

BONIECKI Rafał¹
 WIATR Roman¹
 MICIAK Mirosław¹

Kontrola i zarządzanie firmą kurierską z wykorzystaniem systemu teleinformatycznego

Firmy kurierskie, funkcje sklepane, optymalizacja

Streszczenie

Gwałtowny rozwój technologii teleinformatycznych umożliwia optymalizację kosztów działalności firmy kurierskiej i daje szansę poprawy jakości realizowanych usług, co w dłuższej perspektywie umożliwi skuteczną walkę o rynek usług kurierskich. W logistycznej sieci kurierskiej największe znaczenie w przewozie przesyłek kurierskich ma transport drogowy i związane z nim środki transportowe zwane kursami pocztowymi.

Referat przedstawia zastosowanie funkcji sklepanych w celu podniesienia poziomu kontroli istotnych parametrów ekonomicznych firmy kurierskiej. Metoda automatycznej kontroli kursu pocztowego opiera się na interpolacji funkcjami sklepanymi stopnia pierwszego lub trzeciego. Zastosowanie tych funkcji pozwala na porównanie rzeczywistej trasy samochodu z trasą zaplanowaną z dopuszczalnym marginesem błędu.

COURIER COMPANY CONTROL AND MANAGEMENT BY IT SYSTEM

Abstract

The rapid development of information and communication technologies enables the optimization of the operating costs of the courier company and gives a chance to improve the quality of provided services, which in the long run will enable an effective competition for courier services market. The greatest importance in the logistics network of courier has road transport and postal rates.

The article presents the use of splines functions in order to raise the level of control of relevant economic parameters of the courier company. The method of automatic control of the postal courses is based on spline interpolation of the first or third degree. These functions allows the comparison of the actual vehicle routes with the route planned with an acceptable margin of error.

1. WSTĘP

Intensywny rozwój usług kurierskich i ciągle rosnące potrzeby klientów wymagają częstych zmian jakości świadczonych usług oraz wymuszają wprowadzenie większej elastyczności, oraz sprawności działania. Obecnie w pozyskaniu klienta ogromny wpływ na rynek usług wywiera zarówno liberalizacja przepisów jak i globalizacja gospodarki. Dzięki prywatnemu kapitałowi zakładane są firmy kurierskie w dużych aglomeracjach miejskich, a więc tam gdzie ponoszone są najmniejsze koszty związane z doręczeniem przesyłek. Dominującą pozycję w branży zdobywają jednak firmy kurierskie, specjalizujące się w określonych usługach i stale poprawiające ich jakość.

Firmy kurierskie zmuszone są do ciągłej rywalizacji. W jej ramach różnicują przede wszystkim oferty, konkurując w zakresie terminów doręczania przesyłek oraz ceny usług. Coraz częściej o doborze usługodawcy decyduje, jakość, wartość i rodzaje usług dodanych. Dla klienta istotne jest, aby firma mogła zaoferować kompleksowe rozwiązania, a szybkość i łatwość dostępu do informacji o przesyłkach oraz czytelność i przejrzystość stawek należy traktować jako podstawy prawidłowego funkcjonowania firmy kurierskiej. Powszechnie obowiązującym standardem jest doręczanie przesyłki w usłudze „door-to-door” do głównych miast Polski oraz wybranych państw w świecie „next day”.

Firmy kurierskie ustawione są na maksymalne skracanie czasu doręczenia przesyłki, niezależnie od odległości, co odróżnia je od powszechnych usług pocztowych. Normatyw czasu dostarczenia przesyłek do podmiotów oraz osób fizycznych jest uzależniony od poszczególnych firm działających na rynku kurierskim. Zwiększone zapotrzebowanie na usługi kurierskie wymusza na firmach poszukiwanie nowych rozwiązań, które z jednej strony pozwolą na szybszą obsługę i skrócenie dostawy wzrastającej liczby przesyłek, a z drugiej pozwolą na optymalizację kosztów.

Obecnie szanse na rynku mają firmy, które stosują innowacyjne rozwiązania i są w stanie szybko wprowadzić nowe usługi i do minimum ograniczyć czas między złożeniem zamówienia a jego realizacją. Na rynku usług kurierskich liczy się czas reakcji na potrzeby klienta nie tylko te aktualne, ale również, a może przede wszystkim, na te które mogą się pojawić.

Gwałtowny rozwój technologii teleinformatycznych umożliwia optymalizację kosztów działalności firmy kurierskiej i daje szansę poprawy jakości realizowanych usług, co w dłuższej perspektywie umożliwi skuteczną walkę o rynek usług kurierskich.

¹Uniwersytet Technologiczno - Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Telekomunikacji i Elektrotechniki, Zakład Inżynierii Oprogramowania; 85-225 Bydgoszcz; ul. Kordeckiego 20. Tel.: + 48 52 340-81-14, 340-81-15, E-mail: [rafal.boniecki, roman.wiatr, mirosław.miciak]@utp.edu.pl

2. OPIS SYSTEMU TELEINFORMATYCZNEGO

Na rysunku 1 przedstawiono najważniejsze podmioty biorące udział w usłudze kurierskiej w nowoczesnym systemie teleinformatycznym wspierającym firmę kurierską.

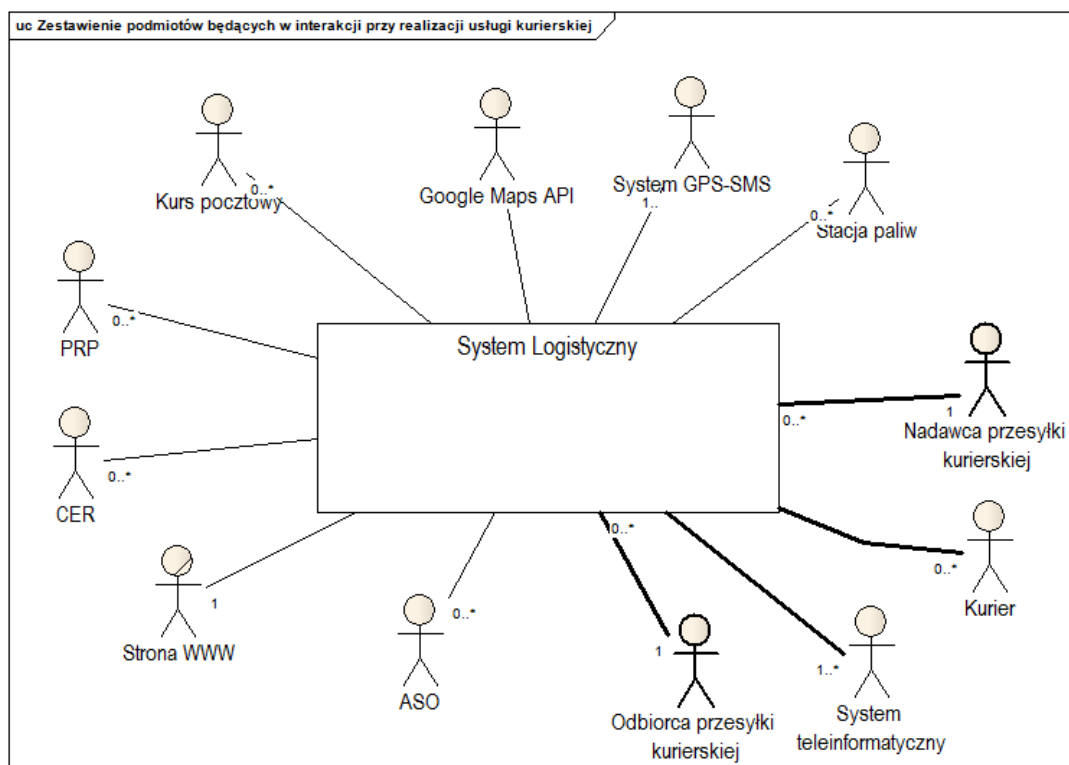
W logistycznej sieci kurierskiej największe znaczenie w przewozie przesyłek kurierskich ma transport drogowy i związane z nim środki transportowe zwane kursami pocztowymi.

W celu efektywnego zarządzania kursami pocztowymi każdy z nich powinien posiadać zamontowany system GPS (Global Positioning System), który umożliwia:

- kontrolowanie trasy przejazdu kursu pocztowego,
- ustalenie miejsca pobytu oraz punktu tankowań kursu pocztowego.

Typowy program do zarządzania flotą pojazdów umożliwia:

- weryfikację pracy kierowców w terenie,
- nadzór nad wykonanymi wizytami handlowymi czy serwisowymi,
- analizę obecności u kontrahenta,
- szczegółowe raporty tras,
- szczegółowe raporty przebiegów,
- szczegółowe raporty postojów,
- ewidencjonowanie momentu rozpoczęcia i zakończenia pracy,
- ewidencjonowanie przekraczania prędkości oraz zadanych parametrów jazdy.



Rys.1. Diagram kontekstowy podmiotów będących w interakcji w usłudze kurierskiej.

Raporty generowane przez typowe programy do zarządzania flotą poprawiają pracę dyspozytora taboru samochodowego. W celu pogłębienia efektów ekonomicznych związanych ze stosowaniem systemu GPS należy go zintegrować z systemem logistycznym zarządzającym kursami pocztowymi. Ma to na celu:

- umożliwienie kontroli położenia przesyłki kurierskiej przydzielonej do danego kursu pocztowego,
- umożliwienie dynamicznej korekty kursu pocztowego w zależności od napływających zleceń kurierskich i położenia kursu pocztowego,
- umożliwienie analizy ekonomicznej kursów pocztowych i optymalizację kursów.

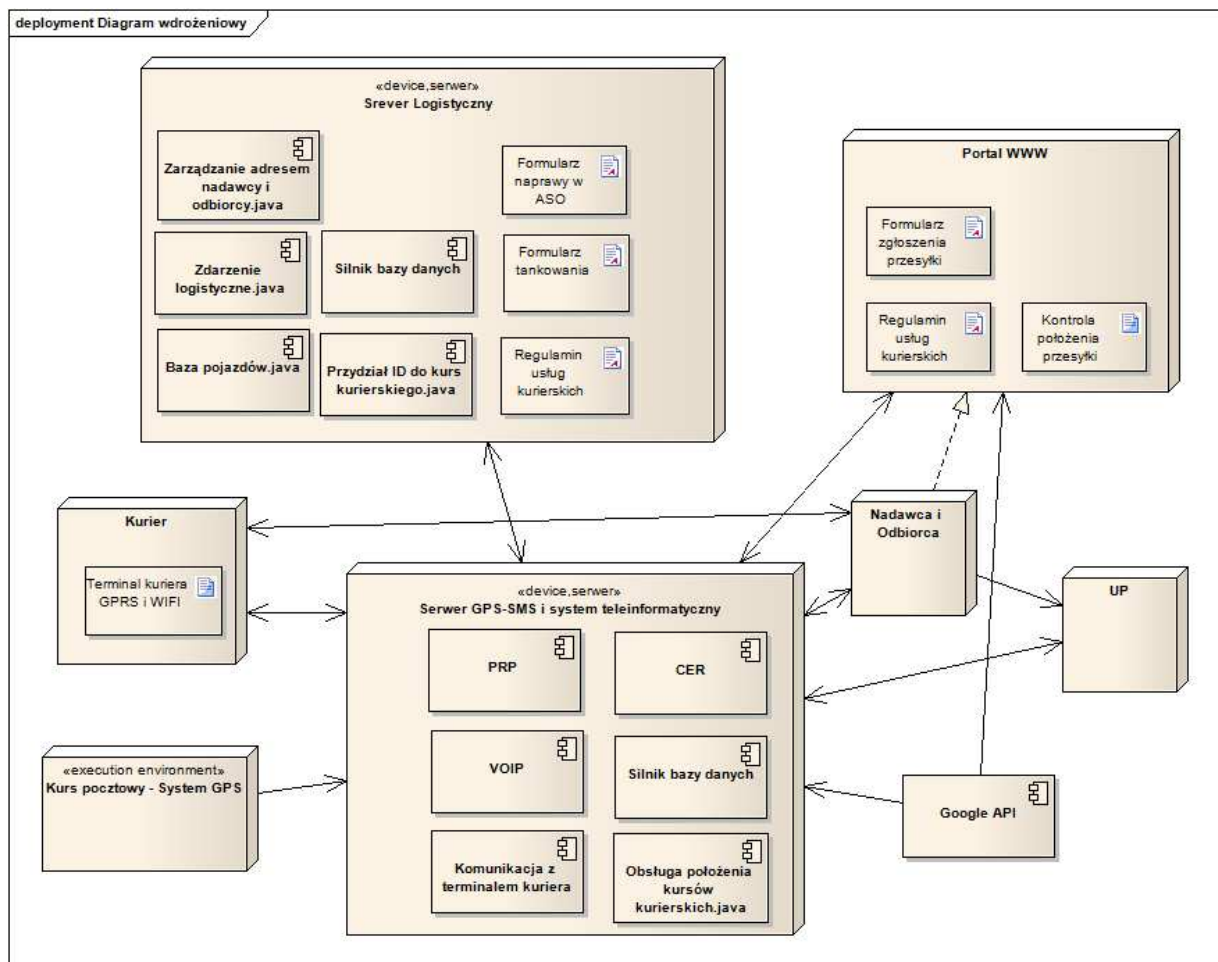
Co kilka sekund informacje o aktualnej pozycji kursu pocztowego i stanie realizacji zleceń są przesyłane do systemu logistycznego, co pozwala na optymalizację przydzielania kolejnych zleceń i skrócenie oferowanego klientom czasu doręczeń. Przydzielone przez system logistyczny zlecenie będzie przesyłane przy użyciu GPRS na terminal kuriera, dzięki czemu problem ewentualnych błędów zostanie praktycznie wyeliminowany. Przy zastosowaniu terminali z możliwością zbierania podpisów odpada problem potwierdzenia dostawy oraz zmiany statusu zlecenia. Nowoczesne terminale mogą być wyposażone w skanery kodów kreskowych niezbędne przy ewidencjonowaniu przesyłek oraz aparat fotograficzny o wysokiej rozdzielczości. Aparat jest wykorzystywany przy reklamacjach uszkodzeń przesyłek, gdy dochodzi do konfliktu z dostawcą paczki.

W przypadku stwierdzenia uszkodzenia przesyłki klient może zażądać od kuriera sporządzenia dokumentacji w postaci zdjęcia i przesłania raportu o stanie przesyłki do bazy wraz z potwierdzeniem zwrotnym przyjęcia reklamacji. Terminale powinny pracować w trybie lokalnym (ang. Off-line) w sytuacji braku łączności z systemem logistycznym, dzięki czemu informacje mogą trafiać do systemu z pewnym opóźnieniem, co do minimum eliminuje potrzebę prowadzenia dodatkowej ewidencji. Informacja zgromadzona w terminalach kurierskich upraszcza również rozliczenie kuriera z bieżących kursów pocztowych. Zastosowanie drukarek kodów kreskowych umożliwia przygotowanie przesyłki praktycznie u nadawcy. Gwałtowny rozwój obiektowo zorientowanych technik programowania umożliwia opracowanie systemu obsługi firmy kurierskiej z wykorzystaniem narzędzi „open-source”, co w istotny sposób może wpłynąć na obniżenie kosztów opracowania systemu. Zastosowanie technologii Java uniezależnia aplikację od różnorodnych systemów operacyjnych stosowanych w infrastrukturze kurierskiej [4].

Zastosowanie Google Map API umożliwia wyświetlenie mapy na dowolnej stronie internetowej. W obecnej wersji usługa Google Map jest również dostępna z dowolnej aplikacji lokalnej z dostępem do Internetu. Po zarejestrowaniu użytkownika również dostępna jest w aplikacji lokalnej usługa geokodowania umożliwiająca pobranie współrzędnych GPS po podaniu poszukiwanego adresu.

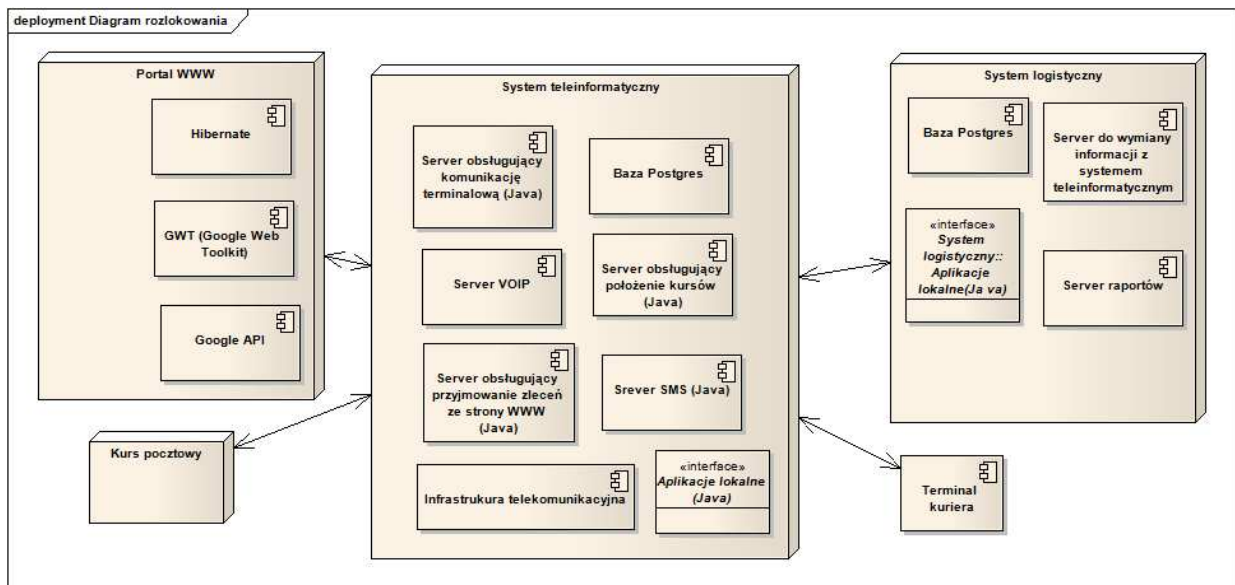
Za pomocą Google Map API można również określić odległości między punktami na mapie oraz wizualizację drogi pomiędzy punktami. Takie rozwiązanie upraszcza również informowanie klienta o aktualnym położeniu przesyłki na stronie www kuriera.

Wybranie relacyjnej bazy danych „open-source” PostgreSQL z zastosowaniem rozwiązania ORM (ang. Object-Relational Mapping) typu Hibernate kończy ogólny opis technologii niezbędnych do implementacji aplikacji wspierającej działalność firmy kurierskiej, co przedstawiono na rysunku 2.



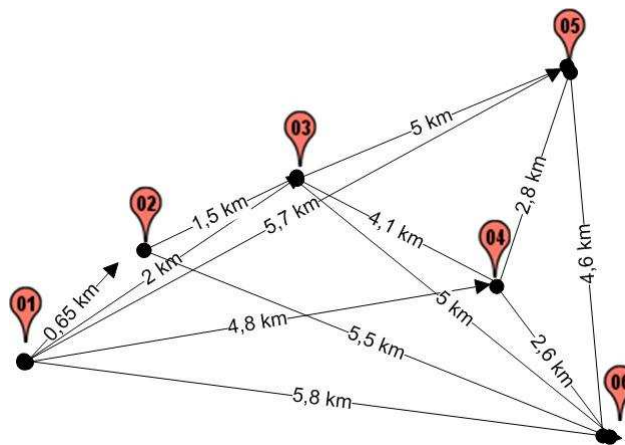
Rys. 2. Diagram komponentów modelu systemu informatycznego obsługującego usługę kurierską.

Diagram wdrożeniowy (rys. 3) przedstawia związki pakietów oprogramowania stanowiących podstawę modelu systemu informatycznego wspierającego usługę kurierską.



Rys. 3. Specyfikacja rozlokowania technologii wykorzystywanych w infrastrukturze kurierskiej.

Ze względu na złożoność modelu skupiono się na wybranych zagadnieniach algorytmicznych związanych z optymalizacją ruchu kursów oraz wytyczeniem optymalnej trasy oraz wizualizacji zadań logistycznych dla kuriera. Idea rozwiązania polega na wytyczeniu optymalnej drogi dla kuriera za pomocą skierowanego grafu ważonego algorytmem Dijkstry. Wagami będą kilometry między poszczególnymi punktami (rys. 4).



Rys. 4. Graf punktów wyznaczający pracę kuriera.

Odległość między poszczególnymi punktami ustala się za pomocą Google API, a algorytm Dijkstry wyznacza kolejność odwiedzanych punktów.

Kontrolowanie ruchu kursów odbywa się dzięki wizualizacji współrzędnych GPS napływających do serwera kursów. Ze względu na fakt, że w systemie istnieje zdarzenie kursu z kluczem głównym, można dokonać porównania zrealizowanej trasy przez kurs z zaplanowaną trasą wynikającą ze zleceń przydzielonych do kursu. Porównanie przebiegu zrealizowanego kursu z zaplanowaną trasą można wykonać automatycznie. Co istotnie wpłynie na podniesienie poziomu nadzoru floty kursów

3. ZASTOSOWANIE INTERPOLACJI FUNKCJAMI SKLEJANYMI W SYSTEMIE LOGISTYCZNYM

Metoda automatycznej kontroli kursu opiera się na interpolacji funkcjami sklejanymi stopnia pierwszego lub trzeciego. Dysponując zbiorem $n+1$ węzłów interpolacji wraz z wartościami funkcji $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$, informacja o położeniu punktu w systemie Google Maps podawana jest jako para (latitude, longitude) [5]. W takim przypadku można zastosować liniową interpolację pomiędzy węzłami [1]:

$$f_k(x) = y_k + d_k(x - x_k) \quad \text{gdzie: } d_k = \frac{y_{k+1} - y_k}{x_{k+1} - x_k} \quad (1)$$

W ten sposób otrzymano zestaw funkcji interpolujących przebieg pomiędzy węzłami dzielącymi przedział interpolacji na podprzedziały [2]. Sklejając te funkcje uzyskano funkcję interpolującą stopnia pierwszego w następującej postaci:

$$f(x) = \begin{cases} y_0 + d_0(x - x_0) & x \in [x_0, x_1] \\ \dots \dots & \dots \dots \dots \\ y_{n-1} + d_{n-1}(x - x_{n-1}) & x \in [x_{n-1}, x_n] \end{cases} \quad (2)$$

Na rysunku 5 przedstawiono przebieg kursu pocztowego z wykorzystaniem funkcji interpolującej stopnia pierwszego.



Rys. 5. Przebieg kursu pocztowego z wykorzystaniem współrzędnych Google Maps za pomocą Javy i pakietu JFreeChart.

Funkcja $S_m(x)$ jest funkcją sklejaną stopnia m jeżeli wraz z węzłami

$$a = x_0 < x_1 < x_2 < x_3 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$$

spełnia dwa warunki:

- w każdym podprzedziale

(x_i, x_{i+1}) $i = -1, 0, 1, \dots, n$ gdzie $x_{-1} \equiv -\infty, x_{n+1} \equiv +\infty$ $s_m(x)$ jest wielomianem stopnia co najwyżej m ,

- należy do klasy C^{m-1} na osi rzeczywistej.

W celu wykreślenia funkcji interpolującej stopnia trzeciego należy zastąpić odcinki łączące węzły krzywymi oraz wymóc ciągłość pierwszej i drugiej pochodnej funkcji interpolującej w przedziale $[x_0, x_1]$. Funkcja łącząca punkty (x_m, y_m) oraz (x_{m+1}, y_{m+1}) jest wielomianem trzeciego stopnia o postaci:

$$S_m(x) = S_{m,0} + S_{m,1}(x - x_m) + s_{m,2}(x - x_m)^2 + s_{m,3}(x - x_m)^3 \quad x \in [x_m, x_{m+1}] \quad (3)$$

który ma spełniać następujące warunki:

$$S_m(x) = y_m \quad \text{oraz} \quad S_m(x_{m+1}) = S_{m+1}(x_{m+1}) \quad (4)$$

W taki sposób otrzymano układ dwóch równań z czterema niewiadomymi. Po to, aby znaleźć niewiadome należy wprowadzić dodatkowe warunki dla punktów końcowych.

Zdefiniowano zatem trzy parametry:

$$h_m = x_{m+1} - x_m, \quad d_m = \frac{y_{m+1} - y_m}{x_{m+1} - x_m}, \quad n_m = s''(x_m) \quad (5)$$

Funkcja $s(x)$ na poszczególnych przedziałach ma być wielomianami stopnia trzeciego. Co oznacza, że jej pochodna w tych przedziałach jest wielomianami stopnia drugiego, zaś druga pochodna wielomianami stopnia pierwszego. Interpolując drugą pochodną wielomianem Lagrange'a otrzymano:

$$s_m''(x) = s''(x_m) \frac{x - x_{m+1}}{x_m - x_{m+1}} + s''(x_{m+1}) \frac{x - x_m}{x_{m+1} - x_m} \quad (6)$$

Podstawiając do równań h_m i n_m :

$$s_m''(x) = \frac{n_m}{h_m}(x_{m+1} - x) + \frac{n_{m+1}(x - x_m)}{h_m}, \quad x \in [x_m, x_{m+1}], \quad m = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

Całkując powyższe równanie otrzymamy pierwszą pochodną funkcji interpolującej, a następnie samą funkcję interpolującą:

$$s_m'(x) = -\frac{n_m}{2h_m}(x_{m+1} - x)^2 + \frac{n_{m+1}}{2h_m}(x - x_m)^2 - p_m + q_m \quad (7)$$

$$s_m(x) = -\frac{n_m}{6h_m}(x_{m+1} - x)^3 + \frac{n_{m+1}}{6h_m}(x - x_m)^3 + p_m(x_{m+1} - x) + q_m(x - x_m)$$

Przy założeniu, że: $s_m(x_m) = y_m$ oraz $s_m(x_{m+1}) = y_{m+1}$ oraz po przekształceniach otrzymano:

$$p_m = \frac{y_m}{h_m} - \frac{n_m h_m}{6} \quad (8)$$

$$q_m = \frac{y_{m+1}}{h_m} - \frac{n_{m+1} h_m}{6} \quad (9)$$

$$s_k(x_k) = \frac{m_k}{6h_k}(x_{k+1} - x)^3 + \frac{m_{k+1}}{6h_k}(x - x_k)^3 + \left(\frac{y_k}{h_k} - \frac{m_k h_k}{6}\right)(x_{k+1} - x) + \left(\frac{y_{k+1}}{h_k} - \frac{m_{k+1} h_k}{6}\right)(x - x_k)$$

Jedynymi niewiadomymi równania są zmienne m_k . Korzystając z warunku ciągłości pierwszych pochodnych $s_{k-1}'(x_k) = s_k'(x_k)$, gdzie:

$$s_k'(x) = -\frac{m_k h_k}{2} + \frac{m_{k+1} h_k}{2} - \left(\frac{y_k}{h_k} - \frac{m_k h_k}{6}\right) + \left(\frac{y_{k+1}}{h_k} - \frac{m_{k+1} h_k}{6}\right) \quad (10)$$

$$s_k'(x) = -\frac{1}{3}m_k h_k - \frac{1}{6}m_{k+1} h_k + d_k \quad \text{gdzie} \quad d_k = \frac{y_{k+1} - y_k}{h_k}$$

$$s_{k-1}'(x) = \frac{1}{3}m_k h_{k-1} + \frac{1}{6}m_{k-1} h_{k-1} + d_{k-1} \quad (11)$$

Upraszczając i grupując równania (11) otrzymano:

$$m_{k+1}h_k + 2m_k(h_{k-1} + h_k) + m_{k-1}h_{k-1} = 6(d_k - d_{k-1})$$

Przyjmując oznaczenia: $\lambda_k = \frac{h_k}{(h_{k-1} + h_k)}$ i $\rho_k = 1 - \lambda_k$

$$m_{k-1}\rho_k + 2m_k + m_{k+1}\lambda_k = 6 \frac{d_k - d_{k-1}}{h_{k-1} + h_k} \quad (12)$$

Do dalszych obliczeń uzyskano układ n-1 równań z n+1 niewiadomymi ($m_k, k=0,1, \dots, n$).

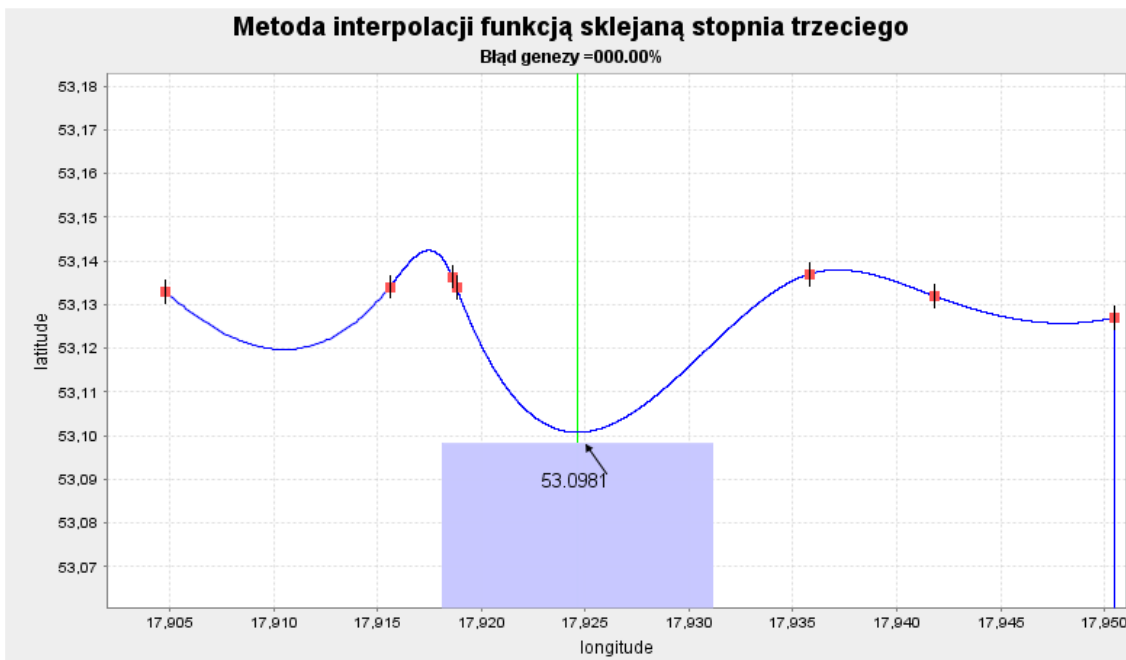
Dlatego należy znaleźć m_0 i m_n . Równanie rozwinięto w następujący układ $Am=B$;

$$\begin{pmatrix} 2 & \lambda_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \rho_2 & 2 & \lambda_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \rho_3 & 2 & \lambda_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \rho_{n-2} & 2 & \lambda_{n-2} & \\ 0 & 0 & 0 & \rho_{n-1} & 2 & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ \vdots \\ m_{n-2} \\ m_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 \frac{d_1 - d_0}{h_0 + h_1} - \rho_1 m_0 \\ 6 \frac{d_2 - d_1}{h_1 + h_2} \\ \vdots \\ 6 \frac{d_{n-2} - d_{n-3}}{h_{n-3} + h_{n-2}} \\ 6 \frac{d_{n-1} - d_{n-2}}{h_{n-2} + h_{n-1}} - \lambda_{n-1} m_n \end{pmatrix} \quad (13)$$

Po rozwiązaniu układu równań można wyznaczyć współczynniki $s_{k,i}$ w następujący sposób:

$$s_{k,0} = y_k; \quad s_{k,1} = d_k - \frac{h_k}{6}(2m_k + m_{k+1}); \quad s_{k,2} = \frac{m_k}{2}; \quad s_{k,3} = \frac{m_{k+1} - m_k}{6h_k} \quad (14)$$

Zastosowanie interpolacji funkcją sklejaną stopnia pierwszego lub trzeciego pozwala na porównanie rzeczywistej trasy samochodu z trasą zaplanowaną z dopuszczalnym marginesem błędu, podejście to szczególnie poprawia funkcje kontrolne przy eksploatacji dużej liczby pojazdów. Efekt końcowy tworzenia funkcji sklejanego stopnia trzeciego przedstawiającej drogę kursu pocztowego ilustruje rysunek 6.



Rys. 6. Wizualizacja kursu pocztowego z wykorzystaniem współrzędnych Google Map za pomocą Javy i pakietu JfreeChart

Bieżący kurs pocztowy widziany w oknie aplikacji wspierającej działalność firmy kurierskiej przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Aplikacja wspierająca działalność firmy kurierskiej

4. WNIOSKI

Zastosowanie funkcji sklepanych podnosi poziom kontroli istotnych parametrów ekonomicznych firmy kurierskiej. Porównanie przebiegu zrealizowanego kursu z zaplanowaną trasą można wykonać automatycznie. Co istotnie wpłynie na podniesienie poziomu nadzoru floty kursów. Dysponując pełną informacją o kosztach ponoszonych przez poszczególne kursy i obsługujących ich kurierach można podejmować właściwe decyzje, co do kierunku i rozwoju firmy kurierskiej. Oprogramowanie wdrażające nowoczesne rozwiązania informatyczne w przedsiębiorstwach powinno uwzględniać szereg systemów zarządzania informacjami, ze szczególnym naciskiem na zastosowania takie jak: satelitarny system nawigacji oraz system planowania zasobów przedsiębiorstwa.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] De Boor C.: *A practical guide to splines*, Springer Verlag 1978.
- [2] Kicial P.: *Podstawy modelowania krzywych i powierzchni*, WNT Warszawa 2005.
- [3] Miciak M., Boniecki R.: *Using polynomial approximation method to character recognition in postal application*, Future role of postal services in the face of new market conditions and communication technologies, Pardubice 2008.
- [4] Schild H.: *The Complete Reference JSEE 5 Edition*, The McGraw-Hill 2005.
- [5] <http://code.google.com/intl/pl-PL/apis/maps/index.html>