

Marcin NOWAK*, Bartosz MATELLA**, Ewelina HANUSKO**

ZASTOSOWANIE SZAREGO MODELU DECYZYJNEGO W OCENIE RYZYKA ZAWODOWEGO

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2018.078.10

Celem artykułu jest zaprojektowanie metody oceny ryzyka zawodowego opartej na szarym modelu decyzyjnym Grey Decision Making (GDM). Osiągnięcie wskazanego celu jest warunkowane zastosowaniem metody krytycznej analizy piśmiennictwa oraz metody projektowej. W pierwszym rozdziale przedstawiono w syntetyczny sposób teoretyczne podstawy oceny ryzyka zawodowego. Następnie przybliżono istotę teorii systemów szarych, a zwłaszcza wielokryterialny szary model decyzyjny GDM. W kolejnej części opracowania zaproponowano strukturę logiczną postępowania oraz schemat szarej metody oceny ryzyka zawodowego. W ostatnim rozdziale przedstawiono przykład zastosowania nowej metody oceny ryzyka zawodowego na przykładzie stanowiska operatora wózka widłowego.

Słowa kluczowe: ocena ryzyka zawodowego, teoria systemów szarych, *grey decision making*

1. WPROWADZENIE

W sensie ogólnym problematyka niniejszego opracowania obejmuje zagadnienia związane z oceną ryzyka zawodowego. **Celem poznawczym** (teoretycznym) w artykule jest opracowanie metody oceny ryzyka zawodowego w oparciu o szary model decyzyjny (GDM – *grey decision making*). **Celem utylitarnym** (praktycznym) jest natomiast przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora wózka widłowego z wykorzystaniem modelu GDM. Osiągnięcie celów pracy uwarunkowane było zastosowaniem następujących metod badawczych:

* Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

** Absolwent kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa – Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

1. Dla **celu poznawczego** – systematycznej analizy piśmiennictwa w zakresie oceny ryzyka zawodowego oraz metody projektowej.
2. Dla **celu utylitarneho** – badania z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety oraz szarej metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych (opracowanej w ramach teoretycznej części pracy). Badanie z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety przeprowadzono w grupie 10 ekspertów, którymi byli pracownicy na stanowisku operatora wózka widłowego. Badanie przeprowadzono w okresie 01.02.2018 – 28.02.2018 r.

Wykorzystana w artykule baza empiryczna dotycząca oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora wózka widłowego pochodzi z prac magisterskich współautorów niniejszego opracowania B. Matelli oraz E. Hanusko.

W pierwszym rozdziale przedstawiono w syntetyczny sposób teoretyczne podstawy oceny ryzyka zawodowego. Następnie przybliżono istotę teorii systemów szarych, a zwłaszcza wielokryterialny szary model decyzyjny GDM. W kolejnej części opracowania zaproponowano strukturę logiczną postępowania oraz schemat szarej metody oceny ryzyka zawodowego. W ostatnim rozdziale przedstawiono sposób przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego według opracowanej metody na przykładzie stanowiska operatora wózka widłowego.

2. TEORETYCZNE PODSTAWY OCENA RYZYKA ZAWODOWEGO

Problematyka bezpieczeństwa pracy jest jednym z ważniejszych zagadnień zarówno w naukach o organizacji, jak i we współczesnej praktyce zarządzania. Ważność ta jest podkreślana zarówno w wymiarze prawnym, ekonomicznym, jak i społecznym. Egzemplifikacją ważności problematyki zarządzania ryzykiem zawodowym w wymiarze prawnym jest wymóg zapewnienia bezpieczeństwa pracy pracowników spoczywający na pracodawcy zawarty w art. 94 Kodeksu pracy.

Ryzykiem zawodowym w literaturze przedmiotu określa się „prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych, w wyniku zagrożeń zawodowych występujących w środowisku pracy lub sposobu wykonywania pracy” [Romanowska-Słomka 2003, s. 16]. W naukach o zarządzaniu ryzyko zawodowe traktuje się jako przedmiot sterowania w ramach procesu zarządzania ryzykiem zawodowym w przedsiębiorstwie. Pierwszy etap zarządzania ryzykiem zawodowym obejmuje analizę ryzyka zawodowego, która składa się z następujących czynności:

- określenia charakterystyki obiektu,
- identyfikacji zagrożeń,
- szacowanie ryzyka na stanowisku pracy.

Kolejnym etapem zarządzania ryzykiem zawodowym jest dokonanie oceny ryzyka, polegającej na sformułowaniu rekomendacji odnoszących się do działań mających na celu ograniczenie lub eliminację ryzyka na stanowisku pracy wskutek przeprowadzonej analizy ryzyka. Zarządzanie ryzykiem zawodowym poza analizą oraz oceną ryzyka na stanowisku pracy zawiera proces wdrażania niezbędnych działań zmierzających do ograniczenia lub eliminacji ryzyka na danym stanowisku pracy.

W literaturze przedmiotu wskazuje się na szereg metod oceny ryzyka zawodowego na stanowisku pracy. Do najpopularniejszych metod zalicza się przede wszystkim metodę PHA, *risk score* oraz metodę według normy PN-N-18002:2011 (Górska, Kossobudzka-Górska, 2011). Należy jednocześnie zwrócić uwagę, że w literaturze przedmiotu wyróżnia się szereg innych metod oceny ryzyka zawodowego, jak np (Górska, Kossobudzka-Górska, 2011):

- *job safety analysis* (JSA),
- *failure mode and effect analysis* (FMEA),
- analiza drzewa błędów (FTA – Fault Tree Analysis),
- metoda pięciu kroków (Five Steps),
- *hazard and operability studies* (HAZOP),
- *as low as reasonably practicable* (ALARP),
- *rapid entire body assessment* (REBA),
- grafy ryzyka.

Przyczynkiem do powstania niniejszego opracowania było zdiagnozowanie szeregu wad wśród najczęściej stosowanych metod oceny ryzyka, a zwłaszcza metody PHA, metody zawartej w normie ISO 18002:2011 oraz metody *risk score*. Wady tych metod sprowadzają się w szczególności do arbitralności doboru skali przedziałowych w ocenie poszczególnych składników syntetycznego wskaźnika ryzyka.

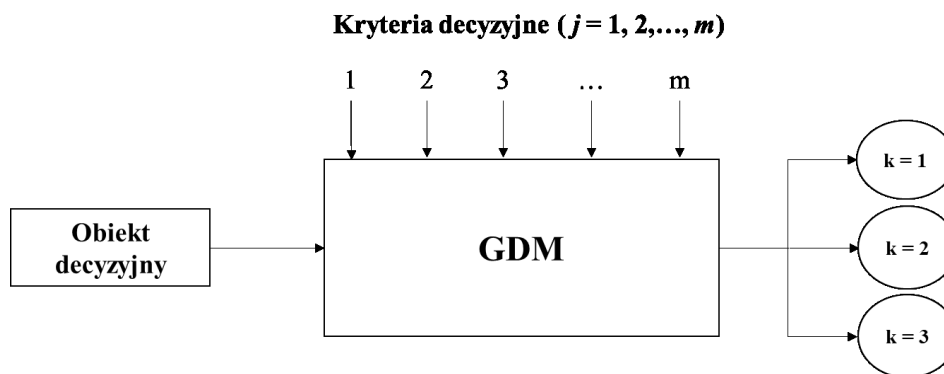
3. OPRACOWANIE SZAREJ METODY OCENY RYZYKA ZAWODOWEGO

Początki teorii systemów szarych (z ang. GST – *grey system theory*) datuje się na 1982 r., w którym to Julong Deng przedstawił jej zarys w opracowaniu „Control Problems of Grey Systems, Systems and Control Letters” (Deng, 1982). Pierwszy systematyczny wykład teorii systemów szarych w języku angielskim pojawił się jednak dopiero w 1989 r., za sprawą publikacji J. Denga pt. „A Course on Grey Systems Theory” (Deng, 1990). Teoria wykorzystywana jest do modelowania zjawisk cechujących się niepewnością i niekompletnością informacyjną (Mierzwiak, Xie, Nowak, 2018, s. 2). Teoria systemów szarych znalazła szerokie pola zastosowań zarówno w przypadku procesów o charakterze technicznym, jak i społecznym i ekonomicznym (Liu, Forrest, Yingjie, 2013, s. 1-18; Nowak, 2016; Akay, Atak,

2007; Cempel, Tabaszewski 2007). Do najczęściej wykorzystywanych w praktyce narzędzi teorii systemów szarych zalicza się:

- badanie siły związku między zmiennymi – *grey relational analysis* (GRA) oraz *grey incidence analysis* (GIA),
- badania w zakresie wspomagania procesu podejmowania decyzji – *grey decision making* (GDM),
- prognozowanie krótkich szeregów czasowych – *grey prediction model* (GM).

Celem teoretycznym w niniejszym artykule jest opracowanie nowej metody oceny ryzyka w oparciu o szary model decyzyjny GDM. Istotę procesu decyzyjnego z wykorzystaniem modelu GDM przedstawiono na schemacie 1.



Schemat 1. Struktura mechanizmu podejmowania decyzji w modelu GDM (Golińska et al., 2015, s. 29)

W przypadku zastosowania modelu GDM do oceny ryzyka zawodowego na stanowisku pracy jako **obiekt decyzyjny** można traktować poszczególne **zagrożenia**. Oznacza to, że modeli decyzyjnych należy sformułować tyle, ile zagrożeń zostanie wstępnie sformułowanych na danym stanowisku pracy. Zmienna k , będącą efektem realizacji procesu decyzyjnego wobec kolejnych czynników zagrożenia może przyjmować trzy realizacje:

- $k = 1$; oznacza **nieakceptowalne ryzyko** – przy danych warunkach ryzyko nie może zostać zredukowane do poziomu dopuszczalnego;
- $k = 2$; oznacza **ryzyko tolerowane** (uzasadnione ekonomicznie) – ryzyko, które jest tolerowane, w przypadku gdy koszt jego redukcji jest nieproporcjonalnie wysoki w stosunku do spodziewanych korzyści;
- $k = 3$; oznacza **ryzyko akceptowalne**.

W proponowanej metodzie przyjęto zatem trójstopniową skalę ryzyka stosowaną w metodzie ALARP (*as low as reasonably practicable*) (Rak, 2007, s. 77). Jako kryteria decyzyjne proponuje się zastosowanie parametrów stosowanych w metodzie *risk score*, tj. prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożenia, czasu ekspozycji

na zagrożenie oraz potencjalnych skutków wynikających z zagrożenia (Górska, Kossobudzka-Górska, 2011). Kryteriom decyzyjnym przypisano symbole ze zbioru $j = 1, 2, \dots, m$, uzyskując następujące oznaczenia poszczególnych kryteriów decyzyjnych:

- $j = 1$, prawdopodobieństwo zagrożenia,
- $j = 2$, czas ekspozycji na zagrożenie,
- $j = 3$, potencjalne skutki wynikające z zagrożenia.

Pierwszym etapem realizacji metody szarej oceny ryzyka zawodowego jest ustalenie wag kryteriów decyzyjnych. Ważność kryteriów decyzyjnych ustalana jest w sposób ekspercki według zmodyfikowanej metody Thurstona. Określenie ważności poszczególnych kryteriów polega na przypisaniu każdemu z kryteriów, przez każdego z ekspertów oceny w skali 1–5, gdzie 1 oznacza czynnik mało ważny, a 5 czynnik bardzo ważny. Ekspertami mogą być zarówno pracownicy, zatrudnieni na analizowanych stanowiskach pracy, przedstawiciele służb BHP, czy też menadżerowie przedsiębiorstw. Następnie dokonuje się rangowania kryteriów względem siebie oraz sporządza się macierz proporcji kryteriów decyzyjnych. Uzyskane w ten sposób wyniki standaryzuje się z wykorzystaniem tablicy dystrybucyjności rozkładu normalnego. Następnie wyznacza się średnie arytmetyczne dla kolumn tabeli proporcji kryteriów decyzyjnych (Z_n). Obliczenie ważności kryteriów decyzyjnych następuje z wykorzystaniem następującej formuły:

$$W_n = \frac{Z_n - z_{min}}{Z_{max} - z_{min}} \quad (1)$$

Uzyskane wyniki ważności kryteriów decyzyjnych, zgodnie z formułą (1) przybierać mogą wartości z przedziału $<0-1>$, przy czym zawsze jedno z kryteriów decyzyjnych (najmniej ważne) będzie wykazywało się wagą równą 0,00, a jedno z kryteriów decyzyjnych (najbardziej ważne) będzie wykazywało się wagą równą 1,00. W celu uniknięcia sytuacji, w której waga 0,00 dla jednego z czynników może być utożsamiana z brakiem jego wpływu na analizowane zjawisko (co jest efektem wyłącznie postaci zastosowanej formuły na wyznaczenie W_n) zmienne przeskalowano do przedziału $<1-2>$ przez dodanie jedności do wartości wskaźnika W_n . W efekcie każdemu z kryteriów decyzyjnych przypisano wagę η_j , gdzie $1 < \eta_j < 2$.

Kolejnym krokiem w przedstawianej procedurze badawczej było wyznaczenie funkcji wybielania wagowego dla wszystkich badanych czynników zagrożenia z wykorzystaniem następujących formuł:

$$f_j^1(x_j) = \frac{x}{5} \quad (2)$$

$$f_j^2(x_j) = \begin{cases} \frac{x}{2,5} & \text{for } 0 \leq x \leq 2,5 \\ \frac{5-x}{2,5} & \text{for } 2,5 < x \leq 5 \end{cases} \quad (3)$$

$$f_j^3(x_j) = \frac{5-x}{5} \quad \text{for } 0 \leq x \leq 5 \quad (4)$$

Po wyznaczeniu funkcji wybielania wagowego, dla każdego czynnika zagrożenia określono stałowagowy współczynnik klastrowy (*the decision indicator*) z wykorzystaniem formuły (5):

$$\sigma^k = \sum_{j=1}^m f_j^k * (x_j) * \eta_j \quad (5)$$

Zastępując we wzorze (5) wartość k , możliwymi jego realizacjami uzyskuje się następujące formuły:

$$\sigma^1 = \sum_{j=1}^{m=10} f_j^1(x_j) * \eta_j \quad (6)$$

$$\sigma^2 = \sum_{j=1}^{m=10} f_j^2(x_j) * \eta_j \quad (7)$$

$$\sigma^3 = \sum_{j=1}^{m=10} f_j^3(x_j) * \eta_j \quad (8)$$

W kolejnym kroku, po obliczeniu $\sigma^1, \sigma^2, \sigma^3$, wyznaczono maksymalną wartość stałowagowego współczynnika klastrowego (*grey cluster coefficient*) z wykorzystaniem następującej formuły:

$$\sigma^{k^*} = \max\{\sigma^k\} \quad \text{for } 1 \leq k \leq s \quad (9)$$

W efekcie przedstawianej procedury decyzyjnej dla każdego zagrożenia przypisana zostaje wartość k ze zbioru $\{1; 2; 3\}$. Wartość $k = 1$ oznacza, że ryzyko dla danego zagrożenia jest nieakceptowalne, wartość $k = 2$ oznacza, że ryzyko jest tolerowane, natomiast wartość $k = 3$ oznacza akceptowalny poziom ryzyka dla danego zagrożenia.

4. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA SZAREJ METODY OCENY RYZYKA ZAWODOWEGO

Procedura postępowania w ocenie ryzyka zawodowego z zastosowaniem opisanej w niniejszym artykule metody szarej zostanie przedstawiona na przykładzie stanowiska pracy operatora wózka widłowego. W tabeli 1 przedstawiono czynności wykonywane przez operatora wózka widłowego.

Tabela 1. Czynności wykonywane przez operatora wózka widłowego (CIOP, 2018)

Czynności związane z wykorzystaniem wózka jezdniowego
przysposobienie wózka do pracy
przemieszczanie pionowe i poziome ładunku
podjmowanie i składowanie ładunków
realizowanie załadunku i rozładunku
dopasowywanie urządzeń scalających do ładunku
asekurowanie ładunków podczas transportu i składowania
wykonywanie załadunku i rozładunku materiałów niebezpiecznych
zaopatrywanie wózka jezdniowego w paliwo
nadzorowanie sprzętu i elementów mocujących ładunek
prowadzenie i dokumentowanie kontroli urządzeń i układów wózka
kooperacja z inspektorami Urzędu Dozoru Technicznego podczas odbioru wózka
Pozostałe czynności
prowadzenie dokumentacji przewozowej i magazynowej
współdziałanie z pracownikami i przełożonymi w czasie realizacji zadań transportowych
współpraca z pracownikami innych działów zakładu
kalkulacja i sterowanie zapasami magazynowymi
odbiór jakościowy i ilościowy przyjmowanego towaru
przechowywanie i składowanie towaru
kompletacja towaru oraz jego wysyłka
stosowanie się do obowiązujących instrukcji i norm
obsługa systemów informatycznych
kontrola urządzeń i przyrządów magazynowych
gospodarowanie opakowaniami
współpraca z klientami i dostawcami
ciągła weryfikacja zapasów magazynowych

Tabela 2. Zidentyfikowane zagrożenia na stanowisku operatora wózka widłowego (CIOP, 2018)

Lista zagrożeń występujących na stanowisku pracy		
Lp.	Zagrożenie	Źródło zagrożenia
1.	Upadek na niższy poziom	Nierozważne prowadzenie wózka, wchodzenie lub schodzenie z siedziska operatora, korzystanie z drabin, ramp i pomostów
2.	Upadek na tym samym poziomie	Śliskie i nierówne powierzchnie w miejscu wykonywania pracy
3.	Uderzenie o nieruchomy przedmiot	Zastawianie traktów komunikacyjnych, kolizja ze stacjonarnymi przeszkodami np. sprzętem stanowiącym wyposażenie hali
4.	Uderzenie, zmiżdżenie, przygniecenie przez spadające przedmioty	Źle zabezpieczone ładunki na wózku i regałach odstawczycych, nieostrożne obchodzenie się z rolkami transportowymi, wadliwie działające rolety na rampach
5.	Pożar	Zwarcie w instalacji elektrycznej lub gazowej, nieszczelność urządzeń
6.	Porażenie prądem elektrycznym	Nieciągłość izolacji przewodów urządzeń elektrycznych, wadliwie działający sprzęt
7.	Poparzenie ciała	Uszkodzenie instalacji wózka, oparzenie podczas ładowania lub wylania się elektrolitu akumulatora, dotknięcie rozgrzanych części wózka spalinowego
8.	Skaleczenie o ostre krawędzie przedmiotów	Brak zabezpieczeń ostrych i wystających krawędzi, ostre przedmioty np. noże tapicerskie
9.	Urazy spowodowane nadmiernym wysiłkiem	Podnoszenie, przenoszenie, pchanie i ciągnięcie ładunków
10.	Przeciążenie układu mięśniowego	Praca w stałej pozycji siedzącej, wymuszona postawa ciała
11.	Unoszące się w powietrzu pyły, gazy itp.	Rozhermetyzowanie instalacji technologicznej, nieszczelne urządzenia oraz przechowywane ładunki, gazy spalinowe z wózków
12.	Czynniki chemiczne	Brak zabezpieczeń rąk i twarzy w kontakcie z transportowanymi lub składowanymi środkami chemicznymi
13.	Mikroorganizmy chorobotwórcze	Zanieczyszczone, źle wentylowane pomieszczenia, ukąszenie przez owady i gryzonie
14.	Wibracje ogólne	Przenoszenie drgań z układu wózka, długotrwała jazda po nierównym terenie
15.	Hałas przekraczający normatywną średnią wartość 85 dB przy 8-godzinnym dniu pracy	Hałas podczas obsługi wózków spalinowych lub podczas pracy w zamkniętych pomieszczeniach przekraczający 85 dB
16.	Niespełniające wymagań normatywnych NDN oświetlenie	Długotrwała praca przy źródłach światła niespełniających norm NDN
17.	Udar, odmrożenie, choroby układu oddechowego	Zmienne warunki atmosferyczne panujące w pomieszczeniu lub na zewnątrz (temperatura, wilgotność, przeciągi)
18.	Stres psychiczny	Piesi lub pojazdy stwarzające zagrożenie wypadkowe, odpowiedzialność za powierzony towar

Szeroki zakres czynności wykonywanych na stanowisku operatora wózka widłowego implikuje liczną liczbę potencjalnych czynników ryzyka. Pierwszym etapem przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora wózka widłowego było sformułowanie listy potencjalnych zagrożeń. W tabeli 2 zestawiono zagrożenia występujące na stanowisku pracy operatora wózka widłowego (CIOP, 2018).

Kolejnym etapem, zgodnie z zaproponowaną szarą metodą oceny ryzyka zawodowego było dokonanie rangowania kryteriów decyzyjnych dokonane przez ekspertów. W efekcie, każdemu z kryteriów decyzyjnych przypisano wagę η_j , gdzie $1 < \eta_j < 2$. Ekspertami w przeprowadzonym badaniu byli pracownicy wybranego wielkopolskiego przedsiębiorstwa logistycznego. Przebadano 10 osób pracujących jako operator wózka widłowego. Pierwszym etapem w zmodyfikowanej metodzie Thurstona jest zestawienie ocen ważności do dokonanych przez 10 ekspertów dla poszczególnych kryteriów w skali 1–5. Wyniki tego etapu zostały przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Rangowanie kryteriów decyzyjnych dokonane przez ekspertów

Ekspert	K1	K2	K3
E1	3	2	1
E2	4	1	4
E3	4	2	3
E4	3	3	2
E5	3	3	3
E6	2	2	1
E7	3	3	1
E8	5	3	3
E9	3	4	3
E10	2	3	3

Na podstawie tabeli rangowania kryteriów przez ekspertów w tabeli 4 opracowano macierz proporcji dla kolejnych kryteriów decyzyjnych.

Tabela 4. Macierz proporcji kryteriów decyzyjnych

Ekspert	K1	K2	K3
K1	0	0,333	0,143
K2	0,667	0	0,286
K3	0,857	0,714	0

W kolejnym etapie zastosowanej metody macierz proporcji kryteriów decyzyjnych została zestandaryzowana z wykorzystaniem tablicy dystrybuanty standardowego rozkładu normalnego. Następnie wyznaczone zostały średnie arytmetyczne dla kolumn tabeli proporcji kryteriów decyzyjnych (Z_n). Obliczenie ważności kryteriów decyzyjnych przeprowadzono z wykorzystaniem następującej formuły:

$$W_n = \frac{Z_n - z_{min}}{z_{max} - z_{min}} + 1 \quad (10)$$

Wyniki wskazanych operacji przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestandaryzowana macierz proporcji kryteriów decyzyjnych

Ekspert	K1	K2	K3
K1	0	0,1293	0,0557
K2	0,2486	0	0,1141
K3	0,3051	0,2611	0
Zn	0,1846	0,1301	0,0566
Wn	2,0000	1,5746	1,0000

Wyznaczone w ten sposób wagi przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Wyznaczenie wag dla kryteriów decyzyjnych

kryterium (j)	1	2	3
waga kryterium (η_j)	2,0000	1,5746	1,0000

Według przeprowadzonej procedury najwyższą wagę eksperci przypisali prawdopodobieństwu wystąpienia zagrożenia ($\eta_j = 2,0000$). W drugiej kolejności eksperci wskazywali na czas ekspozycji na zagrożenie ($\eta_j = 1,5746$). Najmniej ważnym kryterium decyzyjnym w opinii ekspertów były potencjalne skutki wynikające z zagrożenia ($\eta_j = 1,0000$). Kolejnym krokiem w przedstawianej procedurze badawczej było wyznaczenie funkcji wybielania wagowego dla wszystkich badanych czynników zagrożenia z wykorzystaniem formuł (2–4) oraz szarego współczynnika klastrowego (*grey cluster coefficient*) z wykorzystaniem formuł (5–10). W tabeli 7 zestawiono zbiorcze wyniki oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora wózka widłowego z wykorzystaniem modelu GDM i zmodyfikowanej metody Thurstona.

Tabela 7. Zbiorcze wyniki oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora wózka widłowego z wykorzystaniem modelu GDM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ^1	2,0299	1,8299	1,5448	3,5746	2,9448	2,6597	2,7448	1,5448	3,2597
σ^2	3,6597	2,4597	2,4597	2,0000	3,2597	3,0299	3,6597	2,4597	2,2299
σ^3	2,5448	2,7448	3,0299	1,0000	1,6299	1,9149	1,8299	3,0299	1,3149
σ^{k^*}	3,6597	2,7448	3,0299	3,5746	3,2597	3,0299	3,6597	3,0299	3,2597
k	2	3	3	1	2	2	2	3	1

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
σ^1	3,4597	1,1149	1,5149	2,7448	2,1448	3,4597	2,7448	1,8299	2,0299
σ^2	2,2299	2,2299	1,8299	3,6597	2,4597	2,2299	3,6597	3,6597	3,6597
σ^3	1,1149	3,4597	3,0597	1,8299	2,4299	1,1149	1,8299	2,7448	2,5448
σ^{k^*}	3,4597	3,4597	3,0597	3,6597	2,4597	3,4597	3,6597	3,6597	3,6597
k	1	3	3	2	2	1	2	2	2

W efekcie przeprowadzonej oceny ryzyka zawodowego zidentyfikowano 4 zagrożenia, charakteryzujące się nieakceptowalnym poziomem ryzyka, tj.:

- uderzenie, zmiżdżenie, przygniecenie przez spadające przedmioty (x_4),
- urazy spowodowane nadmiernym wysiłkiem (x_9),
- przeciążenie układu mięśniowego (x_{10}),
- hałas przekraczający normatywną średnią wartość 85 dB przy 8-godzinnym dniu pracy (x_{15}).

W efekcie przeprowadzonej oceny ryzyka możliwe jest sformułowanie szeregu rekomendacji zmierzających do obniżenia poziomu ryzyka dla wskazanych czynników. Po wdrożeniu zaleceń wynikających z rekomendacji ocena ryzyka powinna zostać powtórzona – jeżeli w jej skutku okaże się, że nastąpiła poprawa (ryzyko nieakceptowalne zostało zastąpione ryzykiem co najmniej tolerowanym), zaleca się w dalszej kolejności cykliczną, okresową kontrolę poziomu ryzyka.

5. PODSUMOWANIE

Celem poznawczym w niniejszym opracowaniu było opracowanie metody oceny ryzyka w oparciu o szary model decyzyjny. Celem użytecznym było natomiast przeprowadzenie oceny ryzyka zawodowego na stanowisku operatora wózka wi-

dłowego z wykorzystaniem opracowanego w poznawczej części pracy szarego modelu decyzyjnego. Wykorzystując metodę krytycznej analizy piśmiennictwa (zwłaszcza w zakresie szarych modeli decyzyjnych) oraz metodę projektową, zaproponowano model szary o następującej strukturze decyzyjnej:

- 1) obiekty decyzyjne – kolejne zagrożenia na stanowisku pracy,
- 2) kryteria decyzyjne – prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, ekspozycja na zagrożenie oraz potencjalne skutki zagrożenia (w oparciu o metodę *risk score*),
- 3) efekt realizacji procesu decyzyjnego – rekomendacja związana z uznaniem ryzyka jako nieakceptowalnego, tolerowanego lub akceptowalnego.

Opracowana metoda stanowi odpowiedź na zdiagnozowane wady klasycznych metod oceny ryzyka zawodowego odnoszące się zwłaszcza do arbitralności doboru skali przedziałowych w ocenie poszczególnych składników syntetycznego wskaźnika ryzyka. W zaproponowanej metodzie wszystkie analizowane czynniki, tj. prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia, ekspozycja na zagrożenia oraz potencjalne skutki zagrożenia zostały ocenione według ekspertów według analogicznej skali wartościowej 1–5. Ponadto każdemu z analizowanych kryteriów decyzyjnych przypisano wagi z wykorzystaniem zmodyfikowanej eksperckiej metody Thurstone'a. Zważając na powyższe, uznano, że cele sformułowane we wstępie artykułu zostały osiągnięte. Opracowana metoda, wykorzystująca dorobek teorii systemów szarych, jest komplementarna względem stosowanych obecnie narzędzi oceny ryzyka zawodowego. Jedną z najważniejszych zalet metody jest jej uniwersalność, umożliwiającą jej szerokie stosowanie w zarządzaniu ryzykiem zawodowym w praktyce gospodarczej. Należy jednocześnie stwierdzić, że istnieje szerokie pole do dalszych badań nad wykorzystaniem teorii systemów szarych, a zwłaszcza szarych modeli decyzyjnych w ocenie ryzyka zawodowego. Wśród najważniejszych zagadnień wyznaczających zakres dalszych badań można wskazać rozszerzenie zbioru kryteriów decyzyjnych, metod ważenia tych kryteriów, czy też zwiększenie zakresu rekomendacji, będących efektem procesu decyzyjnego.

LITERATURA

- Akay, D., Atak, M. (2007). Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey. *Energy*, 32 (9).
- Cempel, C., Tabaszewski, M. (2007). Zastosowanie teorii szarych systemów do modelowania i prognozowania w diagnostyce maszyn. *Diagnostyka*, 2.
- CIOP (2018). *Międzynarodowa karta charakterystyki zagrożeń zawodowych. Operator wózka jezdnego widłowego*. Pobrano z <http://archiwum.ciop.pl/10947.html> (20.03.2018).
- Deng, J. (1990). *A Course on Grey Systems Theory*. Publishing House, Huazhong University of Technology, Wuhan.
- Deng, J. (1982). Control Problems of Grey Systems. *Systems and Control Letters*, 1, 5. Amsterdam: North Holland.

- Golińska, P., Kosacka, M., Mierzwiak, R., Werner-Lewandowska, K. (2015). Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies. *Journal of Cleaner Production*, 105.
- Górska, E., Kossobudzka-Górska, A. (2011). *Oceny ryzyka zawodowego*. In: *Współczesne i przyszłe wyzwania ergonomii*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Liu, S-F., Forrest, J., Yingjie, Y. (2013). Advances in grey systems research. *The Journal of Grey Systems*, 25/2.
- Mierzwiak, R., Xie, N., Nowak, M. (2018). New Axiomatic Approach to the Concept of Grey Information. *Grey Systems: Theory and Application*, 2.
- Nowak, M. (2016). Zastosowanie szarego modelu GM (1,1) w predykcji krótkich szeregów finansowych na przykładzie przedsiębiorstw sektora produkcji materiałów budowlanych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Organizacja i Zarządzania*, 70.
- Rak, J. (2007). Metoda trójwarstwowej maczyzy ryzyka. *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej*, 43.
- Kodeks pracy, Ustawa z dnia 26 czerwca 1974, Dz.U. z 1998 r., Nr 21, poz. 94 ze zm.

APPLICATION OF A GREY DECISION MODEL IN THE OCCUPATIONAL RISK ASSESSMENT

Summary

The aim of the article is to design a risk assessment method based on Grey Decision Making (GDM). Achievement of the indicated goal is conditioned by the use of the method of critical analysis of the literature and the design method. The first chapter presents in a synthetic way the theoretical basis for occupational risk assessment. Next, the essence of the theory of grey systems was approximated, in particular the multicriteria grey decision model of GDM. The next part of the study proposes a logical structure of the procedure and a scheme of the grey method of risk assessment. The last chapter presents an example of the application of a new method of occupational risk assessment on the example of a forklift operator workplace.

Keywords: occupational risk assessment, grey systems theory, grey decision making

