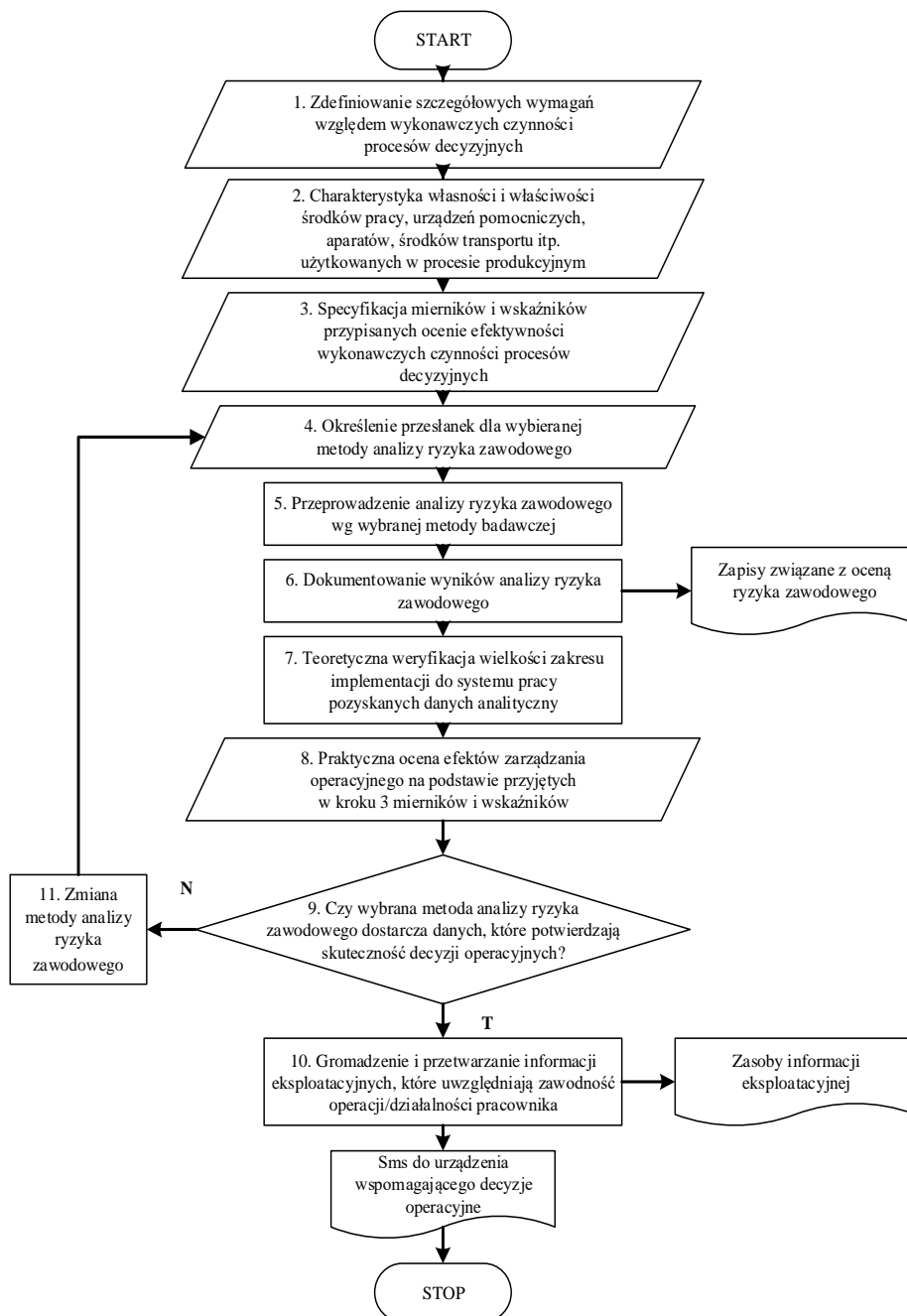
W programie FlexSim jest wbudowany mechanizm generowania eksperymentów i sprawdzania alternatywnych scenariuszy. Dzięki niemu otrzymuje się pełny obraz przebiegu możliwych zagrożeń dotyczących zarówno poszczególnych miejsc pracy pojedynczych osób, jak i całej jednostki organizacyjnej. Dzięki możliwości błyskawicznego tworzenia licznych wielopoziomowych scenariuszy symulujących wystąpienie różnorodnych zdarzeń narzędzie to jest niezwykle przydatne w procesach związanych z analizą bezpieczeństwa ludzi oraz stanowi nieocenione wsparcie w przypadku rozbudowanych procesów decyzyjnych. Z jego zastosowaniem można wskazać w systemie słabe punkty, wychwycić potencjalne zagrożenia, znaleźć przyczyny przestoju czy zoptymalizować procesy wpływające na jakość, wydajność i bezpieczeństwo.

Program umożliwia tworzenie skomplikowanych raportów i analiz opartych na wynikach setek tysięcy symulacji. Dane te są kopalnią wiedzy, a wynikające z nich wnioski pozwalają zoptymalizować zachodzące w danym miejscu procesy związane np. z produkcją, logistyką lub służbą publiczną; program jest więc 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 (Mrugańska, 2018, 257–266). Dzięki upowszechnianiu danych pozyskiwanych w ramach analizy ryzyka zawodowego można zgromadzić zasoby takich informacji, których znajomość znacznie zmniejszy ryzyko błędnych decyzji zarządczych. Każda z metod analizy ryzyka zawodowego na wstępnym etapie badawczym zawiera szczegółową dokumentację danych na temat istoty danego systemu (Górny, 2011, 14–17).

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



Rys. 3. Algorytm pozyskiwania informacji eksploatacyjnej  
(opis kroków algorytmu został podany w tekście).

Opracowanie własne

Punktem odniesienia w projektowaniu przeznaczonej dla kierowników operacyjnych bazy informacji eksploatacyjnych jest określenie profilu użytkownika, tzn. opisanie jego potrzeb na podstawie zakresu odpowiedzialności i specyfikacji obowiązkowych zadań wykonywanych przez danego decydenta (krok 1). Następuje wówczas zdefiniowanie szczegółowych wymagań względem czynności wykonawczych w ramach procesów decyzyjnych. Rozpoznanie obszaru odpowiedzialności użytkowników bazy informacji eksploatacyjnej wskazuje na istotne relacje systemowe i uzasadnia utworzenie formuł wnioskowania, według których następuje przetwarzanie danych. Aby uzyskać relewantne informacje (Jurga, Sławińska, 2011, 29–31; Więcek-Janka, Sławińska, 2018, 104–105), należy zaplanować ich strukturę z podziałem na właściwości elementów technicznych (tab. 1) oraz właściwości podsystemów, w których zawarta jest wiedza o kontekście zadaniowym (tab. 2), czyli o kontekście użycia tych elementów (krok 2). Rzetelne dane odwzorowujące rzeczywiste zdarzenia gospodarcze umożliwiają odwzorowanie bieżącego stanu rzeczywistości w postaci mierników i wskaźników przypisanych ocenie efektywności czynności wykonawczych w ramach procesów decyzyjnych (krok 3). Kroki 4–9 i 11 obejmują postępowanie mające na celu wybór metody analizy ryzyka zawodowego adekwatnej do specyfiki organizacji i charakteru procesów produkcyjnych (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 kroków 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 algorytmu numerycznego. Pod względem logicznym kroki 9 i 10 stanowią integralny etap pozyskiwania i gromadzenia informacji eksploatacyjnych.

Tabela 1. Cechy konstrukcyjne

| <b>Indeks komórki</b> | <b>A</b>                               | <b>B</b>        | <b>C</b>       | <b>D</b>         |
|-----------------------|--|-----------------|----------------|------------------|
| <b>1</b>              | <b>cecha charakterystyczna systemu</b> | <b>parametr</b> | <b>wartość</b> | <b>jednostka</b> |
| <b>2</b>              | gabaryty maszyny                       | długość         | 5400           | mm               |
| <b>3</b>              | gabaryty maszyny                       | szerokość       | 2548           | mm               |
| <b>4</b>              | gabaryty maszyny                       | wysokość        | 3250           | mm               |
| <b>5</b>              | masa                                   | masa            | 25             | t                |
| <b>6</b>              | odległość między formami               | długość         | 140            | mm               |
| <b>7</b>              | odległość między kroplami              | długość         | 111            | mm               |

Opracowanie własne.

Tabela 2. Wskaźniki i mierniki bezpieczeństwa

| <b>Indeks komórki</b> | <b>A</b>  | <b>B</b>       | <b>C</b>        | <b>D</b>         |
|-----------------------|---|----------------|-----------------|------------------|
| <b>1</b>              | <b>cecha</b>  | <b>minimum</b> | <b>maksimum</b> | <b>jednostka</b> |
| <b>2</b>              | prędkość przepływu materiału (masy szklanej)        | 45             | 210             | krople/minutę    |
| <b>3</b>              | odległość między formami                            | 140            | 140             | milimetr         |
| <b>4</b>              | odległość między kroplami w dozowniku masy szklanej | 111            | 111             | milimetr         |
| <b>5</b>              | poziom oleju w punkcie smarowniczym                 | 2              | 3               | litr             |
| <b>6</b>              | ciśnienie hydrauliczne w rynnie spustowej           | 2,5            | 4               | bar              |
| <b>7</b>              | kąt pochylenia odstawki                             | 45             | 45              | stopień          |
| <b>8</b>              | ciśnienie mechanizmu kiera                          | 3,8            | 4               | bar              |
| <b>9</b>              | poziom hałasu maszyny                               | 30             | 120             | decybel          |
| <b>10</b>             | wibracja maszyny                                    | 0              | 1000            | herc             |

Opracowanie własne.

Istotną cechą informacji ujętych w tabeli 1, którą wykorzystuje się do wykrywania 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 podane w tabeli 2 stanowią charakterystykę względnych cech obiektów technicznych, czyli właściwości. Wskazują one na pewne zależności występujące w relacji z innymi obiektami oraz na wpływ 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 występujących między elementami technicznymi systemu z wykorzystaniem parametrów charakterystyki funkcjonalnej jest autentycznym wsparciem w sytuacjach decyzyjnych. Łącząc informacje dotyczące stanowiskowej oceny ryzyka zawodowego i zasoby wiedzy zgromadzonej w trakcie analizy bezpieczeństwa

pracy, poprawia się skuteczność zarządzania operacyjnego przy optymalnych nakładach finansowych i znacznym skróceniu czasu osiągnięcia celu (Sadłowska-Wrzesińska, 2018, 121–122). Wykorzystanie technologii informatycznych stanowi wsparcie procesów decyzyjnych m.in. dzięki temu, że umożliwia tworzenie dowolnych relacji między posiadanymi zbiorami danych. Przedmiotowe relacje są ilustrowane przez związki przyczynowe, które rozpoznano w trakcie tworzenia scenariuszy awaryjnych.

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

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

Rys. 4. Struktura danych systemowych. Opracowanie własne

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

Mechanizmy adaptacyjne w systemie pracy służą do sterowania rozwiązaniami technicznymi, które z wykorzystaniem reguł decyzyjnych uruchamiają strumienie obronne, czyli rozwiązania techniczne eliminujące krytyczne ogniwą w łańcuchu przyczynowym zdarzeń wypadkowych.

## 5. PODSUMOWANIE

Na skuteczność zarządzania operacyjnego wpływa prawidłowa ocena bieżącego stanu systemu i stopnia niezgodności z przyjętymi wzorcami procesów (rys. 1). Dzięki temu działania bezpośrednio dotyczące ich realizacji odpowiadają przyjętym harmonogramom, a czas ich trwania nie zostaje wydłużony. Niezbędna jest zatem cyklicznie aktualizowana charakterystyka stanu systemu pracy, uzyskiwana z użyciem każdej z metod analizy ryzyka. Stanowi ona szczegółową dokumentację danych na temat istoty danego systemu i zawiera ukierunkowane informacje, takie jak: poziom bezpieczeństwa elementów systemu, produktywność metody pracy, użyteczność środków pracy, a także ocena ergonomiczności stanowisk. Szczegółowość tych informacji zależy jednak od metody, której algorytm zastosowano do ich uzyskania. 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 umożli-

liwia 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 opracowanym i przyjętym w organizacji.

Autorzy artykułu wskazują na duże znaczenie scenariuszy awaryjnych jako źródła informacji niezbędnych do zrozumienia szerszego kontekstu procesu i jako podstawy do opracowania opcjonalnych wzorców czynności wykonawczych. Przyjęto, że w skutecznym zarządzaniu operacyjnym korzystnym zjawiskiem jest utworzenie mechanizmów zarządzania zasobami organizacji. W celu zobrazowania można się posłużyć przykładem podanym w p. 2.1:

- scenariusz awaryjny (1): „jeżeli odchylacz odprowadził kroplę do granulacji, i jeżeli nastąpiło przerwanie dawkowania do jednej stacji oraz nastąpiła manipulacja w przestrzeni pod dolnymi zsuwami, to wystąpił wypadek;
- mechanizm zarządzania zasobami organizacji: jeżeli urządzenie fotooptyczne rejestruje przerwanie dawkowania do co najmniej jednej stacji, to następuje wygenerowanie sygnalizacji dźwiękowej i świetlnej oraz powiadomienie przełożonego drogą komunikacji bezprzewodowej; równocześnie w przestrzeni pod dolnymi zasuwami wykonano zabezpieczenie przestrzeni manipulacyjnej matą ciśnieniową z sygnalizatorem nacisku generowanym w trakcie procesu produkcyjnego.

Projektowanie mechanizmów adaptacyjnych jest realnym sposobem wspomagania decydentów w ich zadaniach. Wdrożone formuły wnioskowania, które powstały na podstawie wiedzy o sytuacjach trudnych, uzupełniają wiedzę o przedmiocie decyzji (rys. 5). 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 łączą 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 dwie przykładowe metody wstępnej analizy zagrożeń: PHA, służącą do identyfikacji zagrożeń, oraz metodę analizy drzewa błędów FTA, łączącą identyfikację zagrożeń i oszacowanie ryzyka. Obydwie metody stanowią wzory postępowania podczas uzyskiwania istotnych informacji o charakterze systemowym, niezbędnych w zarządzaniu operacyjnym. Ponieważ nie istnieje jedna skuteczna metoda odpowiednia w każdym rozpatrywanym przypadku, zatem do opisu sytuacji pracy mogą być stosowane różne metody, w zależności od celu badań, stopnia szczegółowości i charakteru otrzymanych wyników.

## LITERATURA

- Butlewski, M., Dahlke, G., Drzewiecka, M., Pacholski, L. (2015). Fatigue of Miners as a Key Factor in the Work Safety System. *Procedia Manufacturing*, 3, 4732–4739.
- Butlewski, M., Tytyk, E. (2011). *Bezpieczeństwo w technice i organizacji*. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej.
- Butlewski, M., Hankiewicz, K. (2015). Psychomotor Performance Monitoring System in the Context of Fatigue and Accident Prevention. *Procedia Manufacturing*, 3, 4860–4867.
- Dahlke, G. (2013). *Zarządzanie bezpieczeństwem pracy i higieną pracy. Modele systemowego zarządzania bezpieczeństwem pracy*. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej.
- Ewertowski, T. (2018). Doskonalenie systemu zgłaszania zdarzeń niepożądanych w organizacjach w kontekście wdrażania przez nie normy ISO 45001:2018. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej*, seria „Organizacja i Zarządzanie”, 78, 19–34.
- Gabryelewicz, I., Sadłowska-Wrzesińska, J., Kowal, E. (2015). Evaluation of Safety Climate Level in a Production Facility. *Procedia Manufacturing*, 3, 5822–5829.
- Górny, A. (2011). *Zarządzanie ryzykiem zawodowym*. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej.
- Górny, A. (2015). Man as Internal Customer for Working Environment Improvements. *Procedia Manufacturing*, 3, 4700–4707.
- Gruszka, J., Tytyk, E. (2018). Problemy ergonomiczne i jakościowe w różnych fazach istnienia wyrobów technicznych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej*, seria „Organizacja i Zarządzanie”, 77, 76–80.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Szwedzka, K., Szczuka, M. (2015). Behaviour Based Intervention for Occupational Safety – Case Study. *Procedia Manufacturing*, 3, 4876–4883.
- Jurga, A., Sławińska, M. (2011). Wybrane aspekty projektowania systemów informatycznych wspomagających procesy logistyczne. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 11, 28–32.
- Kościelny, J.M. (2001). *Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
- Mrugalska, B. (2018). A bounded-error approach to actuator fault diagnosis and remaining useful life prognosis of Takagi-Sugeno fuzzy systems. *ISA Transactions*, 80, 257–266.
- Sadłowska-Wrzesińska, J. (2018). *Kultura bezpieczeństwa pracy. Rozwój w warunkach cywilizacyjnego przesilenia*, 121–122, Warszawa: Oficyna Wydawnicza ASPRA-JR,
- Sławińska, M. (2019). *Ergonomic engineering of technological devices*. Poznań: Publishing House of Poznan University of Technology.
- Więcek-Janka, E., Sławińska, M. (2017). Improvement of Interactive Products Based on an Algorithm Minimizing Information Gap. In: R. Goossens (Ed.). *Advances in Social & Occupational Ergonomics. Proceedings of AHFE 2017*, 101–109. International Conference on Social & Occupational Ergonomics, July 17–21, 2017. Los Angeles: Springer.

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

## Summary

There are some problems in contemporary organizations associated with the availability of updated, real-time data. This situation arises due to the flexibility of organizations adjusting to their changing operating conditions. In response to that, advanced operating models have been prepared. Unfortunately, this requires a huge effort from the workers who manually collect and correct the data. Moreover, the advanced integration of individual operating areas (such as production, logistics, acquisitions, sales, maintenance and investments) does not always go hand in hand with an adequacy of data in decision-making processes. In this context, there are valuable data on occupational risk assessment in each organization. Designing electronic access to the data and implementing adaptation mechanisms can improve both operational management and decision-making processes. This way we can also eliminate some unnecessary actions. The occupational risk assessment data have a systemic character because they are connected with both worker tasks and the method of operating technical means. It is also a common area of knowledge with operational management. Most of all, the fact that the impact of internal and external factors on unplanned situations is examined and documented is very important. The nature of these data qualifies them as operating information resources. Hence, they are applied in systemic solutions using electronic safety devices.

**Keywords:** operating information, control cycle, adaptation mechanisms