

Marcin KLIMEK*, Piotr ŁEBKOWSKI**

PROBLEM PRZYDZIAŁU PRACOWNIKÓW DO STANOWISK PRACY ZAGROŻONYCH RYZYKIEM KORUPCJI

Streszczenie

W artykule proponowane są algorytmy dla rzeczywistego zagadnienia przydziału pracowników do stanowisk pracy w systemie odpraw celnych. Rozważany problem jest specyficzny: analizowane stanowiska pracy zagrożone są zjawiskiem korupcji i ich obsada powinna być generowana w sposób losowy. W pracy sformułowany jest model matematyczny dla tego zagadnienia. Następnie opisane są nowe algorytmy rozwiązujące zagadnienie losowego przydziału personelu.

Słowa kluczowe: przydział pracowników, stanowiska zagrożone ryzykiem korupcji, algorytmy alokacji

1. WPROWADZENIE

Zagadnienie alokacji pracowników do stanowisk pracy to ważny aspekt zarządzania zasobami ludzkimi. Szczególnie istotne są zasady przydziału pracowników do stanowisk „podwyższonego ryzyka”, zagrożonych zjawiskiem korupcji. Jednym z przykładów takich miejsc pracy są stanowiska odpraw celnych na przejściach granicznych. Jeszcze 2 lata temu stanowiska te były przydzielane przez kierownika zmiany bez wsparcia systemu informatycznego, co było czasochłonne (opóźniało moment rozpoczęcia pracy przez personel) i dodatkowo mogło sprzyjać zachowaniom korupcyjnym (możliwość współpracy kierowników zmian, wybranych pracowników i przemytników). Stworzenie systemu odpraw celnych z modułem „Losowanie”, w którym generowany jest losowy przydział pracowników do stanowisk pracy, doprowadziło do zmniejszenia potencjalnego zagrożenia korupcją i usprawniło funkcjonowanie przejść granicznych.

Moduł „Losowanie” jest elementem Elektronicznej Książki Służby (w skrócie EKS). EKS jest aplikacją opracowaną przez Izbę Celną w Białej Podlaskiej kompleksowo usprawniającą pracę wszystkich komórek organizacyjnych Służby Celnej. Jej celem jest m.in. wspieranie działań antykorupcyjnych w Służbie Celnej, uproszczenie sposobu dokumentowania czynności służbowych w komórkach organizacyjnych, poprawa organizacji pracy, usprawnienie zarządzania zasobami ludzkimi, umożliwienie skutecznego nadzoru służbowego przez ujednoczenie zasad dokumentowania przebiegu służby itp..

Zadaniem modułu „Losowanie” jest losowe przydzielenie poszczególnych pracowników pełniących służbę w ruchu osobowym i towarowym do stanowisk ich pracy. Losowania dokonuje kierownik zmiany lub jego zastępca przed rozpoczęciem pracy oraz przekazuje podległym funkcjonariuszom dyspozycje objęcia poszczególnych stanowisk. W systemie EKS przydział personelu do stanowisk pracy to proces składający się z kolejno wykonywanych etapów tj.:

- a) określanie stanowisk do losowania, czyli zdefiniowanie liczby pracowników niezbędnych do służby w poszczególnych miejscach pracy;
- b) wskazanie pracowników uczestniczących w losowaniu, podczas wyboru personelu widoczna jest lista pracowników wraz z wymienionymi stanowiskami, na jakie każdy

* Państwowa Szkoła Wyższa w Białej Podlaskiej, Instytut Informatyki

** AGH Akademia Górniczo Hutnicza, Wydział Zarządzania

- z nich może być rozlosowywany, uprawnienia personelu do stanowisk definiowane są w konfiguracji jednostki (przejścia granicznego);
- c) wywołanie systemowego (losowego) przydziału pracowników wybranych w punkcie b) do stanowisk określonych w punkcie a));
 - d) wprowadzenie korekt do systemowego przydziału z punktu c) wraz z uzasadnieniem;
 - e) zatwierdzenie wyników systemowego losowania z ewentualnymi korektami wprowadzonymi przez kierownika zmiany w punkcie d).

W historii losowania zapisywane są wszystkie etapy losowania: określanie stanowisk do losowania, definiowanie losowanych pracowników (wraz z zapisem ich aktualnych uprawnień do stanowisk), przebieg samego losowania, wszystkie operacje wykonane przez kierownika zmiany takie jak: zapamiętanie każdego wygenerowanego przydziału personelu do stanowisk (także tych niezatwierdzonych przez kierownika zmiany), zmiany w wygenerowanej alokacji itp.

W niniejszym artykule autorzy skoncentrują się na opisanu algorytmów losowego przydziału personelu do stanowisk pracy, które są wykorzystywane w module „Losowanie” w systemie Elektroniczna Książka Służby. W pracy zaprezentowany jest model matematyczny problemu losowego przydziału personelu, sformułowany na podstawie wymagań systemu odpraw celnych. Model matematyczny skonstruowano przy wykorzystaniu klasycznego modelu przydziału personelu. W dalszej części artykułu opisane są algorytmy rozwiązujące rozważane zagadnienie. Na koniec przedstawiona jest analiza przydatności proponowanych rozwiązań.

2. OPIS KLASYCZNEGO PROBLEMU PRZYDZIAŁU PERSONELU – PRZEGLĄD BADAŃ

Przydział pracowników do stanowisk pracy to ważne zagadnienie optymalizacyjne będące przedmiotem wielu prac badawczych. Problem przydziału polega na delegowaniu pracowników do poszczególnych stanowisk (zadań), w taki sposób, aby koszt realizacji zadań był minimalny lub łączna wydajność wszystkich pracowników była maksymalna. Przy alokacji powinny być uwzględnione cechy pracownika tj. efektywność pracy, umiejętności, doświadczenie itp. W klasycznym przydziale pracowników do stanowisk każde stanowisko ma przydzielonego tylko jednego pracownika. Kryterium oceny takiego przydziału jest np. osiągnięcie maksymalnej wydajności personelu lub obsadzenie wszystkich miejsc pracy przy uwzględnieniu uprawnień, umiejętności pracowników.

W literaturze analizowany jest ogólny problem przydziału (ang. *General Assignment Problem*) [6], który polega na przypisywaniu obiektów z jednej grupy (np. pracowników) do obiektów z innej grupy (np. zadań, stanowisk). Szczególnym przypadkiem jest klasyczny problem przydziału personelu (ang. *Personnel Assignment Problem*) [10]. Zagadnienie przydziału pracowników do stanowisk przedstawia się jako graf dwudzielny, w którym jego rozłączne części to zbiór zawierający węzły reprezentujące pracowników i zbiór zawierający węzły reprezentujące stanowiska. Między pracownikami a stanowiskami występują ważne połączenia. Wagi połączeń pracowników z stanowiskami określają produktywność, wydajność lub koszt pracownika przy wykonywaniu zadań na określonym stanowisku.

W klasycznym problemie alokacji liczba pracowników jest równa liczbie obsadzanych stanowisk (miejsc pracy, zadań) a każdy z pracowników może pracować na każdym stanowisku (jest połączony łukiem z każdym z stanowisk). Każdy z pracowników jest przydzielany do jednego stanowiska (wykonuje jedno zadanie). Każde miejsce pracy jest obsadzone przez dokładnie jednego pracownika. Szukanym rozwiązaniem najczęściej jest taki

zbiór łuków łączących pracowników ze stanowiskami, aby zmaksymalizować wydajność pracy mierzoną jako suma wag wybranych połączeń.

W literaturze analizowanych jest wiele różnych wersji problemu alokacji personelu do stanowisk pracy. Próby usystematyzowania badań dotyczących tych zagadnień podejmowane są w pracach przeglądowych [3,8,11]. W tej pracy przedstawione są jedynie wybrane modele, które wykorzystano przy formułowaniu modelu dla rozpatrywanego problemu losowego przydziału pracowników do stanowisk pracy.

Model matematyczny klasycznego problemu alokacji można przedstawić jako zagadnienie minimalizacji funkcji kosztu F_c (1) lub maksymalizacji funkcja wydajności F_w (2) [11]:

$$F_c = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot x_{ij} \longrightarrow \min \quad (1)$$

$$F_w = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} \cdot x_{ij} \longrightarrow \max \quad (2)$$

gdzie:

x_{ij} – zmienna decyzyjna, zerojedynkowa, wskazująca przydział lub brak przydziału i -tego pracownika do j -tego stanowiska,

c_{ij} – jednostkowy koszt pracy i -tego pracownika na j -tym stanowisku,

w_{ij} – jednostkowa wydajność pracy i -tego pracownika na j -tym stanowisku,

n – liczba pracowników,

m – liczba stanowisk pracy.

Koszty c_{ij} lub wydajności w_{ij} są określane dla każdego pracownika $i = 1, 2, \dots, n$ i dla każdego stanowiska $j = 1, 2, \dots, m$. Zmiennymi decyzyjnymi w tak postawionym problemie są wartości x_{ij} , które przyjmują wartości zerojedynkowe:

- $x_{ij} = 1$, jeżeli i -ty pracownik jest przydzielony do wykonywania pracy na j -tym stanowisku,
- $x_{ij} = 0$, jeżeli i -ty pracownik nie jest przydzielony do wykonywania pracy na j -tym stanowisku.

Problem minimalizacji F_c lub maksymalizacji F_w jest rozwiązywany przy następujących ograniczeniach (wynikających z binarnego charakteru zmiennych decyzyjnych):

- każdy pracownik powinien być przypisany do jednego stanowiska pracy:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad \forall i \in \langle 1, n \rangle \quad (3)$$

- każde stanowisko pracy powinno być obsadzone przez jednego pracownika:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \langle 1, m \rangle \quad (4)$$

Spełnienie warunków (3) i (4) jest możliwe jedynie w przypadku, gdy liczba pracowników jest równa liczbie stanowisk ($m = n$). W przypadku, gdy $m \neq n$ ograniczenia przyjmują postać:

- każdy pracownik może być przypisany maksymalnie do jednego miejsca pracy:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in \langle 1, n \rangle \quad (5)$$

- każde miejsce pracy może być obsadzone przez jednego pracownika:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in \langle 1, m \rangle \quad (6)$$

Kolejnym ważnym modelem alokacji personelu rozważanym w badaniach jest model uwzględniający uprawnienia (kwalifikacje) poszczególnych pracowników do poszczególnych zadań. Problem ten sprowadza się do maksymalizacji funkcji wydajności F_w (wzór 2) dla zmodyfikowanych ograniczeń określonych wzorami (7, 8) [4,13]:

- każdy pracownik może być przypisany maksymalnie do jednego miejsca pracy, do którego ma uprawnienia:

$$\sum_{j=1}^m q_{ij} \cdot x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in \langle 1, n \rangle \quad (7)$$

- każde miejsce pracy może być obsadzone przez jednego pracownika, który ma uprawnienia:

$$\sum_{i=1}^n q_{ij} \cdot x_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in \langle 1, m \rangle \quad (8)$$

gdzie:

$q_{ij} = 1$, gdy i -ty pracownik ma uprawnienia (kwalifikacje) do wykonywania pracy na j -tym stanowisku,

$q_{ij} = 0$, gdy i -ty pracownik nie posiada kwalifikacji do wykonywania pracy na j -tym stanowisku.

W badaniach rozpatrywany jest także model, w którym przy m stanowiskach i n pracownikach jedynie k stanowisk i pracowników ($k < m$ i $k < n$) ma być wybranych do przydziału przy minimalizacji funkcji kosztu F_c (wzór 1). Problem ten sprowadza się do dodania dodatkowego ograniczenia do ograniczeń określonych wzorami (5, 6) [7]:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = k \quad (9)$$

Modyfikacje klasycznego problemu sprowadzają się także do uwzględnienia hierarchii (ang. *hierarchy constraint*) stanowisk i pracowników [5,12] (np. problem przydziału stanowisk w wojsku), uwzględnienia miejsca wykonywania pracy zespołu (ang. *team constraint*) na stanowiskach (zespół przydzielany w tej samej lokalizacji, mieście) itp.

Do rozwiązywania problemów alokacji personelu jak i innych problemów zerojedynkowych możliwe jest zastosowanie znanych metod programowania całkowitoliczbowego. Czas działania metod programowania całkowitoliczbowego może być jednak zbyt długi, nieakceptowalny w przypadku konieczności ustalania alokacji

pracowników do stanowisk codziennie bezpośrednio po zgłoszeniu się personelu do pracy. Znane są także inne algorytmy, które rozwiązują dokładnie klasyczny problem alokacji zasobów w czasie wielomianowym [1,2,10].

3. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU LOSOWEGO PRZYDZIAŁU PRACOWNIKÓW DO STANOWISK ZAGROŻONYCH RYZYKIEM KORUPCJI

Problem rozpatrywany w niniejszym artykule różni się od klasycznego a także innych analizowanych w badaniach. Poza pracą autorów [9] nie znaleziono w literaturze rozważań, które dotyczyłyby podobnie zdefiniowanego losowego przydziału personelu. W systemie odpraw celnych występują specyficzne wymagania odnośnie obsady stanowisk przez pracowników. W analizowanym, rzeczywistym systemie odpraw celnych obsadzone stanowiska pracy charakteryzują się zagrożeniem zjawiskiem korupcji. Losowe alokowanie pracowników do takich stanowisk może zmniejszyć potencjalne ryzyko zachowań korupcyjnych.

Problem losowego przydziału pracowników do stanowisk obsługi sprowadza się do maksymalizacji liczby obsadzonych stanowisk przy równoczesnym zapewnieniu losowości tej alokacji.

Dla każdego typu stanowiska i ($i = 1..st$, gdzie st to liczba różnych typów obsadzanych stanowisk pracy) określona jest dodatnia liczba miejsc pracy do obsadzenia w procesie losowej alokacji oznaczona m_i ($m_i > 0$ dla każdego $i = 1..st$). Liczba wszystkich stanowisk, które są obsadzone wynosi m [9]:

$$m = \sum_{i=1}^{st} m_i \quad (10)$$

Wszystkie miejsca pracy numerowane są od 1 do m dla kolejnych typów stanowisk od 1 do st :

Pracownicy posiadają uprawnienia (kwalifikacje) do pracy na określonych stanowiskach. Niech U_i ($i = 1..n$) to zbiór uprawnień do poszczególnych typów stanowisk, które posiada pracownik i [9].

$$U_i = \{j : upr_{ij} = 1\} \quad \forall j \in \langle 1, st \rangle \quad (11)$$

gdzie:

upr_{ij} – zmienna zerojedynkowa określająca kwalifikacje (uprawnienia) pracownika: $upr_{ij} = 1$ oznacza, że pracownik i posiada kwalifikacje do pracy na stanowisku j , natomiast upr_{ij} przyjmuje wartość 0 gdy pracownik i nie posiada uprawnień do stanowiska j .

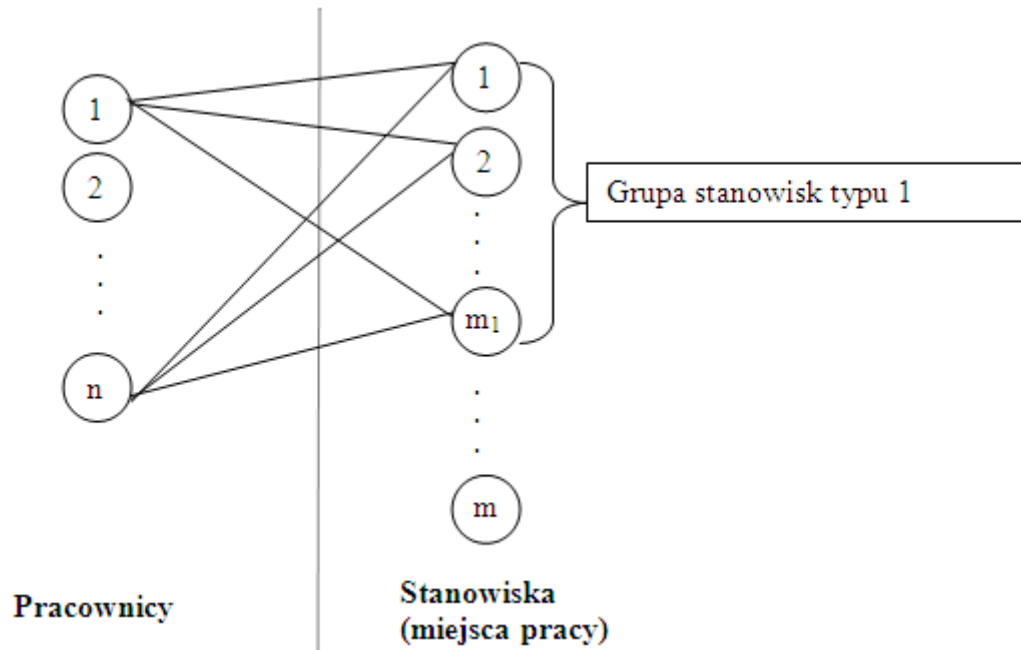
Każdy ze zbiorów uprawnień jest niepusty ($\#U_i > 0$: dla każdego $i = 1..n$). Pracownik bez uprawnień (bez kwalifikacji) nie jest brany pod uwagę przy alokacji. W systemie odpraw celnych najczęściej liczba pracowników jest większa lub równa liczbie stanowisk obsadzanych w drodze losowania ($n > m$). Pracownicy nieobsadzeni w drodze losowania przydzielani są do pracy na stanowiska, które nie wymagają losowości („niekorupcyjne”).

Dla każdego miejsca pracy $i = 1..m$ można obliczyć wskaźnik LU_i określający liczbę pracowników, którzy mogą na nim pracować:

$$LU_i = \sum_{j=1}^n upr_{ij} \quad (12)$$

W przypadku, gdy liczba planowanych obsadzeń do wylosowania dla danego typu stanowiska m_i jest większa od liczby pracowników, którzy mogą na tych stanowiskach pracować ($m_i > LU_i$) nie jest możliwe obsadzenie wszystkich stanowisk typu i , ze względu na zbyt małą liczbę uprawnionych pracowników.

Rozważany problem można przedstawić, podobnie jak problem klasyczny, jako graf dwudzielny personelu. Graf dwudzielny dla problemu przydziału n pracowników do m stanowisk pracy przedstawiony jest na rysunku 1 [9].



Rys. 1. Graf dwudzielny dla problemu alokacji n pracowników do m stanowisk

Źródło: Klimek M., Lebkowski P. [9]

Pracownik jest połączony łukiem z danym stanowiskiem, tylko w przypadku gdy posiada kwalifikacje do pracy na tym stanowisku. Każdy pracownik ma uprawnienia (lub ich nie posiada) do wszystkich stanowisk danego typu. Na przykład: na rysunku 1 widać, że pracownik 1 posiada uprawnienia do wszystkich stanowisk typu 1 (stanowisk ponumerowanych od 1 do m_1) a pracownik 2 nie posiada kwalifikacji do żadnego z tych stanowisk.

Rozwiązaniem problemu losowej alokacji jest obsadzenie możliwie największej liczby stanowisk, przydzielenie maksymalnej liczby pracowników do miejsc pracy, czyli maksymalizacja funkcji F :

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \longrightarrow \max \quad (13)$$

Problem maksymalizacji F jest rozwiązywany przy następujących ograniczeniach:

- pracownik może być przydzielony maksymalnie do jednego stanowiska pracy (wzór 5),
- jedno stanowisko pracy może być obsadzone przez maksymalnie jednego pracownika (wzór 6).

Wartość funkcji celu F spełnia następujące warunki: $F \leq m$ oraz $F \leq n$. Wszystkie stanowiska są obsadzone gdy $F = m$.

4. ALGORYTMY LOSOWEGO PRZYDZIAŁU PRACOWNIKÓW DO STANOWISK

Problem losowego przydziału pracowników do stanowisk obsługi sprowadza się do maksymalizacji liczby obsadzonych stanowisk. Przydział pracowników do stanowisk (zadań) musi być wykonywany każdorazowo (codziennie) przed rozpoczęciem pracy, więc musi być generowany bardzo szybko. Pracownicy mogą rozpocząć pracę dopiero po przydzieleniu im stanowisk. Rozmiar problemu (liczba pracowników i stanowisk) jest zróżnicowany. W niektórych oddziałach celnych liczba pracowników na zmianie wynosi ok. 40, w innych jest mniejsza niż 10. Przy mniejszym problemie możliwe jest zastosowanie programowania całkowitoliczbowego lub wygenerowanie wszystkich możliwych alokacji i wybranie losowo jednej, w której wszystkie stanowiska pracy są obsadzone. Ze względu na czas działania zastosowanie tych strategii nie jest możliwe dla większych przejść granicznych. Tam konieczne jest wykorzystanie algorytmów przybliżonych, które proponują autorzy. Możliwe jest zatem, że nie zawsze wygenerowana zostanie pełna obsada stanowisk, pomimo, że taka obsada może istnieć. Przeglądnięcie wszystkich możliwych przydziałów stanowisk dla funkcjonariuszy na dużych przejściach granicznych jest zbyt czasochłonne.

Pożądaną cechą szukanego algorytmu jest możliwość wygenerowania maksymalnej możliwej obsady stanowisk przy równoczesnej losowości tej obsady. Jeśli istnieje wiele przydziałów o identycznej jakości mierzonej wartością funkcji celu F , wszystkie te alokacje powinny być osiągalne przy zastosowaniu tego algorytmu, najlepiej z takim samym prawdopodobieństwem. Szukana procedura powinna wygenerować przydział dla wszystkich losowanych stanowisk, o ile jest to możliwe, i zapewnić losowość takiej alokacji (każde uruchomienie algorytmu tworzy losową alokację pracowników do miejsc pracy, niezależną od wyników poprzedniego losowania) [9].

Ze względu na wymagany krótki czas obliczeń proponowany jest prosty algorytm konstrukcyjny działający w oparciu o dynamicznie wyznaczone reguły priorytetowe.

Algorytm **A1** przebiega w 4 krokach:

Krok 1:

Tworzona jest losowa permutacja Π wszystkich pracowników wyznaczonych do pracy. Ten krok ma zapewnić losowość alokacji personelu do stanowisk. W następnych krokach algorytm przebiega deterministycznie.

Krok 2:

Wyznaczane są priorytety alokacji personelu dla poszczególnych typów stanowisk pracy:

$$P_i = LU_i - m_i \quad \forall i \in \langle 1, st \rangle \quad (14)$$

Krok 3:

W kroku tym obsadzane jest stanowisko typu i o najniższej aktualnej wartości priorytetu P_i (uwaga: priorytety P_i są inicjalizowane w kroku 2 i modyfikowane w kroku 4). Do stanowiska typu i przydzielany jest pierwszy pracownik z listy Π (oznaczony pr), który ma kwalifikacje do pracy na stanowisku typu i . Jeśli nie znaleziono pracownika (biorąc pod uwagę wszystkich pracowników z listy Π) posiadających uprawnienia do stanowiska typu i , stanowiska tego typu pozostaną nieobsadzone i nie są już rozważane podczas dalszego działania procedury A1.

Krok 4:

Usunięcie pracownika *pr* z listy *II* (pracownik *pr* nie będzie już przydzielany do żadnego stanowiska). Zmiana priorytetów P_i tzn. zmniejszenie wartości o 1 dla tych typów stanowisk, do których miał uprawnienia przydzielony pracownik *pr* z uwzględnieniem liczby już obsadzonych miejsc pracy.

$$P_i = LUA_i - m_i + l_i \quad \forall i \in \langle 1, st \rangle \quad (15)$$

gdzie:

l_i – liczba aktualnie obsadzonych stanowisk typu *i*,

LUA_i – liczba pracowników znajdujących się aktualnie na liście *II* z uprawnieniami do stanowisk typu *i*.

Jeśli liczba przydzielonych pracowników dla stanowiska danego typu wynosząca l_i jest równa liczbie pracowników do obsadzenia na tym stanowisku m_i , ten typ stanowiska jest już obsadzony i nie jest już rozpatrywany w następnych iteracjach algorytmu.

Kroki 3 i 4 są powtarzane aż do momentu, w którym stanowiska wszystkich typów są już obsadzone lub są wykluczone z obsadzania, gdyż nie można znaleźć dla nich pracowników z kwalifikacjami.

Zaprezentowany algorytm priorytetowy jest wdrożony w działającym systemie odpraw celnych. Spełnia swoje zadania w większości spotykanych sytuacji: jest szybki, losowo generuje przydziały pracowników do stanowisk pracy. Pojawiły się jednak przypadki, w których algorytm nie znajdował pełnej obsady stanowisk mimo, że taka obsada była możliwa. Możliwym prostym usprawnieniem algorytmu A1 jest zastosowanie metody wielostartu: procedura jest uruchamiana *k*-krotnie, przy czym w każdym kolejnym uruchomieniu (przebiegu) w kroku 1 generowana jest nowa, losowa permutacja *II* wszystkich pracowników. W przypadku wygenerowania pełnej obsady dla danego przebiegu algorytmu kolejne restarty procedury nie są wykonywane (liczba uruchomień algorytmu jest mniejsza lub równa *k*).

Zastosowanie metody wielostartu usprawnia mechanizm alokacji personelu do stanowisk (częściej generowana jest pełna obsada stanowisk) jednocześnie wydłużając czas wykonania tej alokacji, ale nadal pojawiały się sytuacje, w których nie była znajdowana pełna obsady stanowisk mimo, że taka obsada była możliwa. Kolejną propozycją usprawnienia alokacji pracowników jest dodanie nowego mechanizmu priorytetowania pracowników. Analiza przypadków, w których algorytm A1 nie znajdował pełnej obsady wskazała na konieczność rozpatrywania w pierwszej kolejności pracowników o najmniejszej liczbie uprawnień (kwalifikacji). Propozycja usprawnienia A1 sprowadza się do tego, że losowa permutacja pracowników *II* jest zmodyfikowana, w taki sposób, że na liście tej znajdują się pracownicy w kolejności rosnącej liczby uprawnień (na początku posiadający najmniejszą liczbę uprawnień, na końcu „najlepiej” wykwalifikowani) a losowa kolejność na tej liście *II* dotyczy tylko tych pozycji, na których znajdują się pracownicy o identycznej liczbie kwalifikacji.

Kolejnym proponowanym rozwiązaniem jest zastosowanie algorytmu siłowego: wygenerowanie wszystkich możliwych obsad stanowisk pracowników i wybranie losowo jednej z alokacji, w której liczba obsadzonych stanowisk jest maksymalna. Takie podejście, ze względu na długi czas obliczeń, może być zastosowane dla małych problemów ($m, n < 10$).

Tablica 1. Porównanie proponowanych rozwiązań

Algorytm	Zalety	Wady
Algorytm A1	szybki, dobra losowość (mała przewidywalność)	problemy z pełną obsadą
Algorytm A1 z wielostartem	częściej niż A1 zapewnia pełną obsadę, dobra losowość	wolniejszy niż A1
Algorytm A1 z priorytetowaniem pracowników	szybki, często generuje pełną obsadę stanowisk	słabsza losowość niż A1 (większa przewidywalność przydziału)
Algorytm siłowy	zawsze generuje maksymalną możliwą obsadę, dobra losowość	długi (często nieakceptowalny) czas obliczeń

Różnorodność przypadków (na różnych przejściach granicznych) występujących przy odprawach celnych wymusiła zastosowanie strategii hybrydowej, która jest aktualnie stosowana w module „Losowanie” systemu Elektroniczna Książka Służby:

- dla małych problemów ($m < 10$ i $n < 10$) stosowany jest algorytm siłowy,
- dla problemów większych stosowany jest algorytm A1 z wielostartem,
- dla problemów większych, jeśli po k iteracjach procedury A1 z wielostartem nie zostanie znaleziona pełna obsada, uruchamiany jest algorytm A1 z priorytetowaniem pracowników.

5. ZAKOŃCZENIE

W artykule przedstawione jest zagadnienie przydziału pracowników do stanowisk pracy zagrożonych zjawiskiem korupcji. Autorzy definiują nowy model problemu obsady stanowisk na podstawie rzeczywistego systemu stosowanego przy odprawach celnych. Ze względu na specyfikę stanowisk ich obsada powinna być tworzona w sposób losowy. Autorzy przedstawiają rozwiązania, które automatyzują alokację pracowników do miejsc pracy, co pozwoli zmniejszyć ryzyko potencjalnych zachowań korupcyjnych.

Dalsze prace autorów skoncentrują się m.in. na przygotowaniu problemów testowych i przy ich użyciu sprawdzeniu wydajności opracowanych algorytmów.

LITERATURA

- [1] Ahuja R.K., Magnanti T.L., Orlin J.B.: *Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications*. Prentice Hall, 1993.
- [2] Arslanoglu Y.: *Genetic algorithm for personnel assignment problem with multiple objectives*. Thesis, Turkey, 2006.
- [3] Burkard R. E., *Selected topics on assignment problem*. Discrete Applied Mathematics, 123, s. 257-302, 2006.
- [4] Caron G., Hansen P., Jaumard B., *The assignment problem with seniority and job priority constraints*. Operations Research 47 (3) s. 449-454, 1999.
- [5] Cimen Z.: *A Multi-Objective Decision Support Model for the Turkish Armed Forces Personnel Assignment System*. Master's Thesis. Turkey, 2001.
- [6] Cattrysse D., Van Wassenhove L.N.: *A Survey of algorithms for the generalized assignment problem*. European Journal of Operational Research, 60(3), s. 260-272, 1992.

- [7] Dell'Amico M., Martello S., *The k-cardinality assignment problem*. Discrete Applied Mathematics 76 (1–3), s. 103-121, 1997.
- [8] Geetha S., Nair K.P.K., *A variation of the assignment problem*, European Journal of Operational Research 68 (3), s. 422-426, 1993.
- [9] Klimek M., Łebkowski P.: *Algorytm dla problemu losowego przydziału personelu*. Logistyka nr 2, 2011, dod.: Logistyka – nauka s. 10. [Dokument elektroniczny].
- [10] Kuhn, H.W. *The Hungarian method for the assignment problem*. Naval Research Logistics Quarterly, Vol. 2, s. 83-97, 1955.
- [11] Pentico D, *Assignment Problems: A Golden Anniversary Survey*, European Journal Of Operational Research, 176, s. 774-796, 2007.
- [12] Toroslu I., Arslanoglu Y.: *Genetic algorithm for the personnel assignment problem with multiple objectives*. Information Sciences 177(3), s. 787-803, 2007.
- [13] Volgenant A., *A note on the assignment problem with seniority and job priority constraints*. European Journal of Operational Research 154 (1), s. 330–335, 2004.

PERSONNEL ASSIGNMENT PROBLEM TO WORKSTATIONS WITH CORRUPTION RISK

Abstract

This paper proposes algorithms for the real problem of personnel allocation in the system of customs clearance. The considered problem is specific: the workstation may be threatened by the phenomenon of corruption and their staff should be generated at random. In this work mathematic model for this problem is formulated. Then, new algorithms for solving random personnel allocation problem are described.

Keywords: personnel assignment problem, positions (workstations) at risk of corruption, the allocation algorithms