

## Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr. inż. Jana Piesika

*pt. "Metody i narzędzia zarządzania produktywnością i bezpieczeństwem  
w skomputeryzowanych procesach przemysłowych"*

### 1. Podstawa recenzji

Recenzja została przygotowana w odpowiedzi na uchwałę Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Gdańskiej z dn. 5 lipca 2022 r. w sprawie powołania recenzentów w przewodzie doktorskim mgr. inż. Jana Piesika przekazaną przez Dziekana Wydziału Elektrotechniki i Automatyki dr hab. inż. Mirosława Wołoszyna, prof. PG, pismem z dnia 06 lipca 2022 r. (pismo WEiA.246.2022).

### 2. Omówienie podstawowych osiągnięć rozprawy

#### 2.1. Osiągnięcia

W odniesieniu do osiągnięć Doktoranta, w rozprawie należy wyróżnić dwie zasadnicze części: pierwsza z nich ma **charakter badawczy** i dotyczy propozycji **kilku metod związanych z procedurami i systemami zarządzania utrzymaniem ruchu oraz bezpieczeństwa funkcjonalnego**, druga ma charakter **wdrożeniowy** i dotyczy **testowej aplikacji zaproponowanych metod** w przykładowym środowisku informatycznym dla przykładowego procesu.

Za podstawowe i oryginalne osiągnięcie Doktoranta uważam opracowanie:

- **metody (oraz narzędzi) predykcji zdarzeń** (awarii - failures) mających bezpośredni wpływ na zwiększenie dostępności i produktywności procesu technologicznego poprzez zmniejszenie liczby występujących stanów nieprawidłowych oraz nieplanowanych przestojów,
- **metody optymalizacji okresów wykonywania testów funkcjonalnych** (functional tests) systemów związanych z bezpieczeństwem funkcjonalnym urządzeń, w tym dobór okresu przeprowadzania testów oraz identyfikację i wybór testów dodatkowych pod względem ich wpływu na dostępność maszyn,
- **metodę doboru okresów wykonywania testów sprawdzających** (proof tests), których głównym celem jest identyfikacja zagrożeń niepokrytych przez procedury diagnostyczne.

Dodatkowo wymienić należy opracowaną propozycję kompleksowego podejścia (zbiór metod oraz dobrych praktyk, w tym wspomniana metoda predykcji zdarzeń) do analizy danych pozwalającego potencjalnie na zidentyfikowanie konkretnych problemów, które mogą mieć wpływ na produktywność i/lub bezpieczeństwo funkcjonalne. Metodyka ta zostało zaimplementowane (chyba częściowo – nie jest to wystarczająco jasno przedstawione) w postaci narzędzia CAST-P. Zaproponowane kompleksowe

podejście, oraz narzędzie CAST-P, oprócz wspomnianej metody predykcji zdarzeń, zawiera także inne rozwiązania o charakterze innowacyjnym, takie jak: (a) propozycję kierowania wypracowanej informacji o przewidywanym zdarzeniu niebezpiecznym do odbiorców o określonej wiedzy oraz w zależności od szacowanego dostępnego czasu na reakcję; (b) uwzględnienie przy podejmowaniu decyzji określonego modelu przewidywanego scenariusza działań naprawczych i prewencyjnych.

Na uwagę zasługuje także wnikliwa analiza danych uzyskanych z wdrożenia oraz sformułowane na jej podstawie wnioski dotyczące sposobu oraz zakresu zastosowania zaproponowanych metod.

## 2.2. Wkład i oryginalność rozprawy

Rozprawa ma ewidentny wkład technologiczny i aplikacyjny w dziedzinie bezpieczeństwa funkcjonalnego, analizy predykcyjnej oraz utrzymania ruchu w obszarze systemów produkcji maszynowej.

Za wkład merytoryczny należy uznać zaproponowane przez Doktoranta metodę CAST-P, ze szczególnym uwzględnieniem metody predykcji zdarzeń, oraz metody optymalizacji okresów wykonywania testów funkcjonalnych oraz sprawdzających.

Oryginalność rozprawy polega na propozycji wspomnianych w pkt. 2.1 metod i procedur.

Rozprawa nie wnosi zasadniczo żadnego znaczącego wkładu teoretycznego.

Wkład badawczy jest znaczący w dziedzinie metod i systemów bezpieczeństwa funkcjonalnego oraz systemów utrzymania ruchu. Związany jest z prowadzonym wdrożeniem oraz wnikliwą analizą uzyskanych wyników.

## 2.3. Teza i cel pracy

Doktorant sformułował dwie tezy.

Pierwsza teza mówi o **wzroście niezawodności i dostępności maszyn** (pośrednio wpływających na produktywność, jakość produktów oraz spełnienie wymagań bezpieczeństwa funkcjonalnego w odniesieniu do cyberbezpieczeństwa) w wyniku **zastosowania zintegrowanego systemu podejmowanie decyzji** (opartego na analizie danych i przetwarzaniu ich metodami predykcyjnymi oraz koncepcji systemu eksperckiego). Tak sformułowana teza jest praktycznie nie do udowodnienia, gdyż trudno sobie wyobrazić, że efekt taki można uzyskać **w każdym** przypadku. Z drugiej strony, jeżeli dodamy (w domyśle) do tezy sformułowanie „daje możliwość” to staje się ona właściwie zawsze prawdziwa. Oczywiście jest, że mając dostęp do informacji o przyszłym stanie (zdarzeniach/uszkodzeniach) oraz dysponując odpowiednim systemem podejmowania decyzji można aktywnie przeciwdziałać co zapewne będzie miało wpływ na niezawodność i dostępność maszyn. Jednocześnie, Doktorant w tezie właściwie nie wskazał, że chodzi tutaj o zastosowanie zaproponowanego przez niego zintegrowanego systemu podejmowanie decyzji. Zresztą system, w postaci zamkniętej koncepcji lub gotowego oprogramowania, jako taki właściwie nie pojawił się w treści rozprawy, mowa jest zasadniczo o metodzie, która właściwie jest zbiorem kilku metod oraz dobrych praktyk. Co prawda, w części rozprawy poświęconej aplikacji Doktorant odwołuje się do „systemu CAST-P”, jednak w zasadzie nie prezentuje jego struktury.

Druga teza postawiona w rozprawie ma zdecydowanie bardziej konkretny charakter. Mówi o **zapewnieniu wymaganego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa oraz zmniejszeniu strat spowodowanych przestojami maszyn** dzięki **zastosowaniu opracowanej metody określania interwałów testów funkcjonalnych oraz wdrożeniu podejścia uwzględniającego dodatkowe czynniki wpływające na działanie systemów związanych z bezpieczeństwem**. W tym przypadku autor bezpośrednio odnosi się do zastosowania własnych rozwiązań. Pomimo przedstawionych w rozprawie wyników wraz ze stosownym komentarzem, także i w przypadku drugiej tezy Doktorant właściwie nie był w stanie przedstawić odpowiedniego dowodu, wyniki z pojedynczej aplikacji nie świadczą o prawdziwości postawionej tezy.

Biorąc pod uwagę konkretne rozwiązania zaproponowane przez Doktoranta, a także fakt, że zostały one zaimplementowane i sprawdzone w rzeczywistych warunkach przemysłowych, wydaje się, że obie tezy powinny zostać zredagowane oraz uściślone.

Doktorant sformułował także trzy podstawowe cele rozprawy:

1. opracowanie metody wcześniejszego wykrywania potencjalnej awarii, w którym postawił dwie dodatkowe hipotezy:
  - a) wdrożenie skomputeryzowanego narzędzia predykcyjnego z systemem eksperckim może pozwolić na osiągnięcie wzrost ogólnego wskaźnika efektywności sprzętu (OEE) na poziomie co najmniej 0,5%,
  - b) możliwość wykrywania anomalii związanych z bezpieczeństwem funkcjonalnym, w szczególności powstałych w wyniku modyfikacji i aktualizacji oprogramowania oraz oprogramowania układowego elementów sterujących i związanych z bezpieczeństwem funkcjonalnym;
2. zaproponowanie metody pozwalającej na zarządzanie (utrzymanie) poziomem nienaruszalności bezpieczeństwa w wyniku identyfikacji dodatkowych ryzyk oraz minimalizację negatywnego wpływu na dostępność maszyn,
3. opracowanie metody, która pozwoli w łatwy sposób określić częstotliwość testów sprawdzających funkcje bezpieczeństwa.

Powyższe cele zostały zasadniczo przez Doktoranta zrealizowane dzięki:

- opracowaniu zintegrowanej strategii utrzymania ruchu zorientowanej na wzrost wydajności w odniesieniu do aspektów bezpieczeństwa funkcjonalnego, ze szczególnym uwzględnieniem metody i narzędzi predykcji zdarzeń,
- przygotowania propozycji doboru, zorientowanego na klienta, odpowiednich narzędzi uwzględniających istotne aspekty organizacyjne i wymogi prawne,
- opracowanie metody doboru częstotliwości wykonywania testów funkcjonalnych z uwzględnieniem międzynarodowych standardów i odpowiednich wymagań prawnych.

Postawioną w ramach pierwszego celu hipotezę (a) udało się Doktorantowi potwierdzić w sposób empiryczny, na podstawie przeprowadzonej testowej aplikacji oraz analizy uzyskanych wyników, przy czym kluczowym wydaje się sformułowanie „może pozwolić”. Hipoteza (b) została w pracy właściwie jedynie omówiona i trudno jest znaleźć w pracy potwierdzenie na jej przyjęcie lub odrzucenie.

### **3. Problemy dyskusyjne oraz wybrane uwagi szczegółowe**

1. Terminologia: „failure”, „symptom”, „failed state/mode”, „fault”, „root cause”, „defect”, „failure mode”, „failure patterns” oraz „failure types”

---

Pomimo słownika zamieszczonego w załączniku 1 oraz przytaczanych w tekście rozprawy nieformalnych definicji Doktorant dosyć swobodnie, a czasami wręcz wymiennie, stosuje angielskie pojęcia „failure”, „symptom”, „failed state/mode” oraz „fault”, które są przecież dosyć dobrze ugruntowane w literaturze. Czasami odwołuje się także do pojęcia „root cause” oraz „defect”. Nie jest to znaczący mankament, ale zmniejsza on przejrzystość pracy, a nawet utrudnia zrozumienie niektórych z przedstawionych koncepcji. W niektórych przypadkach nie wiadomo co Doktorant miał na myśli.

Dotyczy (przykłady):

- ⇒ „ ... failure is defined as the termination of the ability of an item to perform its required function. It is therefore treated as an event that takes place when a required function is terminated. After the failure the item will be in a failed state so it can be named that it has a fault. ... A failure mode is a description of a fault by reporting how the object's inability to perform the required function according to the functional requirements can be observed” (str. 28, akapit 5) + rysunek 2.10
- ⇒ „Identification of all the potential failures is extremely challenging because of the fact that there are many types of failure modes” (str. 30, akapit 3)
- ⇒ „failure patterns” (str. 32, akapit 1)
- ⇒ “As it was mentioned above, the nowadays failure types are rarely age-related ...” (str. 38, akapit 1)
- ⇒ Rozdział 3.2.2.3 “Classification of events”

## 2. Połączenie w bazie wiedzy reguł pozyskiwanych automatycznie oraz tych podanych przez eksperta

---

Na uwagę zasługuje ważny element, na który Doktorant zwrócił uwagę, którym jest połączenie w bazie wiedzy reguł pozyskiwanych automatycznie oraz tych podanych przez eksperta. Niestety zagadnienie to jest opisane bardzo ogólnikowo. Nawet analiza przykładu nie pozwala zorientować się czy i jak Doktorant poradził sobie z tym problemem.

Dotyczy:

- ⇒ Rys. 3.10 + tekst poniżej

## 3. Reguły bazy wiedzy systemu predykcji zdarzeń

---

Opis struktury reguł bazy wiedzy systemu predykcji powinien zostać opisany w sposób bardziej formalny i precyzyjny. Przedstawienie tylko ogólnej koncepcji nie pozwala w pełni przeanalizować właściwości funkcjonalnych proponowanego rozwiązania. Przydatne byłoby także podanie kilku konkretnych przykładów.

Dotyczy:

- ⇒ Tabela 3.4 „A set of parameters for each rule” + poniżej zamieszczone wyjaśnienia

## 4. Etap akcji (Action) kompleksowej metody analizy danych procesowych, w tym różnicowanie przesyłanych informacji do różnych odbiorców

---

Opis etapu realizowanych działań jest przedstawiony na zbyt ogólnym poziomie. Brak, chociażby potencjalnych, form zapisu oraz możliwości zarządzania przypisaniem wiadomości do adresatów oraz wymaganymi akcjami nie pozwala ocenić proponowanego podejścia. Jest to tylko bardzo ogólna koncepcja i jako taka może być zaliczona jedynie do zbioru dobrych praktyk, ale nie gotowego rozwiązania. Należy podkreślić jednocześnie, że Doktorant przedstawił ciekawą koncepcję zróżnicowania odbiorców generowanych komunikatów o mogących się pojawiać zagrożeniach ze spodziewanym czasem do pojawienia się tego zdarzenia.

Dotyczy:

- ⇒ Rozdział 3.2.4 „Action - process stage”
- ⇒ Rozdział 3.2.4.1 „Allocation of received data”

## 5. Wykrywanie nowych, nieznanych zdarzeń, wzorców przebiegu procesu oraz działań operatora

---

Doktorant wspomina o możliwości wykorzystania zapisanych reguł do wykrywania nieprawidłowego przebiegu procesu technologicznego oraz nielogicznych działań operatora. W jaki sposób miałyby to zadziałać w przypadku nowych wzorców, np. działań spowodowanych przez cyberataki? Rozważana metoda ma służyć raczej do rozpoznawania znanych wzorców. Opis wzorców nieprawidłowego działania procesu lub działań operatora przez eksperta jest zadaniem niezwykle złożonym, jeżeli nawet nie niemożliwym z punktu widzenia bazy wiedzy.

Dotyczy:

- ⇒ „It assumes that expert rules will be defined through the analysis of the safety risk and vulnerabilities of the system. These rules implemented in the system while working in online mode allow detection of incorrect production line behaviour or not logical operations.” (str. 93, akapit 3)
- ⇒ “The entry of expert rules, based on risk analysis and safety regulations and standards, significantly improves the safety of the system and devices, protecting against similar outcomes of faulty firmware and possible PLC program errors in the future.” (str. 133, akapit 2)

## 6. Koszt dodatkowych urządzeń pomiarowych oraz modyfikacji oprogramowania

---

Nie jest do końca jasne, czy koszty dodatkowych modyfikacji zostały uwzględnione w przeprowadzonej analizie uzyskanych oszczędności. W dalszej części rozprawy Doktorant dokonuje jakościowej oceny tych kosztów, ale czy ostatecznie mają one znaczący wpływ na potencjalne oszczędności?

Dotyczy:

- ⇒ “... some additional sensors and PLC programs were added and modified ...” (str. 116, akapit 3)

## 7. Analiza wpływu metody na poprawę wskaźnika OEE

---

O ile było to możliwe, Doktorant powinien przedstawić pogłębioną analizę wahań wartości wskaźnika OEE (i jego składowych) na przestrzeni kilku lat poprzedzających przeprowadzone testy. Pozwoliłoby to potwierdzić poprawę wskaźnika OEE w wyniku działania proponowanego rozwiązania, a nie jako fluktuacje zależne od innych czynników zewnętrznych oraz losowych.

W przedstawionej analizie wpływu testowanej metody i narzędzi na poprawę wskaźnika OEE należałoby także skomentować ewentualną poprawę tego wskaźnika jedynie w wyniku czynników związanych ze zwiększoną uwagą pracowników związaną z prowadzonymi testami oraz instalacją dodatkowego opomiarowania.

Dotyczy:

- ⇒ Rysunek 4.16 oraz analiza procentowej zmiany wskaźnika OEE oraz jego składowych

## 8. Propozycja dyskretyzacji sygnałów o wartościach zmiennoprzecinkowych

---

Kwestia dyskretyzacji sygnałów o wartościach zmiennoprzecinkowych nie jest niczym nowym. Ciekawa jest natomiast kwestia jak taką dyskretyzację przeprowadzić, aby zachować jak najwięcej jak najbardziej istotnej informacji w sygnale. Dodatkowo pojawia się np. problem „gwałtownego” przejścia od jednej wartości dyskretnej do drugiej. Zaadresowanie tych problemów mogłoby stanowić rzeczywisty i ciekawy wkład Doktoranta w obszarze pozyskiwania reguł opisowych.

Dotyczy:

⇒ *“The authors’ proposal is to use two data types in further calculations: binary data and simplify other data types into quantified data” (str. 62, akapit 3)*

#### 9. Propozycja klasyfikacji zdarzeń w rozdziale 3.2.2.3

---

Przedstawiona idea klasyfikacji zdarzeń (zresztą na bardzo ogólnym poziomie) wydaje się nie znajdować odzwierciedlenia w dalszej części pracy. Nie ma istotnego znaczenia z punktu widzenia zaproponowanego rozwiązania.

#### 10. Zagadnienie wyboru danych do analizy w zależności od jej celu

---

Przedstawiona matryca wyboru danych (tabela 3.2) w zależności od celu wykonywanej analizy ma dosyć subiektywny charakter i wymaga głębszego uzasadnienia, w szczególności, że w dalszej części Doktorant wskazuje, iż *„The proposed selection table has a general purpose and can be modified depending on the specifics of the plant and control systems. However, it gives the foundation to select the necessary data to achieve assumed goals.” (str. 65, akapit 2)*. Pojawia się wątpliwość, czy matryca ta cokolwiek wnosi?

### 4. Redakcja rozprawy

Struktura pracy odpowiada ogólnie przyjętym zwyczajowym normom dotyczącym rozpraw naukowych. Poszczególne zagadnienia są w odpowiedniej kolejności omawiane. Praca napisana jest dobrym językiem, dobrze się ją czyta.

Po krótkim wstępie, zawierającym zarysowanie tła poruszanej tematyki, przedstawienie tez i celu rozprawy, oraz omówienie jej zakresu i struktury, autor zamieścił **pierwszą część** rozprawy stanowiącą interesujące wprowadzenie do tematyki oraz omówienie podstaw teoretycznych rozwiązań zaproponowanych przez Doktoranta. W części tej autor zawarł obszerny przegląd literatury, a także cenne umotywowanie postawionego celu pracy, przyjętych założeń oraz zakresu analizowanego rozwiązania. Objętość tej części (około 29%) wydaje się być dobrze dobrana w stosunku do całości, szczególnie biorąc pod uwagę obszerny zakres poruszanej tematyki.

Kolejne dwie części stanowią główną merytoryczną zawartość pracy. W **części drugiej** (około 37% objętości) autor przedstawił podstawy teoretyczne oraz opis praktyczny zaproponowanych metod zwiększenia wydajności i zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonalnego zakładów produkcyjnych. Natomiast w **części trzeciej** (około 25%) zaprezentował studium przypadków – zrealizowaną aplikację wraz z dokładnym omówieniem uzyskanych rezultatów, oraz przykłady optymalizacji okresów wykonywania testów funkcjonalnych i sprawdzających.

Ostatnią część pracy stanowi dobrze zredagowane podsumowanie, wnioski końcowe oraz rekomendacje co do możliwości zastosowania zaproponowanych metod i rozwiązań oraz dalszego ich rozwoju.

Każdy z rozdziałów opatrzony jest krótkim wstępem oraz podsumowaniem. Dodatkowo, w pracy zamieszczono wykaz symboli i skrótów, listę referencji oraz bogaty i dobrze przygotowany materiał uzupełniający w postaci sześciu załączników. Wydaje się, że korzystne byłoby zamieszczenie słownika definicji (załącznik 1) jako sekcji w głównym tekście rozprawy, np. po wykazie symboli i skrótów.

Taki układ pracy świadczy o dobrym przygotowaniu Doktoranta do planowania, przeprowadzania i dokumentowania prac o charakterze badawczo-wdrożeniowym.

Niestety, w stosunku do redakcji recenzowanej rozprawy można także sformułować dosyć istotne uwagi krytyczne o charakterze ogólnym.

Główne zastrzeżenie mam do zbyt ogólnego poziomu prezentacji opracowanych przez doktoranta rozwiązań. Przedstawiony w części drugiej (rozdział 3) opis stanowi w zasadzie omówienie koncepcji, a nie dokładną prezentację rozwiązania (podstaw teoretycznych proponowanych metod, opisu procedur i algorytmów, itp.). Czytelnikowi trudno jest zorientować się jakie są, lub mogłyby być, szczegóły proponowanych metod. W zrozumieniu koncepcji rozwiązania Doktoranta zdecydowanie pomaga opis aplikacji przedstawiony w części trzeciej. Nie zmienia to jednak faktu, że opis teoretyczny jest moim zdaniem zbyt ogólnikowy. Dodatkowo, Doktorant często posiłkuje się bardzo ogólnymi stwierdzeniami, które są albo w oczywisty sposób prawdziwe, albo pozbawione stosownego uzasadnienia. Szczegółowe uwagi na ten temat zawarłem w pkt. 6 recenzji.

## 5. Edycja rozprawy

Rozprawa jest dobrze napisana pod względem edycyjnym. W pracy można znaleźć nieliczne błędy stylistyczne, gramatyczne i edycyjne. Pewien mankament stanowi zbyt duża złożoność niektórych zdań, dosyć nietypowa dla języka angielskiego, która utrudnia zrozumienie ich sensu. Przykłady zamieściłem w pkt. 6.

Doktorant wspiera opis słowny bogatym materiałem ilustracyjnym. Załączone schematy i wykresy są przejrzyste, dobrze sformatowane i stanowią zwykle istotny element uzupełniający. Jestem jak najbardziej gorącym zwolennikiem wypowiedzi w formie graficznej, która, jeżeli jest to tylko możliwe, powinna wspierać działania badacza i inżyniera. Niestety, wiele z załączonych ilustracji ma trywialny charakter. Nie wnoszą one zasadniczo nic do prezentowanej treści, a nawet można odnieść wrażenie, że zamieszczono je jedynie w celu zwiększenia objętości pracy. Szczegółowe uwagi zamieściłem w pkt. 6.

Zastrzeżenia można mieć także do zamieszczonych wzorów. Niektóre z nich są zbędne, a niektóre wręcz błędne. W wielu przypadkach nie stanowią one solidnej dokumentacji przedstawionych rozważań teoretycznych oraz algorytmicznych. Dodatkowo, wzory powinny być raczej wstawiane jako część zdania, a nie niezależny element treści. Przykłady zamieściłem w pkt. 6.

W niektórych miejscach Doktorant stosuje dosyć nieczytelny sposób wstawiania odwołań do wzorów oraz rysunków.

## 6. Pozostałe uwagi szczegółowe

### Rozdział 2

1. *"New methods are being developed and introduced into industrial practice for the predictive analysis .... These methods use, in most cases, a narrow passage of all available information and usually do not seek connections between them."* (str. 10, akapit 3)

Stwierdzenie raczej tendencyjne, niepoparte stosownym odwołaniem do literatury. Wydaje się, że ma posłużyć głównie podkreśleniu zalet proponowanego rozwiązania.

2. *"For these reasons it is necessary to change the current approach to productivity, from that limited only to machinery, costs or organisational aspects, to manage modern integrated IT and OT systems proposing a superior goal to increase the productivity regarding the entire spectrum of the risk management issues"* (str. 10, akapit 4)

Stwierdzenie zbyt ogólnikowe, w zasadzie w oczywisty sposób prawdziwe.

3. *"The application of an integrated system in industrial plants to support decision making, based on the analysis of data collected at relevant hierarchy levels and processing them using predictive methods and the expert system concept ensures an increase of the reliability and availability of machines that indirectly affect productivity, the quality of products and fulfilling the functional safety requirements (regarding the cyber security aspects)."* (1. teza pracy, str. 11, akapit 2)

Zagadnienia cyberbezpieczeństwa w odniesieniu do proponowanych metod zostały jedynie delikatnie zarysowane w rozprawie. Podkreślanie ich w ten sposób w tezie nie znajduje uzasadnienia w dalszej części pracy.

4. *Rozdział 2.1 poświęcony idei Przemysłu 4.0*

Doktorant zaadresował w tym rozdziale ideę Przemysłu 4.0, ale wydaje się, że zrobił to głównie ze względu na aktualność tego zagadnienia oraz wynikającą z tego chęć wspomnienia o nim. W dalszej części rozprawy właściwie nie ma istotnego nawiązania to tej tematyki, w szczególności do zagadnień (przemysłowego) Internetu rzeczy (IoT).

5. *Wzór (2.9)*

Oczywiste przekształcenie.

6. *“Each subset of  $T_j$  set  $I$  ( $T_j \subset I$ )” (str. 36, akapit 2)*

Nieprawidłowy szyk.

7. *“The transaction database is a set of character pairs ( $id_j, T_j$ ), where  $id_j$  is the transaction identifier,  $T_j$  is a transaction, e.g. a set of goods purchased by a customer with identifier  $id_j$ .” (str. 36, akapit 2)*

Czy “ $id_j$ ” to identyfikator transakcji czy klienta?

8. *“It does not take into account potentially changing conditions during stage 14 and the need to perform repeated risk analyses occurring without modification (stage 15).” (str. 41, akapit 1)*

Wydaje się, że takie stwierdzenie wymaga głębszego uzasadnienia.

9. *“..., in addition the first step ...” (str. 51, akapit 2)*

Niekompletna część zdania.

Rozdział 3

10. *“...43% of events can be detected before the occurrence...” (str. 56, akapit 3)*

Twierdzenie nieoparte odpowiednim odwołaniem do literatury lub nieudokumentowane.

11. *Cały akapit (str. 36, akapit 2)*

Wydaje się, że Doktorant myli pojęcie „failure” z zakłóceniami spowodowanymi zmiennymi parametrami surowców.

12. *Rys. 3.2*

Trywialna grafika mająca pokazać rozwiązanie „skoncentrowane na użytkowniku” – tylko, że nic z tego nie wynika.

13. *“As mentioned above, predictive solutions products (failure predictive solutions) exists on the market, but they are not widely used due to a number of disadvantages.” (str. 57, akapit 2)*

Wydaje się, że Doktorant powinien przedstawić wnikliwszą analizę dostępnych rozwiązań w zakresie działań predykcyjnych oraz scharakteryzować ich podstawowe zalety i wady.

14. *“The model proposed by the author consists of two distinct processes. The first is data mining. ... The second process is predictive analytics.....” (str. 57, akapit 2)*

Jest to standardowe podejście – faza pozyskiwania wiedzy oraz jej wykorzystania. Jaki tutaj jest wkład Doktoranta?



15. *"Main assumptions and innovative elements introduced to the author's method..."* (str. 58, akapit 1)

Łączne przedstawienie założeń oraz elementów innowacyjnych (w ogóle jakichkolwiek elementów rozwiązania) jest dosyć dziwnym i niejasnym zestawieniem. W końcu nie wiadomo co jest „cechą pożądaną” a co „cechą końcowego rozwiązania”. Do większości wskazanych „właściwości” trudno jest przypisać stwierdzenie, że są „innowacyjne”.

16. *"... implementation of a computer-aided statistical tool with prediction of potential defects and failures (CAST-P) ... guarantees the best-known standards of action plan piloting and problem-solving at the moment. This brings the following benefits: ..."* (str. 60, akapit 2)

Narzędzie CAST-P jest istotną wartością dodaną rozprawy i powinna być tutaj dokładniej omówione i/lub powinny pojawić się odwołania do innych fragmentów rozprawy. Dodatkowo, wspomnianie o zaletach proponowanego w rozprawie rozwiązania na tak wczesnym etapie opisu jest raczej nieuzasadnione.

17. *"various value and data formats"* (str. 61, akapit 4)

Co autor rozumie przez format danych a co przez format wartości? Dodatkowo, przedstawiona poniżej lista typów danych nie jest kompletna.

18. *"but they can often be untrue,"* (str. 62, akapit 2)

Dlaczego reguły wykorzystujące sygnały o zmiennoprzecinkowym formacie wartości mają być często fałszywe, a oparte na sygnałach binarnych nie?

19. *"This means that in order to be able to process these data, it is necessary to prepare and process them properly and to collect them"* (str. 67, akapit 1)

Stwierdzenie oczywiste, nic nie wnoszące do pracy.

20. *"the data should be unambiguously marked and identifiable for the user"* (str. 67, akapit 2) oraz *"The expert module is an element of finding rules in an expert way."* (str. 68, akapit 1)

Co to właściwie oznacza? Przydałoby się uściślenie i/lub wyjaśnienie.

21. *"During the analysis it was found that control systems inform the operator about the same event several or even several dozen times per hour ..."* (str. 68, akapit 3)

Trafne spostrzeżenie, chociaż już dosyć dobrze udokumentowane. Nie jest jednak jasne co ma to wspólnego z parametryzacją wyszukiwania reguł?

22. *Wzory 3.1 | 3.2, 3.5 .... 3.8, rysunek 3.20, 3.21, wzór 3.23, rysunek 3.38*

Wskazane wzory i rysunki są trywialne i nic nie wnoszą do opisu. Dodatkowo wzory 3.6 i 3.8 są błędne.

23. *"Support  $s$  is greater than or equal to a certain minimum threshold, marked  $minSupp$ , and whose confidence  $z$  is greater than or equal to a certain minimum threshold, marked  $minConf$ ."* (str. 69, akapit 5)

Zdanie pozbawione sensu, bez związku z resztą tekstu.

24. *Strona 70, parametry "Time frame" oraz "Time frame coverage"*

Przydatne byłoby podanie reguł doboru wartości tych parametrów. Co prawda Doktorant poniżej wskazał zakres „between one month and a maximum of six months”, ale bez żadnego uzasadnienia. Ciekawa mogłaby być także dyskusja na temat stałej lub zmiennej szerokości tych okien.

25. Wzór 3.18

Uproszczony zapis, niezbyt poprawny formalnie.

26. Rysunek 3.16

Rozumiem, że na osi x oznaczone są kolejne wystąpienia danego zdarzenia?

27. „Tools analysed by the author do not use this option.” (str. 76, akapit 3)

Brak stosownych referencji.

28. „The second important criterion is the competence criterion. The competence of the user must make it possible to prevent an event from occurring after receiving information” (str. 79, akapit 1)

Podane kryterium jest oczywiste i nic nie wnosi do proponowanego rozwiązania.

29. „Due to the short time between the predecessor event and the failure, which makes it impossible for a human to act effectively, and due to the technical capabilities of the object.” (str. 84, akapit 1)

Zdanie niepełne, niezbyt spójne z resztą tekstu.

30. „The proposed tool gives new possibilities to the maintenance departments and allows to increase the profitability of owned installations.” (str. 84, akapit 2)

„...comprehensive proposed solution predicts events concerning safety anomalies and predicts failures” (str. 85, akapit 1)

W tym miejscu są to stwierdzenia o charakterze życzeniowym, nieoparte jeszcze żadną formalną analizą ani wynikami badań.

31. „Cyber security attack,” (str. 91, akapit 3) oraz (str. 93, akapit 2)

Ze względu na dużą różnorodność możliwych scenariuszy ataków oraz ich wysoką niepowtarzalności wykorzystanie zaproponowanych metod predykcji do skutecznego ich wykrywania wydaje się co najmniej dyskusyjne.

32. „independent sensors” (str. 93, akapit 2)

Założenie o możliwości wykorzystania dodatkowych sensorów, w wielu przypadkach, jest mało realne, gdyż często nie jest akceptowane przez właściciela instalacji.

33. „The biggest risk of the tools currently being proposed on the market that includes implemented data mining algorithms and sold as a “black box” is that they can manipulate the data and produce completely misleading results” (str. 105, akapit. 1)

Stwierdzenie jak najbardziej słuszne. Ale wcale nie ma pewności, że zaproponowane przez Doktoranta rozwiązanie także nie doprowadzi do takiej sytuacji.

#### Rozdział 4

34. Rysunek 4.24

Rysunek nieczytelny.

#### Rozdział 5

35. „CAST-tool force is also in its fast adaptation for the same or similar construction of production lines.” (str. 143, akapit 2)

W rozprawie brak jest opisu, chociażby w ogólny zarysie, w jaki sposób miałaby taka adaptacja przebiegać? Jaki fragment wiedzy, parametrów, konfiguracji z jednego obiektu znalazłby bezpośrednio zastosowanie w aplikacji dla kolejnej instalacji.

36. „The cost increase would be negligible, as at present most of the sensors communicate through network protocols or can program multiple outputs in discrete circuits.” (str. 144, akapit 1)

Co ma wspólnego komunikacja z wykorzystaniem różnych protokołów sieciowych oraz obsługa wielu wyjść z kosztem instalacji dodatkowych urządzeń pomiarowych?

## 7. Konkluzja

Moim zdaniem autor rozprawy zaproponował **oryginalne rozwiązania** w zakresie metod analizy danych procesowych oraz doboru okresów przeglądów mających potencjalnie bezpośredni wpływ na zwiększenie produktywności oraz bezpieczeństwa procesowego w zakładach produkcyjnych, w szczególności realizujących procesy produkcji maszynowej o charakterze dyskretnym. Przedstawione rozwiązania zdecydowanie **mają potencjał aplikacyjny**, co zostało dosyć wyraźnie wykazane w opisanej aplikacji.

**Nie oznacza jednak**, że w wyniku zastosowania metod opracowanych i przedstawionych w rozprawie **zawsze osiągnięty zostanie deklarowany rezultat** w zakresie zwiększenia produktywności. Nie mam natomiast wątpliwości co do wyraźnie **pozytywnego wpływu rozważanego podejścia na zwiększenie bezpieczeństwa funkcjonalnego oraz możliwą redukcję kosztów** związanych z doбором okresów realizacji testów sprawdzających.

Zaproponowane rozwiązania autor nazwał metodą kompleksowego podejścia do analizy danych oraz zaimplementował ją (chyba częściowo) w narzędziu CAST-P. Moim zdaniem Doktorant przedstawił raczej zestaw metod i dobrych praktyk niż w pełni dojrzałą metodykę podstępowania.

Niestety, uważam, że sporo stwierdzeń przytoczonych w rozprawie odnośnie skuteczności proponowanych metod jest albo oczywista, albo ma raczej charakter życzeniowy. Przedstawiony przykład aplikacji nie może być traktowany jako jednoznaczny dowód skuteczności rozważanych metod.

Doktorant wykazał się szeroką wiedzą i biegłością w zakresie metod i systemów bezpieczeństwa funkcjonalnego, zarządzania produkcją oraz zagadnień pokrewnych. Obszerność zakresu tematycznego adresowana przez Doktoranta jest naprawdę imponująca. Doktorant wykazał się także **umiejętnością analizy** złożonych systemów produkcyjnych, pod kątem uzyskiwanej produktywności oraz bezpieczeństwa funkcjonalnego, oraz **opracowywania** metod poprawy działania procesów produkcyjnych w tym zakresie. Zaproponowane i zrealizowane podejście pokazuje także posiadane **umiejętności w zakresie projektowania systemów informatycznych**, działających za pograniczu systemów sterowania i monitorowania 1 i 2 poziomu. Wykonane zadania pokazują **umiejętność samodzielnej realizacji zadań badawczych, prowadzenia prac wdrożeniowych** oraz, w pewnym zakresie, **elementów planowania, realizacji i oceny wyników badań o charakterze przemysłowym**. Zaproponowane rozwiązania oraz zrealizowane aplikacje testowe niewątpliwie świadczą o tym, że wiedza i umiejętności Doktoranta mają nie tylko charakter naukowy, ale także, lub nawet przede wszystkim, praktyczny.

Biorąc pod uwagę wnioski z przeprowadzonej analizy pracy oraz powyższe uwagi, oświadczam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Jana Piesika pt. „*Metody i narzędzia zarządzania produktywnością i bezpieczeństwem w skomputeryzowanych procesach przemysłowych*” spełnia w stopniu zadowalającym wymagania art. 13 ust. 1 i 2 ustawy z 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595, z późn. zm.) i może być dopuszczona do publicznej obrony w dyscyplinie naukowej automatyka, elektronika i elektrotechnika.

  
dr hab. inż. Michał Syfert