



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
im. Stanisława Staszica w KRAKOWIE

**Wydział Elektrotechniki, Informatyki, Automatyki
i Elektroniki**

AUTOREFERAT ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

WYKORZYSTANIE
MROWISKOWEGO WSPOMAGANIA DECYZYJNEGO
DO BUDOWY WIELOKRYTERIALNEGO SYSTEMU
REKRUTACJI I SELEKCJI PRACOWNIKÓW

mgr inż. Arkadiusz Lewicki

Promotor
prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz

Kraków 2009

Streszczenie

W rozprawie po dokonaniu analizy dziedziny kombinatorycznego problemu obejmującego wielokryterialny proces rekrutacji i selekcji pracowników zaproponowano niekompensacyjny model jego rozwiązania przy użyciu zmodyfikowanej mrowiskowej strategii heurystycznej, wykazując jednocześnie brak możliwości uzyskania właściwej macierzy wynikowej, związanej z trafną predykcją decyzji w czasie możliwym do przyjęcia jako zadawalający w przypadku implementacji tylko dostępnych algorytmów deterministycznych.

Stworzone algorytmy chemotaktyki kolonijnej zapewniające mechanizmy ekstrakcji wiedzy niezależnie od strukturalizacji przeszukiwanych dokumentów, odwzorowanie danych w postaci właściwych zbiorów krotek oraz wyznaczenie między nimi encyjnych relacji logicznych, a także zwrot zadawalającego zbioru wyników, posłużyły do zbudowania systemu wsparcia decyzyjnego w obszarze doboru kadry, który następnie poddano badaniom, aby poznać jego możliwości i ograniczenia. Ewaluacje prowadzone były na podstawie przeprowadzonych testów i badań zarówno zamodelowanych sytuacji, jak i zbiorów danych rzeczywistych, uwzględniających możliwość doboru wielu kryteriów jednocześnie. W oparciu o te ewaluacje wykazano wszystkie zalety i wady proponowanego podejścia oraz określono jego przydatność i efektywność. Badania oparte były na realistycznych założeniach, z uwzględnieniem nieustannie zmieniających się uwarunkowań rynku pracy w Polsce. Dzięki temu autor pracy wykazał, że dobierając odpowiednio strategię w tworzących to rozwiązanie algorytmach niedeterministycznych można wyeliminować osiągnięcie lokalnych minimów i uzyskiwać rozwiązania co najmniej bliskie globalnie optymalnym.

Cel i tezy pracy

We współczesnym społeczeństwie, w którym praca człowieka jest nie tylko źródłem środków gwarantujących mu codzienne utrzymanie, ale również jest ważnym stymulatorem, służącym do zaspokajania indywidualnych potrzeb jednostki oraz całego społeczeństwa, nieustanne dążenie krajów uprzemysłowionych do ciągłego podwyższania standardu życia wiąże się zawsze z rozwojem gospodarczym. Rozwój ten z kolei zdeterminowany jest przez takie czynniki jak praca, zarówno w ujęciu jakościowym jak i ilościowym, zasoby materialne w postaci kapitału naturalnego, finansowego i ludzkiego oraz zasoby niematerialne, w tym między innymi informacje wytyczające postęp technologiczny. Jest on bowiem najsilniejszą determinantą rozwoju cywilizacyjnego, ma wpływ pobudzający rynek i tworzy zupełnie nowe potrzeby. Żaden podmiot gospodarczy nie wykorzysta jednak rozwoju technologicznego bez odpowiedniego kapitału intelektualnego, zgromadzonego w umysłach zatrudnianych ludzi. To od niego zależy byt organizacji, jaką jest przedsiębiorstwo.

Właściwa selekcja i dobór pracowników jest więc zadaniem o kluczowym znaczeniu. Zależy ona jednak od wielu czynników, zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych, dlatego też jest procesem kosztownym oraz czasochłonnym, który może stać się całkowicie nieefektywny i bezużyteczny, jeżeli rzeczywiste działania decyzyjne w zakresie tej sfery zarządzania przedsiębiorstwem nie będą prowadzone w sposób przemyślany i umiejętny.

Mimo tego, że bezspornie istnieją utalentowani menedżerowie, którzy opierając się na wieloletnim doświadczeniu, wszechstronnej wiedzy, a także na intuicji – potrafią dokonywać selekcji kadr w sposób wręcz perfekcyjny, to niestety jest ich niewielu, a w dodatku wynik ich pracy nigdy nie jest przewidywalny ani pewny, bo stosowane przez nich subiektywne kryteria mogą kiedyś zawieść – i nigdy nie wiadomo, kiedy to nastąpi. Dlatego też trudne, złożone

i bardzo odpowiedzialne problemy decyzyjne związane z rekrutacją kadr i polityką awansową w firmie wiążą się z koniecznością wspomaganie osób, które te zadania muszą spełniać, a to skłania do sięgnięcia po systemy informatycznego wspomaganie decyzyjnego. Jednak ze względu na złożoną i delikatną materię, jaką jest rekrutacja pracowników i ogólna polityka kadrowa, konieczne jest tu użycie takich technik informatycznych, które cechuje przede wszystkim zdolność adaptacyjna, to znaczy umiejętność elastycznego dostosowywania działania do nowych czynników warunkujących ten założony proces.

Projektowane systemy wsparcia decyzyjnego w tym zakresie powinny więc łączyć w sobie nie tylko mechanizmy umożliwiające gromadzenie i przetwarzanie dużej ilości danych, ale również mechanizmy zapewniające wykorzystywanie różnorodnych modeli i inteligentnego posługiwania się zarówno zgromadzonymi danymi, jak i wiedzą w rozumieniu eksperckim. Narzędzi tych jest obecnie jednak bardzo mało, a jeżeli już istnieją, to z powodu ich skomplikowanej natury oraz wykorzystywania złożonych silników bazodanowych - koszty ich wdrożenia i licencji są bardzo duże. Stąd też nieustannie zachodzi potrzeba poszukiwania nowych metod i budowania nowych narzędzi, by uczynić komputerowe wspomaganie decyzji w rozważanym obszarze bardziej efektywnym i bardziej wiarygodnym dla decydentów. Jednym z takich narzędzi w wymienionym wyżej obszarze może być opracowany przez autora i opisany w pracy doktorskiej wielokryterialny system wsparcia decyzyjnego w problemie doboru kadr. System ten został oparty na metaheurystyce algorytmów mrowiskowych, zmodyfikowanej tak, aby można było w niej uwzględnić zarówno te argumenty, jak i te okoliczności, które składają się na zbiory danych, wykorzystywane w typowym procesie rekrutacji i selekcji pracowników. Przeprowadzone badania zarówno zamodelowanych sytuacji, jak i zbiorów danych rzeczywistych takiego rozwiązania miały zaś przede wszystkim udzielić odpowiedzi na pytanie, czy zaproponowana strategia sprawdzi się w tego typu problemach optymalizacyjnych i jaka będzie jej efektywność.

Przedstawiony w dysertacji proces tworzenia algorytmu mrowiskowego dla potrzeb rekrutacji i selekcji pracowników jest głównym celem rozprawy, a ewaluacja stworzonego algorytmu jest dowodem tezy, że algorytm ten spełnia pokładane w nim oczekiwania.

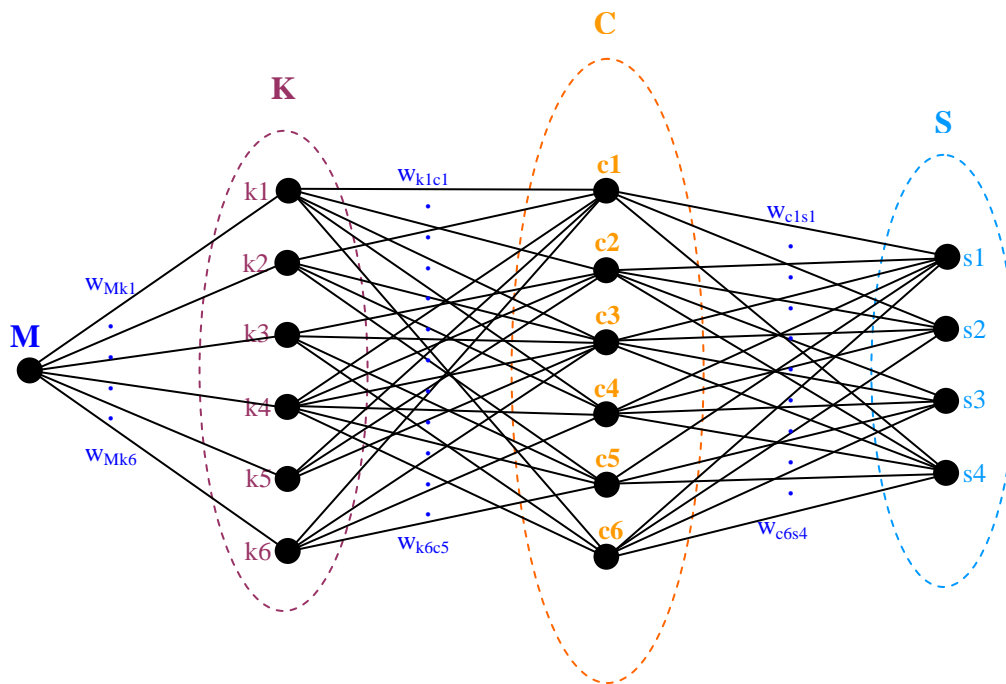
Aby można było osiągnąć tak sformułowany główny cel rozprawy autor pracy postanowił zweryfikować następujące hipotezy pomocnicze:

- 1. Zbudowany system pozwoli na uzyskiwanie rozwiązań co najmniej bliskich optymalnym mimo zastosowania nieustrukturalizowanych danych,**
- 2. Budując system wspomaganie decyzyjnego w oparciu o mrowiskowe procesy autokatalityczne można wyeliminować osiągnięcie lokalnych i niezadowolających minimów, przyspieszając w ten sposób osiągnięcie optimum praktycznego zbliżonego do minimum globalnego,**
- 3. Zastosowane podejście pozwoli ocenić korzyści (lub wykaże wady) płynące z budowy systemu mrowiskowego wsparcia decyzyjnego w obszarze zarządzania doborem zasobów ludzkich, a także pozwoli na ocenę tego podejścia w porównaniu z obecnie użytkowanymi na świecie systemami.**

Formalizacja problemu

Niezależnie od sposobu przeprowadzania procesu rekrutacji i selekcji pracowników jego etapem finalnym powinien być zawsze zwrot oczekiwanych informacji, w postaci pożądanego danych personalnych. Przegląd i dokonana przez autora analiza scharakteryzowanych w rozdziale 3-cim pracy dotychczas wykorzystywanych

i implementowanych metod wykazuje, że problem ten jest wielowymiarowy, z uwagi na mnogość kontekstów, z którymi mamy tutaj do czynienia mówiąc o prognozowaniu zdolności kandydatów do realizowania powierzonych im zadań. Prognozowanie to powinno być bowiem związane nie tylko z racjonalną oraz sprawiedliwą oceną, ale również z maksymalizacją jakości całego procesu, uwzględniającego przy tym także minimalizację kosztów. To z kolei powoduje, że otrzymujemy złożone zadanie optymalizacji wektorowej (optymalizacji wielokryterialnej), obejmujące nie tylko liniową optymalizację dyskretną, ale również wydobywanie i klasyfikację danych. Dysponując bowiem wiedzą zarówno w zakresie wymagań, jak i stopnia posiadania oczekiwanych predyspozycji, umiejętności oraz kompetencji przez kandydatów aplikujących na rekrutowane stanowiska pracy, co możemy w rezultacie odwzorować w postaci grafu trójdzielnego $G = (K, C, S, E)$ (przedstawionego na rysunku 1), złożonego ze zbiorów: $K = \{k_1, k_2, k_3, \dots, k_m\}$, $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$, $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_x\}$ i krawędzi E , gdzie: m – reprezentuje liczbę stanowisk, n – oznacza skończoną liczbę stanowisk, która w danym przedsiębiorstwie może podlegać zarówno dekrementacji, jak i inkrementacji, pod warunkiem, że $S \notin \Phi$, x – jest liczbą rozważanych cech, w przypadku gdy $x > 1$ reprezentuje fakt, że bierzemy pod uwagę wielokryterialny dobór pracowników, natomiast w_{Mki} – oznacza wagę na krawędzi przejścia pomiędzy mrowiskiem, a k_i -tym kandydatem, i dla każdego istniejącego połączenia wynosi 1, ponieważ świadczy o tym, że do momentu uzyskania rozwiązania globalnego każdy z kandydatów może być przydatny na jedno z proponowanych stanowisk w firmie, w_{kicd} – stanowi wiedzę o stopniu posiadania c_d -tej umiejętności, predyspozycji czy kompetencji przez k_i -tego aplikanta, w_{cdsj} – oznacza wagę reprezentującą najniższą możliwą do przyjęcia na danym stanowisku wartość (wskaźnik) oczekiwanej predyspozycji i jest ona wartością ujemną, ponieważ oznacza pozyskanie danej kompetencji



Rysunek 1 – Graficzna reprezentacja zadania poszukiwania optymalnego zbioru rozwiązań, w postaci wektorowej optymalizacji zadania rekrutacji i selekcji pracowników.

należy znaleźć jak najlepszy zbiór rozwiązań, w rozumieniu optimum globalnego, związanego nie tylko z jak najlepszym wyborem dla pojedynczego stanowiska, ale również

z maksymalizacją liczby skojarzeń stanowisk z kandydatem tak aby można było uzyskać maksymalizację funkcji zysku, co możemy również zapisać funkcyjnie:

$$F(x) = \sum_i^n \sum_j^m x_{ij} * \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m z_{ij} x_{ij} \rightarrow \max, \quad (1)$$

dla:
$$\forall_{l \in \langle 1, 2, \dots, o \rangle} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{il} \geq k_{lj}, \quad (2)$$

oraz
$$\forall_{i \in \langle 1, 2, \dots, n \rangle} \sum_{j=1}^m x_{ij}, \quad (3)$$

gdzie: i – reprezentuje kandydata na j -te stanowisko pracy, l – reprezentuje posiadaną predyspozycję, stanowiącą pożądane kryterium, dla jednego lub grupy stanowisk, n – to liczba aplikantów na dane stanowisko pracy, m – maksymalna liczba etatów do obsady, o – maksymalna liczba cech kryterialnych, z_{ij} – oznacza wybór najlepszego kandydata na stanowisko j , x_{ij} – przyjmuje wartość 1, w przypadku wyboru danego kandydata lub wartość 0, w przypadku, gdy zostanie on odrzucony, c_{il} – predyspozycja posiadana przez kandydata i , k_{lj} – kryterium doboru kandydatów na stanowisko j , max – maksymalizacja liczby obsadzonych stanowisk z jak największym zyskiem, w postaci kwalifikacji kompetencyjnych.

Z przedstawionej w pracy analizy tego kombinatorycznego problemu optymalizacyjnego, dotyczącego jak najlepszego dopasowania zbioru cech posiadanych przez każdego z kandydatów do zbioru wskaźników behawioralnych dotyczących stanowisk, związanych z procesem rekrutacji wynika, że główną barierą uniemożliwiającą zastosowanie wydajnego algorytmu deterministycznego zarówno w przypadku sprowadzenia go do problemu znajdowania maksymalnego przepływu w sieci, jak i w przypadku próby implementacji wzorcowej metody Forda-Fulkersona, czy jej modyfikacji, ze względu na niestabilność takich podejść jest mnogość potencjalnych rozwiązań, związanych z występowaniem nierównomiernego rozkładu współczynników rankingowych badanych aplikantów. Nie jest to jednak jedyny element determinujący złożoność oczekiwanego systemu decyzyjnego, wspomagającego rekrutację i selekcję kadry przedsiębiorstwa. System taki w procesie przydziału zasobów ludzkich powinien bowiem zapewniać również bardzo czasochłonną identyfikację właściwego zbioru wskaźników jakości posiadanej, tak aby można było dla każdego z kandydatów utworzyć odpowiedni profil osobowy i kompetencyjny. Jak wykazano natomiast w rozdziale 3-cim pracy, metody selekcji charakteryzujące się dopuszczalnymi kosztami nawet dla sektora MŚP o dużym wskaźniku trafności, w postaci formularzy opartych na kompetencjach są używane rzadko właśnie ze względu na to, że ich analiza zajmuje bardzo dużo czasu. Dlatego też brak wystarczającego wsparcia właśnie w tym obszarze, w postaci odpowiednich narzędzi eksploracji danych, ich klasyfikacji i przydziału powoduje, że w takim przypadku wybierane i stosowane są metody o prognostycznie niskiej skuteczności. Autor pracy wykazał jednak, że istnieje możliwość zbudowania takiego systemu wsparcia decyzyjnego, który bez względu na formę ustrukturyzowania dokumentów nie tylko umożliwi identyfikację właściwego zbioru cech, charakteryzujących każdego z kandydatów, ale który posiadając wektor celów zwróci również zbiór rozwiązań możliwie dobrze spełniających zdefiniowane kryteria, uwzględniając przy tym bezwzględnie wszystkie ograniczenia. System taki może być bowiem oparty na nowatorskim podejściu, którym jest metaheurystyka mrowiskowa. Przeprowadzone i przedstawione w pracy badania zaproponowanego i zbudowanego narzędzia z uwzględnieniem zarówno danych testowych, jak i danych rzeczywistych, wykazały, że zastosowanie rozwiązania w postaci zmodyfikowanego algorytmu mrówkowego do postaci mrowiskowej, sprawdzającego się nawet w przypadku przeszukiwania dużych i złożonych

zbiorów danych jest właśnie właściwym podejściem i daje przedsiębiorstwom dobre narzędzie optymalizacji zysku, w postaci pozyskiwania kapitału intelektualnego o oczekiwanej jakości.

Sposób rozwiązania

W związku z dokonaną w pracy analizą i przyjętymi założeniami¹ wsparcie narzędziowe dla złożonego i wielowymiarowego zadania, związanego z selekcją i doбором pracowników w przedsiębiorstwie zostało oparte na systemie, którego główne moduły dotyczące implementacji mechanizmów chemotaktyki² stadnej to:

- moduł pozyskiwania wiedzy na temat profili kandydatów z dostępnych źródeł zewnętrznych i wewnętrznych, w oparciu o zdefiniowaną bazę reguł, która pozwoli na ich właściwą ocenę.
- moduł odwzorowywania danych w postaci właściwych zbiorów krotek {Kandydaci – Cechy – Stanowiska} oraz wyznaczania między nimi encyjnych relacji logicznych.
- moduł zwracania zadawalającego zbioru wyników dla opisanego w podrozdziale 4.1 pracy problemu optymalizacji dyskretnej.

Logika powyższych modułów została związana z dwoma algorytmami mrowiskowymi. Pierwszy z nich obejmował proces weryfikacji elementów zbioru reprezentującego definicję w postaci opisu każdej cechy kryterialnej, tak aby można było wskazać, które z nich są zagregowane z dostępnymi dokumentami aplikacyjnymi. Pozwoliło to zgodnie z przyjętymi i przedstawionymi w podrozdziale 4.4.2 pracy kryteriami klasyfikacji na zwrot właściwej macierzy predyspozycji kandydatów.

W przedstawionym w pracy algorytmie kolonia złożona z mr mrówek w każdym nowym cyklu była losowo rozmieszczana w punktach będącymi indeksami wyrażen złożonego dokumentu, o ile informacja o tym, że stan danego wyrażenia jest już ustalony nie była zapisana wcześniej w pamięci globalnej. Następnie każda z robotnic wykonywała przemieszczenie do jednego z dostępnych wierzchołków zbioru definicji cech kryterialnych, opisanych przez odpowiednie parametry reprezentujące liczbę znaków danego wyrażenia oraz oznaczające wagę wyrażenia. Cel tego przemieszczenia był ustalany zgodnie z regułą:

$$R = \begin{cases} \arg \max_{j \in \Omega} \{ \tau_j(t) \cdot [\phi_{oj}]^\beta \}, & \text{gdy } q \leq q_0 \\ S, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}, \quad (4)$$

gdzie: τ_j - to natężenie śladu feromonowego, znajdującego się na wierzchołku reprezentującego element zbioru opisu każdej cechy kryterialnej, β - parametr pozwalający sterować względną ważnością wagi następnego wyrażenia, q – liczba losowa z przedziału $\langle 0; 1 \rangle$, q_0 – współczynnik decydujący o sposobie ustalania następnego wierzchołka przejścia, Ω - pamięć cyklu mrówki (pamięć lokalna), ϕ - waga wyrażenia, natomiast S - to wierzchołek wylosowany z prawdopodobieństwem:

$$S = \begin{cases} \frac{\tau_j(t) \cdot [\phi_{oj}]^\beta}{\sum_{j \in \Omega} [\tau_j] \cdot [\phi_{oj}]^\beta}, & \text{dla } j \in \Omega \\ 0, & \text{dla } j \notin \Omega \end{cases}, \quad (5)$$

¹ aby ostateczny wynik był wiarygodny i wiązał się z wysoką jakością proponowanego rozwiązania przyjęto model niekompensacyjny, który zakłada, że żadna z ocen nie może być niższa od zakładanego minimum.

² gdzie zachowanie pojedynczych instancji tworzących społeczność kolektywną jest determinowane przez substancje chemiczne. W rozważanym przypadku są to substancje feromonowe.

Jeżeli wylosowane wyrażenie było zgodne z elementem porównywanym ze zbioru to uaktualniana była również tablica wskaźników³ cech, do których należał ten element o wartość $\phi \cdot 100$. Proces ten powtarzany był iteracyjnie maksymalnie tyle, ile wynosiła liczba elementów rozważanego zbioru. Wykonanie wszystkich założonych cykli, w których ślad feromonowy uaktualniany był zgodnie z założeniami przedstawionymi w pracy wiązało się ze zwrotem tablicy wskaźników cech określających predyspozycje danego kandydata.

Dysponując wiedzą zarówno w zakresie wymagań, jak i stopnia posiadania oczekiwanych predyspozycji, umiejętności oraz kompetencji przez kandydatów aplikujących na rekrutowane stanowiska pracy należało znaleźć jak najlepszy zbiór rozwiązań, tak aby można było otrzymać maksymalizację funkcji zysku (wzór 1). Zapewniał to algorytm, złożony z dwóch głównych sekwencji instrukcji:

- sekwencji budowy macierzy zysków oraz
- sekwencji budowy macierzy rozwiązań stanowiskowych.

Wysiłek związany z przejściem każdej z mr mrówek wyruszających z mrowiska M do źródła pożywienia (reprezentującego jedno z wolnych stanowisk w firmie) znajdującego się w zbiorze S był podejmowany również przez kolejne mrówki tylko i wyłącznie, jeżeli wiązał się on z nagrodą w postaci zysku iteracyjnego $Z(k_i c_d s_j)$ określonego jako:

$$Z(k_i c_d s_j) = W_{Mk_i} + W_{k_i c_d} + W_{c_d s_j} \quad (6)$$

przy czym zysk ten zgodnie z przyjętą skalą wartości rozumiany był tutaj jako wartość większa od 0 i równa co najmniej 1. W pozostałych przypadkach przejście $M-k_i-c_d-s_j$ było oznaczane jako nieatrakcyjne⁴, co w następstwie wiązało się z odrzuceniem takiego rozwiązania również przez pozostałe mrówki. W każdej kolejnej iteracji cyklu mrówki losowo umieszczone w punktach reprezentujących elementy zbioru S dokonywały wyboru tylko jednego z kandydatów dla którego zysk przejścia $z_{ij} > 0$, zgodnie z regułą:

$$r = \begin{cases} \arg \max_{i \in \Omega} \{ \tau_{ji}(t) \cdot [z_{ji}]^\beta \}, & \text{gdyn } q \leq q_0 \\ P, & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}, \quad (7)$$

gdzie: τ_{ji} - to natężenie śladu feromonowego, znajdującego się na krawędzi łączącej zbiór S ze zbiorem K , β - parametr pozwalający sterować względną ważnością informacji o zysku obsady i -tego kandydata na j -te stanowisko, q – liczba losowa z przedziału $\langle 0; 1 \rangle$, q_0 – współczynnik decydujący o sposobie ustalania następnego wierzchołka przejścia, Ω - zbiór nie odwiedzonych dotychczas wierzchołków przez mrówkę, natomiast P – wierzchołek wylosowany z prawdopodobieństwem:

$$P_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ji}(t) \cdot [z_{ji}]^\beta}{\sum_{h \in \Omega} [\tau_{jh}] \cdot [z_{jh}]^\beta}, & \text{dla } j \in \Omega \\ 0, & \text{dla } j \notin \Omega \end{cases}, \quad (8)$$

uaktualniając lokalnie zawartość feromonu na krawędziach przejścia, które przed rozpoczęciem pierwszego cyklu otrzymały jedynie niewielką wartość inicjalną τ_0 , zgodnie z przyjętymi założeniami. Po zakończeniu każdego cyklu następowało natomiast uaktualnienie globalne. Dotyczyło ono jednak nie tylko asocjacji, które wskazywały

³ tablica ta w fazie inicjalizacyjnej była zerowana.

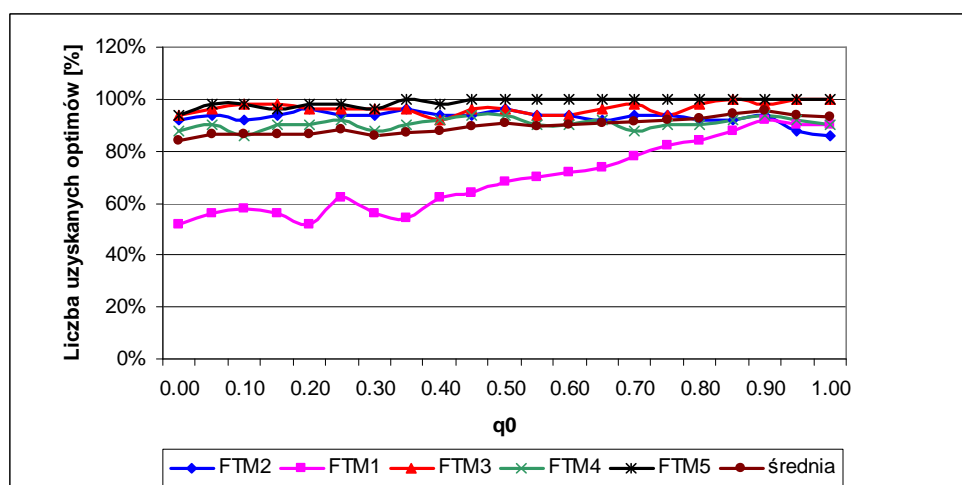
⁴ mrówka w drodze powrotnej nie oznaczała feromonem krawędzi tej drogi przeszukiwania lokalnego, zapisując je tylko na liście TABU – rozwiązań już sprawdzonych w danej iteracji.

rozwiązanie dotychczas jakościowo najlepsze, ale również związanej z nimi struktury przeszukiwań zbioru K , ponieważ dzięki temu można było wyeliminować prawdopodobieństwo „utknięcia” w minimach lokalnych i otrzymać skojarzenia wierzchołków zbioru K oraz zbioru S o jak największej liczności i jak największym sumarycznym zysku.

Przeprowadzone badania i uzyskane rezultaty

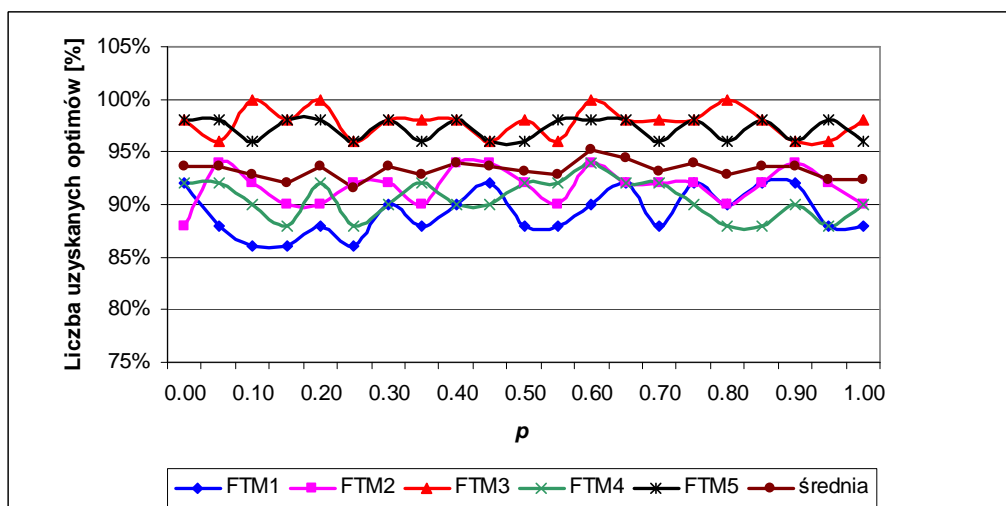
Do przeprowadzenia eksperymentów, związanych z testami systemu autor pracy wybrał dwie grupy danych zawierających zbiory obiektów takie jak profile stanowiskowe oraz dokumenty aplikacyjne kandydatów. Pierwsza grupa badanych obiektów procesu rekrutacji i selekcji pracowników dotyczyła danych abstrakcyjnych, wyselekcjonowanych tak, aby można było dokonać optymalnego doboru parametrów systemu, a następnie zweryfikować zarówno przydatność, jak i jakość założonych rozwiązań heurystycznych. Każdy ze zbiorów (FTM1, FTM2, FTM3, FTM4, FTM5) tych danych testowych, składał się z takiej liczby elementów, aby można było łatwo wykonać weryfikację poprawności zwracanych wyników dla różnych sytuacji modelowych zdefiniowanego problemu kombinatorycznego. Drugą grupę danych stanowiły natomiast udostępnione autorowi przez Biuro Karier Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie dane rzeczywiste 4 wybranych firm sektora MŚP, które w 2008 roku przeprowadziły proces rekrutacji na terenie województwa podkarpackiego na więcej niż jedno stanowisko, a następnie ujawniły uczelni do celów statystycznych jego wyniki. Zbiory te posłużyły do porównania jakości podjętych przez dane przedsiębiorstwo decyzji z optimum globalnym zaproponowanym przez system. W procesie tym uwzględnione zostały jednak nie tylko zbiory wymogów stanowiących ograniczenia kryterialne zdefiniowane przez firmy, ale również te, które w przypadku dążenia do obiektywizmu w procesie doboru kadry powstają na podstawie ogólnodostępnych narzędzi⁵, pozwalających na stworzenie właściwego profilu dla wolnego stanowiska. Zastosowanie takiego podejścia miało więc na celu porównanie otrzymanych rezultatów, a następnie określenie stopnia ich zbieżności z podjętymi decyzjami.

Głównym celem badań prowadzonych w ramach realizacji pierwszej grupy eksperymentów z uwzględnieniem danych modelowych było ustalenie takich wartości parametru q_0 , β oraz ρ , aby przy pomocy zaproponowanego systemu decyzyjnego można było uzyskać jak najlepsze wyniki dla zbiorów o różnej liczności.

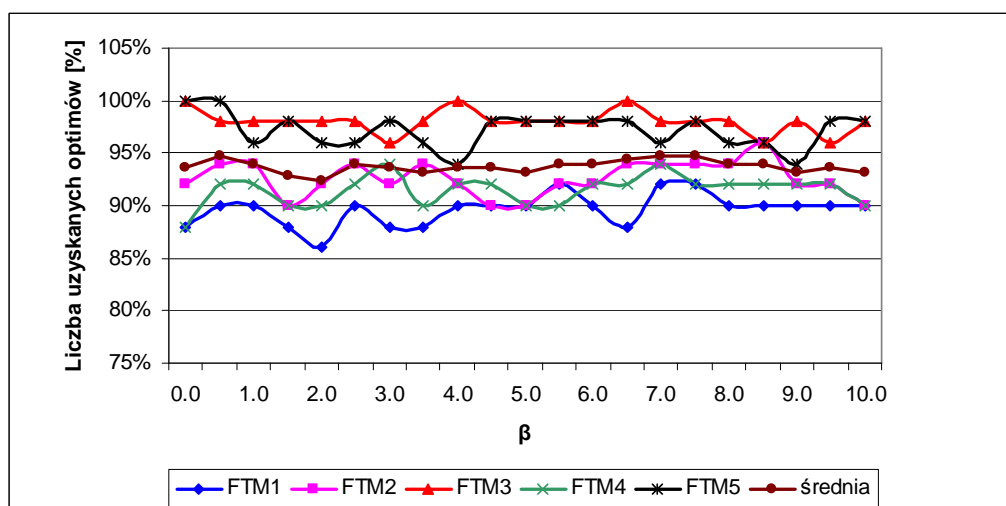


Rysunek 2 – Zależność procentowego wyniku rozwiązań optymalnych generowanych przez system od dostrajanego parametru q_0 w eksperymencie z uwzględnieniem zbiorów FTM1, FTM2, FTM3, FTM4 i FTM5.

⁵ na przykład w postaci kart opisów kompetencyjnych.



Rysunek 3 – Zależność procentowego wyniku rozwiązań optymalnych generowanych przez system od dostrajanego parametru ρ w eksperymencie z uwzględnieniem zbiorów FTM1, FTM2, FTM3, FTM4 i FTM5.



Rysunek 4 – Zależność procentowego wyniku rozwiązań optymalnych generowanych przez system od dostrajanego parametru β w eksperymencie z uwzględnieniem zbiorów FTM1, FTM2, FTM3, FTM4 i FTM5.

Wyznaczenie najlepszych wartości parametrów (co przedstawiają wykresy zobrazowane na rysunkach 2, 3 i 4) zaprojektowanego i zbudowanego mrowiskowego systemu wsparcia decyzyjnego procesu doboru kadry przez przedsiębiorstwo, a także ustalenie optymalnej liczby wykonywanych iteracji umożliwiło przeprowadzenie właściwych eksperymentów. Doświadczenia te, w których wykorzystano cztery duże, rzeczywiste już zbiory danych o wysokim współczynniku złożoności kombinatorycznej, miały na celu zbadanie wartości generowanego błędu względnego uzyskiwanych rozwiązań, tak aby można było ocenić efektywność, a tym samym jakość zaproponowanego mechanizmu. Oprócz tego końcowym etapem tych badań miała być próba oceny i porównania zaproponowanych rozwiązań systemowych z podjętymi i znanymi już decyzjami personalnymi przez każdą z firm reprezentowanych przez odpowiedni zbiór danych (FA, FB, FC i FD). Tak samo jak w przypadku zbiorów modelowych również teraz, mimo dużego stopnia trudności każdego testowanego zbioru udało się wyznaczyć zadawalające rozwiązania optymalne. Aby jednak podkreślić złożoność testowanych problemów należy zaznaczyć, że zbiory FB i FC to kombinatoryczny problem dotyczący wskazania właściwych asocjacji pomiędzy 90 i 92

obiektami, tak aby można było osiągnąć nie tylko jak największy zysk, ale również obsadę jak największej liczby stanowisk przy pomocy kandydatów spełniających tylko i wyłącznie scharakteryzowany w rozdziale 4-tym niekompensacyjny model selekcji. Mimo tak zdefiniowanych problemów system wykazał się jednak dużą skutecznością. Oznacza to więc, że zaproponowane modyfikacje algorytmów mrówkowych mogą być z powodzeniem zastosowane również do rozwiązywania o wiele większych problemów, związanych z doбором kadry na poszukiwane stanowiska.

Podsumowanie

Nowoczesne podejście do zadania selekcji kadry polega na tym, że oczywiście nadal korzysta się z wiedzy i instytucji doświadczonych pracowników związanych z działem kadrowo-płacowym przedsiębiorstwa, ale dodatkowo powinno się wykorzystywać obiektywne techniki komputerowe oraz dostępne narzędzia inteligencji biznesowej. Tylko dzięki nim bowiem można polepszyć uzyskiwane efekty, a nawet niewielkie usprawnienie polityki kadrowej firmy może znacząco wpłynąć na jej skuteczniejsze działanie i uzyskanie przewagi konkurencyjnej.

Proponowanym i zbadanym przez autora pracy rozwiązaniem w wymienionym obszarze jest zbudowanie systemu decyzyjnego, opartego na zmodyfikowanej taktyce heurystyki mrowiskowej. Analiza dziedziny problemu, charakterystyka dotychczas stosowanych rozwiązań oraz weryfikacja wyników otrzymanych w trakcie przeprowadzonych eksperymentów pozwalają bowiem na sformułowanie następujących wniosków:

- Niezależnie od sposobu realizacji procesu rekrutacji i selekcji pracowników oraz doboru stosowanych w nim metod, jego etapem finalnym powinien być zawsze zwrot oczekiwanych informacji, w postaci danych personalnych o pożądanym i właściwym atrybutach, wymaganych przez pracodawcę.
- Optymalizacyjny problem rekrutacji i selekcji pracowników może być odwzorowany formalnie w postaci problemu wskazania dla jak największej liczby stanowisk S tylko kandydatów K spełniających minimalne oczekiwania kryterialne zbioru S , tworząc w ten sposób graf trójdzielny $G = (K, C, S, E)$. W zapisie tym C oznacza zbiór ograniczeń kryterialnych, zależnych od profilu stanowiska, na które przeprowadzana jest rekrutacja, natomiast E jest zbiorem krawędzi tego grafu.
- Rozpatrując kombinatoryczny problem dotyczący optymalizacji zysku w postaci jak najlepszego dopasowania zbioru cech posiadanych przez każdego z kandydatów do zbioru wskaźników behawioralnych, definiujących (w sensie postulatycznym) proponowane stanowiska pracy stwierdzono, że główną barierą uniemożliwiającą zastosowanie wydajnego algorytmu deterministycznego, jest jego niestabilność. Niestabilność ta spowodowana jest przez mnogość potencjalnych rozwiązań, związanych z występowaniem nierównomiernego rozkładu współczynników rankingowych badanych aplikantów.
- Tak sformułowany problem wyklucza więc (co zostało dowiedzione w podrozdziale 4.2 pracy) implementację rozwiązań optymalizacyjnych znanych z zastosowania w innych, związanych z decyzyjnością obszarach. rozwiązań optymalizacyjnych, Mowa jest tu o takich rozwiązaniach, jak na przykład deterministyczny algorytm dla drzewa rozpinającego, czy skojarzenia o maksymalnej liczności.
- Szereg przeprowadzonych doświadczeń wykazał, że właściwym podejściem w tym obszarze może być zastosowanie rozwiązania heurystycznego w postaci zaproponowanego w pracy mrowiskowego systemu wsparcia decyzyjnego z zaimplementowanym mechanizmem dodatniego sprzężenia zwrotnego.

- Niezależnie od stopnia złożoności problemu doboru kadry, najlepsze wyniki osiągnięto w przypadku systemu, posiadającego nie tylko odpowiednio dostrojone parametry sterujące (eksperymenty wykazały, że najlepszą wartość dla parametru q_0 to 0.9, dla parametru β to 7.0, natomiast dla parametru ρ to 0.6), ale również uwzględniającego (w części obieranej przez mrówki taktyce eksploracyjnej) także informację heurystyczną.
- W opracowanym rozwiązaniu wykorzystywana substancja feromonowa jest podstawowym nośnikiem informacji, przechowywanej w pamięci globalnej rozpatrywanej populacji i ma znaczący wpływ na jakość uzyskiwanych wyników.
- Aby taktyka związana z przekazywaniem przez mrówkę informacji o rezultacie swoich działań mogła wiązać się z sukcesem, każdy z osobników przeszukujących przestrzeń rozwiązań powinien lokalnie oznaczyć sprawdzony już obszar skończonego zbioru stanów. Globalnie natomiast, znacznie większą ilością substancji należy oznaczyć tylko najlepsze rozwiązanie cyklu.
- Każda z mrówek poszukujących jak najlepszego wyniku przyczynia się do szybkiego osiągnięcia poszukiwanego optimum globalnego tylko i wyłącznie w przypadku, kiedy istnieje możliwość korzystania również z pamięci własnej, złożonej z listy odkrytych rozwiązań w postaci przejść asocjacyjnych (listy TABU_S) oraz listy wierzchołków zbioru K , tworzących te rozwiązania (TABU_K).
- Mimo, że w rozwiązywanych problemach optymalizacyjnych zawsze można było wyróżnić wiele minimów lokalnych, zaproponowana struktura algorytmów mrowiskowych nieustannie zmuszała mrówki do poszukiwania rozwiązań konkurencyjnych, niejednokrotnie lepszych, co zbliżało uzyskiwane rozwiązania do minimum globalnego.
- Aby osiągnąć możliwe najmniejszą wartość błędu względnego w tak zaprojektowanym systemie, należy odpowiednio ustalić również liczbę jego iteracji. Zaproponowana i ustalona (w trakcie przeprowadzonych eksperymentów) na 300 wartość iteracji wynika z badań nad systemami złożonymi maksymalnie z 92 obiektów. W pracy z większymi zbiorami może się jednak okazać, że wartość ta musi zostać ponownie zweryfikowana.

Podsumowując można stwierdzić, że zaproponowane rozwiązanie w postaci mrowiskowej strategii heurystycznej, mimo kombinatorycznej natury badanych problemów związanych z procesem rekrutacji i selekcji pracowników, pozwala na uzyskiwanie rozwiązań co najmniej bliskich globalnie optymalnym. Ponadto dobierając odpowiednio strategię w tworzących to rozwiązanie algorytmach można wyeliminować osiąganie lokalnych minimów, przyspieszając w ten sposób osiągnięcie optimum globalnego. Dlatego też proponowane podejście można z powodzeniem polecić do wykorzystania. Stanowi ono ciekawy przyczynek naukowy w obszarze stosowania algorytmów mrowiskowych, ale może być także stosowane praktycznie w obszarze zarządzania zasobami ludzkimi. Warto podkreślić, że opracowane w pracy rozwiązanie jest unikatowym narzędziem informatycznym związanym z doбором kadry i zostało eksperymentalnie zweryfikowane jako dobrze sprawdzające się narzędzie wsparcia decyzyjnego w tym zakresie. Autor pracy wyraża więc nadzieję, że wzbogacenie wiedzy naukowej na temat zadań, jakie mogą być rozwiązywane z wykorzystaniem algorytmów mrowiskowych oraz wzbogacenie praktyki rekrutacji i selekcji kadry, dla której ta praca dostarczy jeszcze jedno użyteczne narzędzie - stanowić będzie łącznie wkład, jakiego można oczekiwać po rozprawie doktorskiej.