



**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

**ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH
I ZARZĄDZANIU**

Wybrane problemy
Tom 11

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 2009



**INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK**

**ANALIZA SYSTEMOWA W FINANSACH
I ZARZĄDZANIU**

Wybrane problemy
Tom 11

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 2009

Wykaz opiniodawców artykułów zamieszczonych
w niniejszym tomie:

prof. dr hab. inż. Jerzy HOŁUBIEC
dr inż. Lech KRUŚ
doc. dr hab. inż. Wiesław KRAJEWSKI
doc. dr hab. Jacek MALINOWSKI
dr inż. Edward MICHALEWSKI
prof. dr Adam SKOREK
dr hab. Ryszard SMARZEWSKI
prof. dr hab. inż. Andrzej STRASZAK
dr Dominik ŚLĘZAK
prof. dr hab. inż. Stanisław WALUKIEWICZ
doc. dr hab. Sławomir ZADROŻNY

© Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 2009

ISBN 9788389475220

Druk: Zakład Poligraficzny Jerzy Kosiński, Warszawa

SYSTEM LOKLIZACJI POZYCJI POJAZDÓW

Cezary Baka

Studia Doktoranckie IBS PAN

W pracy przedstawiono możliwość wykorzystania satelitarnego systemu GPS i algorytmu genetycznego w celu rozwiązania problemu przydziału zadań w firmie zajmującej się transportem osób. Przedstawiony został zaprojektowany i stworzony system o nazwie Emerald. System umożliwia zbieranie informacji o pozycji pojazdów, gromadzenie informacji, wizualizację pozycji pojazdu w telefonie komórkowym i komputerze. Przeprowadzona została komputerowa symulacja działania systemu dla różnej liczby pojazdów.

Słowa kluczowe: algorytmy genetyczne, gps, transport osób

1. Wstęp

System nawigacji satelitarnej GPS-NAVSTAR (ang. Global Positioning System – Navigation Signal Timing And Ranging) jest systemem obejmującym całą kulę ziemską. Działanie GPS-NAVSTAR opiera się na pomiarze czasu otrzymania sygnału radiowego z satelitów. W przesyłanym sygnale z satelity zawarta jest informacja o czasie jego wyemitowania. Znana jest również prędkość fali elektromagnetycznej, dzięki czemu możliwe jest obliczenie odległości odbiornika od satelitów. Dodatkowo sygnał GPS zawiera informację o układzie satelitów na niebie, informację o ich drodze oraz odchyleniach od niej.

Odbiornik wykorzystuje te informacje do ustalenia odległości od poszczególnych widzianych przez niego satelitów. Dokonuje tego przy pomocy operacji o nazwie przestrzenne liniowe wcięcie wstecz ustalając pozycję geograficzną, a także aktualny czas GPS z bardzo dużą dokładnością. Utrzymywaniem i zarządzaniem systemem GPS zajmuje się Departament Obrony USA. Nie istnieją żadne ograniczenia odnośnie jego wykorzystania. Wystarczy posiadać odpowiedni odbiornik. System GPS zgodnie z polityką Stanów Zjednoczonych jest udostępniany nicodpłatnie i taki ma pozostać. W każdej chwili, w dowolnym momencie widoczne są zawsze przynajmniej cztery satelity.

Autor opracował system umożliwiający monitorowanie pojazdu, o nazwie Emerald. Możliwe jest wykorzystanie systemu do zadań, takich jak znalezienie

pojazdu na parkingu przed supermarketem, czy sprawdzenie pozycji w momencie kradzieży, przy pomocy telefonu komórkowego.

W pracy rozpatruje się jak stworzony przez autora system Emerald można wykorzystać do rozwiązywania trudnego problemu przydziału pojazdów do transportu osób w czasie rzeczywistym. Przedstawia się w tym celu możliwość zastosowania algorytmu genetycznego. Zaproponowany algorytm genetyczny został zaimplementowany w języku C# i przeprowadzone komputerowe badania symulacyjne. Dokładniejsze informacje o języku C# można znaleźć w pracach [11][12]. Rozdział drugi zawiera opis stworzonego systemu lokalizacji pozycji pojazdów Emerald. W rozdziale trzecim przedstawiony jest problem przydziału pojazdów do zgłoszeń. Rozdział czwarty rozpoczyna się zwięzłym przedstawieniem głównych cech algorytmów genetycznych. Następnie przedstawione jest, w jaki sposób zrealizowane zostało zakodowanie analizowanego problemu. W rozdziale piątym przedstawiony jest opis przeprowadzonej symulacji oraz w rozdziale szóstym uzyskane wyniki. Rozdział siódmy zawiera podsumowanie.

2. Opis systemu

System Emerald składa się z zaprojektowanego i zbudowanego modułu elektronicznego zamontowanego w pojeździe oraz zestawu oprogramowania. Urządzenie zbudowane zostało w oparciu o procesor ARM (Advanced RISC Machine) – informacje o architekturze ARM i jej możliwościach w pracy [9]. W skład systemu wchodzi następujące moduły oprogramowania: moduł oprogramowania urządzenia elektronicznego, moduł oprogramowania serwera, moduł oprogramowania klienta na telefon komórkowy, moduł oprogramowania klienta na komputer stacjonarny.

Każdy z wymienionych elementów posiada odrębną funkcję i wykonuje inne zadania. Uproszczony schemat działania systemu przedstawia Rys. 1.

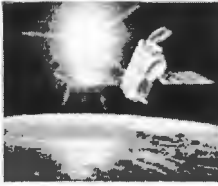
Moduł elektroniczny zbiera informacje o aktualnej pozycji pojazdu. Jest to możliwe tylko i wyłącznie wtedy, gdy pojazd znajduje się w zasięgu satelitów. Niemożliwe jest zlokalizowanie pojazdu znajdującego się np. w tunelu lub garażu. Informacje te są gromadzone i co pewien czas wysyłane, przy pomocy komunikacji GPRS, do modułu oprogramowania serwera. System wykorzystuje do działania bezabonamentowy system POP sieci ORANGE. Dzięki temu nie ma miesięcznych opłat związanych z wykorzystaniem systemu i użytkownik ma stałą kontrolę nad generowanymi kosztami. System może korzystać z komunikacji GPRS zapewniającej przez dowolnego operatora GSM.

Moduł oprogramowania serwera wykorzystywany jest do magazynowania danych o pozycjach pojazdu. Jest to aplikacja umieszczona na komputerze podłączonym do Internetu, posiadająca bazę danych, do której zapisywane są odebrane od pojazdów informacje. Komunikacja Modułu oprogramowania serwera z modu-

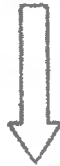
C. Baka – System lokalizacji pojazdów

łem oprogramowania w pojeździe odbywa się przy pomocy protokołu TCP/IP. (Transmission Control Protocol / Internet Protocol). Standard ten zapewnia poprawność przesyłanych danych i jest powszechnie wykorzystywany.

Globalny System Lokalizacji:
GPS



Użytkownik wykorzystujący
oprogramowanie stworzone na
komputer stacjonarny



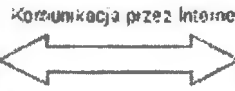
Sygnal z satelit odbierany przez
urządzenie w pojeździe



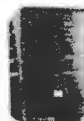
Komunikacja przez Internet



Pojazd wyposażony w
zaprojektowane urządzenia
elektroniczne



Komunikacja przez Internet



Moduł serwera odpowiedzialny za
gromadzenie danych o lokalizacji
pojazdu



Komunikacja przez Internet



Użytkownik wyposażony w telefon komórkowy
z zainstalowanym oprogramowaniem do lokalizacji
pojazdu

Rys. 1. Schemat działania systemu Emerald

Moduł oprogramowania klienta zainstalowany na telefonie komórkowym służy do wyświetlenia ostatniej znanej pozycji zapisanej w module serwera. Wizualizację pozycji pojazdu generowana przez moduł oprogramowania na telefonie

Nokia N78 przedstawiono na Rys. 2. Moduł stworzony został w języku J2ME – dokładniejsze informacje o możliwościach tego języka zawiera praca [10]. Moduł nie łączy się bezpośrednio z urządzeniem elektronicznym w pojeździe, pobiera dane tylko z modułu oprogramowania serwera. Zastosowanie takiego rozwiązania ogranicza ruch generowany pomiędzy pojazdem a serwerem. Użytkownik ma możliwość określenia poziomu przybliżenia pozycji, jakie ma być zastosowane przy wizualizacji. Możliwe jest wybranie wizualizacji na poziomie ulic, miast, krajów.



Rys. 2. Wizualizacja zlokalizowanego pojazdu

Moduł oprogramowania klienta na komputer stacjonarny umożliwia przydzielanie pojawiających się zgłoszeń poszczególnym pojazdom w celu ich obsługi. Przydzielanie może odbywać się ręcznie przez dyspozytora lub automatycznie, wspomagane komputerowo. Moduł oprogramowania klienta na komputer stacjonarny posiada możliwość prezentacji pozycji wielu pojazdów. Przykładowy ekran z kilkoma pojazdami przedstawiono na Rys. 3. Moduł oprogramowania na komputer umożliwia wizualizację ruchu pojazdów, przez regularnie odświeżanie pozycji pojazdów. Dokładniejsze informacje o systemie znajdują się w pracy [1].



Rys. 3. Fragment ekranu z modułu oprogramowania na komputer stacjonarny

3. Problem przydziału pojazdów

Rozważany jest problem przydziału pojazdów do obsługi pojawiających się zgłoszeń w firmie zajmujące się transportem osób. Pojawiające się zgłoszenia, najczęściej w formie telefonicznej, zawierają w sobie informacje o miejscu odbioru osoby lub osób transportowanych oraz miejscu docelowym. Firma posiada określoną liczbę pojazdów przeznaczonych do obsługi zgłoszeń. Pojazdy w momencie pojawienia się zgłoszenia mogą znajdować się w różnych miejscach. Pożądane jest, aby do zgłoszenia wysyłany był pojazd znajdujący się najbliżej miejsca odbioru danego zgłoszenia.

Pojazd realizujący zgłoszenie nie może zostać przydzielony do kolejnego zgłoszenia dopóki nie zrealizuje aktualnego nawet, jeśli miejsce odbioru nowego zgłoszenia znajduje się bardzo blisko. W sytuacji, gdy żaden pojazd nie może zostać przydzielony do nowego zgłoszenia, oczekuje ono do chwili, aż jeden z pojazdów będzie mógł zostać do niego przydzielony. Zgłoszenia pojawiają się losowo. Możliwa jest sytuacja pojawienia się więcej niż jednego zgłoszenia w danej chwili. Przed osobą lub systemem zajmującym się przydzielaniem zgłoszeń pojawia się problem - jak w danym momencie czasu przydzielić pewną określoną grupę dostępnych pojazdów, które mogą obsłużyć zgłoszenie, do pewnego zbioru zgłoszeń. Na wspomniany zbiór zgłoszeń składają się zgłoszenia, które pojawiły się w danej chwili oraz zgłoszenia wcześniejsze, czekające jeszcze na realizację. Mając pewną grupę pojazdów i zgłoszeń należy tak zaplanować przydział pojazdów, aby trasa, jaką muszą pokonać pojazdy była jak najkrótsza.

Formalnie rozważany problem może zostać zdefiniowany w następujący sposób. Zgłoszenia pojawiają się od momentu początkowego o czasie t_0 oraz w następnych momentach czasu $\{t_0, t_1, \dots, t_x\}$. Czas, jaki upłynie pomiędzy następującymi momentami t jest losowy. W danym momencie t może pojawić się jedno lub więcej zgłoszeń. Każde z n niezależnych zgłoszeń $\{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$ może zostać przydzielone jednemu z k pojazdów $\{P_1, P_2, \dots, P_k\}$. Pojazd otrzymujący zlecenie do realizacji nie będzie mógł otrzymać kolejnego zgłoszenia dopóki nie zrealizuje aktualnie przydzielonego. Aby pojazd mógł zrealizować zlecenie musi dotrzeć do miejsca odbioru zgłoszenia a następnie do miejsca docelowego. Zrealizowanie zgłoszenia możliwe jest w określonym czasie, który zakończy się w momencie M_{nk} . Moment M_{nk} zależy od czasu, jaki pojazd potrzebuje na dotarcie do zgłoszenia oraz czasu potrzebnego na jego realizację. Pojazd będzie mógł otrzymać kolejne zlecenie dopiero po zrealizowaniu zgłoszenia a więc po chwili M_{nk} .

Jeśli to możliwe do wszystkich zgłoszeń przydzielane są pojazdy. Możliwa jest sytuacja, że niektóre zgłoszenia nie są obsługiwane i oczekują. Zgłoszenia te powiększą liczbę zgłoszeń w następnym momencie t . Możliwa jest również sytuacja nieprzydzieleni niektórym pojazdom żadnego zgłoszenia w danym momencie. Jeśli liczba zgłoszeń jest mniejsza niż liczba oczekujących pojazdów niektóre pozostaną bez przydziału.

Głównym celem działania firmy jest uzyskanie jak największego zysku. Podniesienie opłaty za przejazd czy obsługiwane jedynie najbardziej lukratywnych kursów są jednymi z możliwości zwiększania zysku. Opcje te wiążą się jednak z pewnymi negatywnymi czynnikami. Wyższa opłata może odstraszać klientów a realizowanie tylko i wyłącznie najbardziej opłacalnych, czyli najdłuższych kursów, może również negatywnie wpłynąć na ilość klientów. Jedną z możliwości zapewnienia wyższego poziomu zysku bez negatywnych skutków ubocznych jest takie przydzielanie pojazdów do zgłoszeń, aby wysyłać wolne pojazdy znajdujące się najbliżej początkowej pozycji zgłoszenia. Przydzielając w ten sposób pojazdy zmniejsza się całkowita suma odległości, jaką pojazdy muszą przebyć. Pojazdy przebywają krótszą drogę, co powoduje mniejsze zużycie paliwa i wyższy zysk. Dodatkowym korzystnym aspektem jest szybsze docieranie pojazdów do zgłoszeń. Zastosowano pewne uproszczenie, maksymalizacja zysku będzie odbywała się przez minimalizację kosztów dojazdu. Celem jest znalezienie takiego przydziału pojazdów do zgłoszeń, aby minimalizować drogę.

4. Podejście genetyczne

Efektywne przydzielanie pojazdów przez dyspozytora obserwującego ich pozycje i pozycje napływających zgłoszeń może być trudne zwłaszcza, gdy zwiększa się częstotliwość zgłoszeń. Proponuje się system komputerowego wspomaganie wykorzystujący algorytmy genetyczne.

4.1. Algorytmy genetyczne

Algorytmy genetyczne są adaptacyjnymi metodami wykorzystywanymi przy rozwiązywaniu problemów optymalizacyjnych. Pierwszy raz przedstawione zostały przez J. Holland [8] w 1975 roku stały się dużym i stale aktywnym obszarem badań naukowych. Liczba prac na temat algorytmów genetycznych jest bardzo obszerna, np. [2][3][4][5][6][7], w których znaleźć można dalsze odwołania.

Pomysł algorytmów genetycznych zaczerpnięty został z obserwacji przyrody. Algorytm genetyczny jest to algorytm przeszukujący przestrzeń rozwiązań problemu wykorzystując analogię do procesu ewolucji biologicznej. Przez wiele pokoleń organizmy żywe starają się ewoluować według zasad naturalnej selekcji lub przetrwania najlepiej przystosowanego osobnika. Proces ten został po raz pierwszy opisany w książce Charlesa Darwina pod tytułem „The Origin of the Species”. Algorytmy genetyczne starają się naśladować ten proces.

W celu zastosowania algorytmu genetycznego do specyficznego problemu musi zostać stworzone odpowiednie odwzorowanie lub zakodowanie. Do odwzorowania wykorzystywane są geny. (Terminologia pochodzi z nazewnictwa przyrodniczego, a dokładnie z działu o nazwie genetyka.) Geny połączone w pewien szereg reprezentują jedną z możliwości rozwiązania problemu. Taka możliwość nosi nazwę chromosomu lub osobnika. Dla każdego osobnika obliczana jest wartość funkcji celu, na podstawie genów osobnika. Określa ona jak dobrze przystosowany jest dany osobnik. Mówiąc wprost, jak dobre jest rozwiązanie reprezentowane przez osobnika. Sposób obliczania funkcji celu zależy od problemu, który algorytm genetyczny ma rozwiązać. Przykładowo dla problemu komiwojażera funkcja celu może reprezentować sumę odległości potrzebnych do odwiedzenia wszystkich miast, którą należy minimalizować. Osobnik posiadający mniejszą wartość funkcji celu od drugiego, będzie lepiej przystosowany, gdyż odwiedzi wszystkie miasta pokonując krótszą drogę.

Osobnik reprezentuje jedną z możliwości rozwiązania problemu, a zbiór osobników reprezentuje zbiór takich możliwości, nazywany populacją. Na podstawie zmian imitujących środowisko naturalne takich jak np. selekcja, krzyżowanie mutacja, z populacji aktualnej tworzona jest nowa. Z populacji rodziców wybierana jest pewna grupa najlepszych osobników. Następnie na ich podstawie tworzona jest populacja dzieci zawierająca fragmenty genów rodziców. Umożliwia to uzyskanie

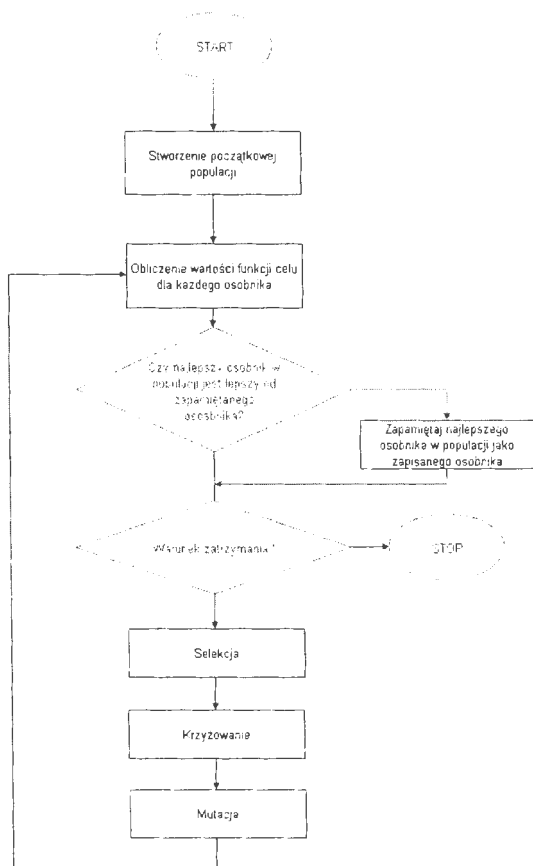
w kolejnych iteracjach coraz lepszych wyników. Pożądane jest, aby proces reprodukcji nie został zawężony do ściśle określonej grupy. W tym celu stosowany jest operator mutacji, który wprowadza losowe zmiany w genach populacji dzieci gwarantując, że przeszukany zostanie cały zakres możliwych rozwiązań.

4.2.Strategia ewolucyjna

Istnieje wiele wariantów zastosowania algorytmu genetycznego do rozwiązania problemu przydziału pojazdów do zgłoszeń. Na początku konieczne jest określenie, w jaki sposób dany osobnik będzie reprezentował jedną z możliwości rozwiązania problemu. W danej chwili rozpatrywany jest problem przydziału n zgłoszeń do k pojazdów. Gen reprezentowany jest przez jedno z tych zgłoszeń oraz jeden z pojazdów. Należy jednak uwzględnić sytuację, iż w danej chwili niektóre zgłoszenia mogą nie zostać przydzielone do pojazdu. Ostatecznie gen stanowi parę: zgłoszenie plus pojazd lub zgłoszenie i brak pojazdu. Liczba genów w osobniku uzależniona jest od liczby zgłoszeń w danej chwili. Na przykład, jeśli w aktualnie rozpatrywanym momencie istnieją trzy nieobsłużone zgłoszenia i pojawiły się dodatkowo dwa nowe, liczba genów w osobniku równa jest pięć. Liczba genów będzie się zmieniać w zależności od rozpatrywanej liczby zgłoszeń. Każdemu ze zgłoszeń przypisany zostaje identyfikator - numer od zera do $n-1$. Zbiór zgłoszeń reprezentowany jest przez listę o długości równej liczbie zgłoszeń. Indeks pola w liście reprezentowany jest przez identyfikator numeru jednego ze zgłoszeń. Wszystkim pojazdom znajdującym się w flocie samochodowej firmy transportowej zostają również przypisane identyfikatory, liczby całkowite większe od zera. Przykładowo pojazd z identyfikatorem pięć zostaje wpisany w jedno z miejsc na liście zgłoszeń np. w pole z indeksem dwa. Oznacza to, iż w tym osobniku pojazd o numerze pięć zostaje przydzielony do zgłoszenia o identyfikatorze dwa. Jeżeli w polu reprezentowanym przez jedno ze zgłoszeń pojawi się liczba zero, będzie oznaczało to, iż do tego zgłoszenia nie został przydzielony pojazd.

Osobnik i jego geny reprezentują jedną z możliwości przydziału. Populacja, czyli wiele osobników, reprezentowana jest przez listę osobników o licznosci zdefiniowanej przez użytkownika. Schemat algorytmu przedstawiony jest na Rys. 4. Algorytm genetyczny rozpoczynając swoje działanie tworzy początkową populację, posiadającą pewną liczbę osobników. Każdy z osobników posiada jeden lub więcej genów reprezentowanych przez listę o długości równej aktualnej liczbie zgłoszeń. Następnie generowana jest jedna z możliwości rozwiązania problemu. Każdemu osobnikowi znajdującemu się w populacji początkowej, w pola reprezentujące zgłoszenia, wpisywane są numery pojazdów.

C. Baka – System lokalizacji pozycji pojazdów



Rys. 4. Schemat działania algorytmu genetycznego

Wpisywanie numerów pojazdów odbywa się w sposób losowy. Generowany jest w sposób losowy numer zgłoszenia oraz numer jednego z pojazdów. Wylosowany pojazd przypisywany jest do wylosowanego zgłoszenia. Następnie wylosowany pojazd usuwany jest z listy możliwych do wylosowania. Usunięcie pojazdu zapewnia, iż w następnych losowaniach pojazdu w tym osobniku pojazd nie pojawi się. Losowanie i przypisywanie pojazdów w osobniku odbywa się do chwili wykorzystania wszystkich pojazdów lub zapełnienia wszystkich pól zgłoszeń. Opisany algorytm losowania wykonywany jest dla każdego osobnika w początkowej populacji.

Dla każdego osobnika wygenerowanej populacji obliczana jest wartość funkcji celu. Wartość funkcji celu określona została jako suma odległości pomiędzy pozycjami pojazdów a początkowym punktami przydzielonych im zgłoszeń. Przyjmuje się, że należy zminimalizować sumę tych odległości. Następnie dodawany do funkcji celu jest pewien istotny modyfikator wyniku. Zaimplementowano korzystniejsze premiowanie tych przydziałów, w których wykorzystywana jest większa liczba pojazdów.

Znając wartości funkcji celu przypisane wszystkim osobnikom, wyszukiwany jest osobnik najlepiej przystosowany, czyli mający najniższą wartość funkcji celu. Algorytm działa w sposób iteracyjny i w pierwszej iteracji znaleziony najlepszy osobnik w początkowej populacji zapisywany jest jako najlepszy znaleziony osobnik w algorytmie. W kolejnych iteracjach algorytm przed zapisaniem dokona sprawdzenia. Czy najlepszy osobnik znalezionego w populacji jest lepszy od najlepszego znalezionego w algorytmie? Jeśli tak najlepszy osobnik w populacji zapisany zostanie jako najlepszy osobnik w algorytmie.

Kolejnym krokiem jest sprawdzenie, czy nie wystąpił warunek zakończenia algorytmu. Powodem zakończenia działania algorytmu jest uzyskanie powtarzającej się wartości funkcji celu. Użytkownik definiuje, po ilu takich iteracjach należy zatrzymać algorytm. Drugim kryterium stopu jest założona przez użytkownika ogólna maksymalna liczba iteracji.

Jeśli nie wystąpił żaden z warunków zatrzymania algorytmu, wykonywana jest operacja zwana selekcją. Selekcja polega na wyborze połowy najlepszych osobników na podstawie funkcji celu.

Kolejnym krokiem jest zastosowanie operatora krzyżowania. Polega on na stworzeniu nowej populacji osobników posiadającej fragmenty genotypu osobników populacji rodzicielskiej. Populacja źródłową jest populacja wyodrębniona w procesie selekcji. Nowe osobniki tworzone są przez przecięcie dwóch losowo wybranych osobników i stworzeniu nowego osobnika z początkowego fragmentu pierwszego osobnika i końcowego fragmentu drugiego osobnika. Nowo stworzony osobnik posiada pewną część genotypu pierwszego rodzica i pewną część genotypu drugiego rodzica. Punkt przecięcia dobierany jest losowo. Na Rys. 5 przedstawiono to działanie.



Rys. 5. Ilustracja mechanizmu łączenia osobników

W implementacji uwzględniono zabezpieczenie, dany pojazd może być przydzielony tylko do jednego zgłoszenia. Efektem działania mechanizmu krzyżo-

wania jest nowa liczba osobników powstała na bazie połowy najlepszych dotychczas istniejących osobników. Nowo powstała populacja zastępuje swoich rodziców.

Ostatnim mechanizmem zastosowanym w implementacji algorytmu jest mechanizm mutacji. Mutacja wprowadza do listy osobników losowe zmiany. Jej zadaniem jest wprowadzanie różnorodności w populacji, czyli zapobieganie zawężaniu rozwiązań algorytmu wokół pewnej grupy. Mutacja zachodzi z pewnym przyjętym prawdopodobieństwem określonym przez użytkownika. Dla każdego osobnika generowana jest w sposób losowy liczba. Jeżeli wylosowana liczba spełnia przyjęty warunku prawdopodobieństwa losowo usuwany jest jeden z pojazdów a na jego miejsce wstawiany jest losowo wybrany inny pojazd. Implementacja uwzględnia zabezpieczenie przed przydzieleniem danemu pojazdowi więcej niż jednego zgłoszenia.

Efektem działania algorytmu jest znalezienie najlepiej przystosowanego osobnika, który będzie stanowił najlepsze rozwiązanie problemu przydziału pojazdów do zgłoszeń w danej chwili. Szczególnym przypadkiem jest sytuacja, gdy będzie rozpatrywane tylko jedno zgłoszenie. Wówczas selekcja i krzyżowanie nie będą miały żadnego wpływu na populacje osobników zawierających tylko jeden gen. Jedynie mutacja będzie umożliwiała jakiegokolwiek zmiany.

Zaimplementowany algorytm genetyczny uruchamiany jest wielokrotnie w określonych odstępach czasu. Czas, jaki musi upłynąć pomiędzy ponownymi uruchomieniami algorytmu określany jest przez użytkownika. Algorytm będzie działał w czasie rzeczywistym przydzielając wolne pojazdy do nowych i oczekujących zgłoszeń. W kolejnych momentach uruchomienia algorytmu będą się zmieniały pozycje pojazdów, liczba zgłoszeń. Niektóre pojazdy po zakończeniu realizacji zgłoszenia wchodziły będą do grupy wolnych pojazdów. Następujące po sobie momenty uruchomienia algorytmu genetycznego reprezentowały będą nowy stan pojazdów i zgłoszeń.

5. Symulacja komputerowa

Algorytm genetyczny został zaimplementowany i przeprowadzono wstępny test. Wyniki porównano z algorytmami *Pierwszy wolny*, *Pełnego przeglądu* oraz przydziałem przez dyspozytora. Algorytm *Pierwszy wolny* opiera się na zasadzie kolejki FIFO oczekujących pojazdów. Pojazd, któremu przydzielono zgłoszenie opuszcza kolejkę a po zakończeniu realizacji zgłoszenia wchodzi na jej koniec. Algorytm *Pełnego przeglądu* sprawdza po kolei wszystkie możliwości i wybiera najlepsze znalezione rozwiązanie.

W celu przeprowadzenia testów system Emerald został rozbudowany o możliwość symulacji pojawiania się zgłoszeń i symulacji pojazdów. Parametry symulacji przedstawione są w Tab. 1.

Przeprowadzone symulacje komputerowe oprócz liczby pojazdów charakteryzowały się następującymi parametrami. Czas trwania symulacji został odpowiednio dobrany tak, aby jedna minuta symulacji odpowiadała jednej rzeczywistej godzinie pracy. Autor nie posiadał map w formie wektorowej i z uwagi na ich wysoki koszt, przyjęto pewne uproszczenie. Odległości obliczane są na podstawie długości linii prostej poprowadzonej pomiędzy punktami.

Nazwa	Parametr w symulacji	Odpowiednik w rzeczywistości
czas	24 minuty	1 godzina
prędkość pojazdów	1 sekunda na 33 pikseli	60 km/h
cena za rozpoczęcie kursu	6 zł	6 zł
koszt za przejechanie jednostki	0,3 złote za 33 pikseli	0,3 zł/km
przychód za przejechaną jednostkę	4 złote za 33 pikseli	4 zł/km

Tabela 1. Parametry symulacji

Początkowa pozycja wszystkich pojazdów będzie się znajdowała w jednym miejscu reprezentującym bazę pojazdów. Pojazdy będą zmieniały położenie na podstawie realizowanych zgłoszeń. Po obsłużeniu zgłoszenia pojazd będzie oczekiwał w miejscu zakończenia ostatniego zgłoszenia.

Kolejną grupą parametrów symulacji są parametry związane z algorytmem *Genetycznym*. Na podstawie wstępnych symulacji ustalono, iż liczba osobników w populacji będzie wynosić sto. Maksymalna liczba iteracji, czyli powtórzeń selekcja, krzyżowanie, mutacja wynosić będzie dziesięć tysięcy. Mutacja zachodzić będzie z prawdopodobieństwem 0,09. Jeżeli w trakcie działania algorytmu w ciągu stu kolejnych iteracji funkcja celu, najlepiej przystosowanego osobnika, nie będzie zmieniała się, algorytm będzie przerywany.

W systemie Emerald możliwe jest określenie, co jaki interwał czasu należy uruchomić algorytm przydzielający zgłoszenia do pojazdów. Dla symulacji przyję-

to uruchomienie algorytmu, co dziesięć sekund i ograniczenie maksymalnego czasu jego działania również do dziesięciu sekund.

6. Uzyskane wyniki

W celu sprawdzenia poprawności działania algorytmu *Genetycznego* uruchomiony został wstępny test dla losowo wygenerowanych dziesięciu zgłoszeń i dziesięciu losowo rozlokowanych pojazdów. Po obsłużeniu zgłoszeń przez pojazdy nie pojawiają się żadne nowe zgłoszenia a pojazdy zatrzymają się. Przeprowadzenie wstępnego testu miało na celu porównanie algorytmu *Genetycznego* z pozostałymi zaimplementowanymi algorytmami, gdy nie występuje ograniczenie na czas działania algorytmu. Uzyskane wyniki przedstawia Tab. 2.

	Genetyczny	Pierwszy wolny	Pełnego przeglądu
Czas działania w sekundach	1	1	9
Liczba sprawdzonych odległości	821352	10	11734735
Liczba obliczonych funkcji celu	100200	1	10000000000
Koszt	68,14	86	65,98
Przychód	528	528	528
Liczba zgłoszeń	10	10	10

Tabela 2. Otrzymane wyniki dla testu wstępnego

Dla wszystkich algorytmów parametry początkowe takie jak pozycje pojazdów, pozycje początkowe zgłoszeń, pozycje końcowe zgłoszeń oraz liczba zgłoszeń były identyczne. Wyniki przychodu otrzymane za rozpoczęcie kursu i trasę zgłoszenia są identyczne gdyż zgłoszenia były takie same dla każdego z algorytmów. Dość dużą różnicą w negatywny sposób odznacza się algorytm *Pierwszy wolny* w parametrze Koszt. Koszt był liczony jako suma kosztów dojazdu do zgłoszeń i suma kosztów trasy zgłoszeń wszystkich pojazdów. Duża różnica związana jest ze sposobem przydziału pojazdów do zgłoszeń. Algorytm *Pierwszy wolny* nie rozpatruje odległości pojazdów od zgłoszeń. Algorytmy *Genetyczny* i *Pełnego przeglądu* uzyskały bardzo zbliżone wyniki w zakresie kosztu. Algorytm *Genetyczny* uzyskał natomiast dużą przewagę w stosunku do algorytmu *Pełnego przeglądu* w zakresie ilości sprawdzenia odległości pojazdów od pozycji klientów

oraz ilości obliczeń funkcji celu. *Algorytm Genetyczny* potrzebował jednej sekundy na zakończenie działania natomiast algorytm *Pełnego przeglądu* potrzebował dziewięciu sekund. Wstępny test pokazał, iż algorytm *Genetyczny* umożliwił znaczne obniżenie ilości obliczeń i czasu obliczeń dla wybranego przykładu, przy zachowaniu porównywalnych wyników parametru koszt. Dla systemu działającego w czasie rzeczywistym jest to bardzo duża zaleta. Podejrzewa się, iż wraz ze wzrostem liczby pojazdów z uwagi na ograniczony czas działania, algorytm *Genetyczny* uzyska dużą przewagę w stosunku do algorytmu *Pełnego przeglądu* również w zakresie parametru koszt.

Podsumowanie

W artykule przedstawiony został problem przydziału pojazdów do pojawiających się zgłoszeń w firmie zajmujące się transportem osób. Problem ten musi zostać rozwiązywany w czasie rzeczywistym dla stale zmieniających się warunków. Do rozwiązania problemu zastosowano algorytm *Genetyczny*, który został zaimplementowany w stworzonym systemie Emerald. Przeprowadzona została wstępna symulacja, która pokazały zaletę zastosowania algorytmu *Genetycznego*. Zastosowanie algorytmu *Genetycznego* umożliwia znaczne zmniejszenie liczby przeprowadzanych obliczeń i skrócenie czasu działania algorytmu. Ma to bardzo istotne znaczenie w przypadku problemów czasu rzeczywistego, jakim jest problem przydziału pojazdów do zgłoszeń.

Ciekawym rozwinięciem zagadnienia byłoby stworzenie algorytmu genetycznego automatycznie dopasowującego własne parametry w zależności od warunków takich jak: ograniczony czasu działania algorytmu, liczba pojazdów, liczba zgłoszeń. Innym ciekawym rozwinięciem jest również umożliwienie przydzielania pojazdom kilku zgłoszeń. Pojazd realizujący jedno zgłoszenie mógłby otrzymać kolejne i rozpocząć jego realizację po zakończeniu aktualnego. Zastosowanie takiej możliwości znacznie komplikuje problem decyzyjny, gdyż należy uwzględnić gdzie za pewien okres czasu znajdzie się dany pojazd. Kolejnym możliwym rozwinięciem jest rozpatrzenie problemu przydziału pojazdów do zgłoszeń jako problemu wielokryterialnego. Decydem w takim wypadku jest właściciel firmy. Musi on rozpatrzyć szereg parametrów takich jak liczba pojazdów, opłaty, koszty, czas dotarcia do zgłoszenia i wybrać najlepsze rozwiązanie.

Planowane jest praktyczne wdrożenie systemu. W tym celu założona została przez autora firma o nazwie Safire Sp. z o.o (www.safire.pl). Brak miesięcznych kosztów abonamentowych oraz dużo niższe koszty zakupu stanowiąc będą istotną zaletą w porównaniu do oferty konkurencji. Stworzony został prototyp, trwają prace związane z usprawnieniami modułu elektronicznego instalowanego w pojeździe. Prace związane są z podwyższeniem niezawodności oraz możliwości integracji z innymi systemami np. systemem alarmowym. Planowane jest uzyskanie akcepta-

cji firm ubezpieczeniowych dla systemu. Klienci dokonujący zakupu urządzenia uzyskają prawo do 50 % zniżki w ubezpieczeniu AC. Początkowa oferta firmy skierowana zostanie do klienta prywatnego, jako narzędzie do monitoringu pojazdów. Następnie planowane jest rozszerzenie oferty. Usprawniony moduł oprogramowania na komputer będzie oferowany przedsiębiorstwom, jako narzędzie monitoringu mienia i poprawy efektywności firmy.

Literatura

- [1]. Baka C. (2009): *System lokalizacji pozycji pojazdów*. Praca magisterska, promotor dr inż. L. Kruś, Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania.
- [2]. Goldberg D. E. (2003): *Algorytmy genetyczne i ich zastosowanie*. Wyd. 3. WNT.
- [3]. Stańczak J. (2008): Materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu *Metaheurystyki*, WSISIZ.
- [4]. Stańczak J. (2003): Biologically inspired methods for control of evolutionary algorithms. *Control and cybernetics*. Systems Research Institute.
- [5]. Goldberg D. E. (1989): *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- [6]. Reeves C. R. (1997): Genetic algorithms for the operations researcher. *INFORMS Journal on Computing*, 9, 231–250.
- [7]. Spears W. M., De Jong K. A. (1991): *On the virtues of parameterized uniform crossover*. In: Belew R, Booker L, editor. Proceedings of the fourth international conference on genetic algorithms. San Mateo, CA, Morgan Kaufman, 230–236.
- [8]. Holland J. (1975): *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. Ann Arbor, The University of Michigan Press.
- [9]. Augustyn J. (2007): *Projektowanie systemów wbudowanych*. Wydawnictwo Sigmie PAN.
- [10]. Topley K. (2006): *J2ME. Almanach*. Wydawnictwo O'Reilly.
- [11]. Liberty J. (2006): *Programowanie C#*. Wydawnictwo HELION.
- [12]. Rychlicki-Kicior K. (2007): *C#. Tworzenie aplikacji graficznych w .NET 3.0*. Wydawnictwo HELION.

ISBN 9788389475220