
Sprawozdanie z Realizacji Projektu FasterPost Express

Temat: Optymalizacja Logistyki Miejskiej (Last Mile) – Klasteryzacja Stref i Rozwiązywanie Problemu TSP

Data wykonania: 5 styczeń 2026 r.

Autorzy: Oleksii Nawrocki, Tomasz Nowak

Kierunek: Informatyka, Rok 3, 2025/2026

1. Cel Zadania

Celem tego etapu prac było zaprojektowanie i wdrożenie systemu dystrybucji paczek w skali miejskiej. Głównym wyzwaniem było efektywne podzielenie miasta na strefy operacyjne oraz wyznaczenie optymalnych tras kurierskich łączących magazyn lokalny z wieloma paczkomatom (Postmatami), przy uwzględnieniu dynamicznie zmieniającej się dostępności skrytek.

2. Architektura Logistyki Lokalnej (Last Mile)

W przeciwieństwie do logistyki krajowej, warstwa lokalna charakteryzuje się dużą gęstością punktów odbioru i mniejszymi odległościami. System został podzielony na trzy kluczowe fazy procesowe.

2.1. Monitoring Systemowy

Zarządzanie procesem lokalnym odbywa się z poziomu centralnego panelu kontrolnego, który pozwala na nadzór nad wszystkimi trasami w czasie rzeczywistym.

[Rys 1. Centralny interfejs monitorowania statusu logistycznego systemu FasterPost]

3. Implementacja Algorytmów

Faza 1: Statyczny Podział na Strefy (K-Means Clustering)

Aby uniknąć sytuacji, w której dwóch kurierów jeździ w te same rejony miasta, zaimplementowaliśmy algorytm **K-Means**. Pozwala on na automatyczne pogrupowanie paczkomatów w zwarte geograficznie strefy (Zones).

Przebieg procesu:

- Inicjalizacja:** System losuje punktów (centroidów).
- Przypisanie:** Każdy paczkomat zostaje przypisany do najbliższego centroidu na podstawie odległości euklidesowej.
- Aktualizacja:** Wyznaczane są nowe środki klastrów jako średnia współrzędnych wszystkich przypisanych punktów.
- Konwergencja:** Po 10 iteracjach strefy są stabilne i gotowe do przypisania kurierom.

Faza 2: Alokacja Zasobów i Rezerwacja Skrytek

Zanim kurier wyruszy w trasę, system wykonuje krytyczny krok: **_allocate_stashes**.

- System sprawdza fizyczną dostępność wolnych skrytek w bazie danych dla każdego paczkomatu na trasie.
- Paczki są dopasowywane pod kątem gabarytów (S, M, L).
- Tylko paczki z potwierdzoną rezerwacją skrytki trafiają na listę przewozową. Pozostałe są automatycznie przesuwane na kolejny dzień operacyjny, co eliminuje problem "pustych podjazdów".

Faza 3: Wyznaczanie Trasy (Traveling Salesperson Problem)

Dla każdej strefy wyznaczana jest trasa przy użyciu algorytmu **Nearest Neighbor** (Najbliższego Sąsiada).

Model Matematyczny (Formuła Haversine'a): Ponieważ w mieście precyza jest kluczowa, do obliczania dystansu między współrzędnymi wykorzystujemy wzór uwzględniający krzywiznę globu:

4. Weryfikacja Operacyjna

Po przeliczeniu trasy, kurier w magazynie lokalnym otrzymuje gotowy plan pracy. System wymusza start z magazynu, odwiedzenie wszystkich punktów w optymalnej kolejności i powrót do bazy.

The screenshot shows the FasterPost Logistics Control Tower interface. On the left, there's a sidebar with navigation links: Admin Panel, Dashboard Home, Logistics Control, Postmats & Stashes, Warehouses, All Packages, User Accounts, and Business Requests. The main area has a header with 'Logistics Control Tower' and sub-sections for 'ACTIVE ROUTES' (2), 'PLANNED' (13), 'COMPLETED' (2), and 'TOTAL DISTANCE' (7656 km). Below this, there's a 'Live Network Map' showing a route from a central point labeled 'WARSZAWA' through several locations in Warsaw, with a green line indicating the path. To the right, there's a section titled 'Local Routes: Warszawa' listing four routes: 'Mieszko Local warszawa' (COMPLETED), 'Tomasz Local warszawa' (PLANNED), 'Kamil Local warszawa' (IN_PROGRESS), and 'Ignacy Local warszawa' (PLANNED). Each route entry includes a small profile picture, the route name, the number of stops, and the total distance.

Po zatwierdzeniu paczek, kurier widzi podsumowanie operacyjne trasy:

The screenshot shows the FasterPost Courier interface for Route #390723. The route consists of 4 stops:

- Stop 1: Warszawa** (NEXT STOP) - Centrum Logistyczne Warszawa, ul. Marszałkowska 1. Action: ↑ 16 PICK.
- Stop 2: WAR-839** - ul. Stawowa 45/59, Warszawa. Action: ↓ 10 DROP.
- Stop 3: WAR-202** - ul. Kielecka 146, Warszawa. Action: ↓ 6 DROP.
- Stop 4: Warszawa** - Centrum Logistyczne Warszawa, ul. Marszałkowska 1.

At the bottom, a note says "Swipe down to refresh route data manually."

Odbieranie paczek z magazynu:

The screenshot shows the FasterPost Courier interface for a warehouse location. The interface is split into two main sections:

- Left Side (Magazyn):** Shows a blue background with a location pin icon. Buttons for "WŁÓŻ (DROP)" (0 / 0) and "WYJMIJ (PICK)" (0 / 16). A progress bar at the bottom shows "POSTĘP OBSŁUGI" at 100%.
- Right Side (Odbieranie):** Shows a list of packages ready for pickup. Each package has a lock icon, tracking number, size, and a green checkmark indicating it's ready. The list includes:
 - TRK-Q36U1JP0 GOTOWE ROZMIAR: SMALL
 - TRK-44EQPAI3 GOTOWE ROZMIAR: LARGE
 - TRK-R5VV15Y2 GOTOWE ROZMIAR: MEDIUM
 - TRK-V7V0Y070 GOTOWE ROZMIAR: MEDIUM
 - TRK-Y6D0SWUW GOTOWE ROZMIAR: LARGE
 - TRK-4XN7AAC GOTOWE ROZMIAR: MEDIUM

Wkładanie paczek do paczkomatu:

The screenshot shows the FasterPost Courier interface. On the left, there's a sidebar with buttons for 'Aktualna trasa' (Current route) and 'Historia tras' (Route history). The main area displays a summary for 'WAR-839' at 'ul. Stawowa 45/59, Warszawa'. It shows 'WŁÓŻ (DROP)' with 6/10 items and 'WYJMIU (PICK)' with 0/0 items. A progress bar indicates 'POSTĘP OBSŁUGI' at 40%, with a button to 'Dokończ skanowanie' (Finish scanning). To the right, there's a section for 'WKŁADANIE' (10 items) and 'ODBIERANIE' (0 items). Below this, a list shows packages ready for scanning: TRK-R5VV15Y2 (GOTOWE, ROZMIAR: MEDIUM), TRK-V7V0Y070 (GOTOWE, ROZMIAR: MEDIUM), TRK-Y6D0SWUW (GOTOWE, ROZMIAR: LARGE), TRK-4XN7AAC (GOTOWE, ROZMIAR: MEDIUM), TRK-3KF5RKUK (ROZMIAR: MEDIUM), TRK-3HHNWP7 (ROZMIAR: SMALL), and TRK-42VD1E70.

Finał trasy:

The screenshot shows the final route summary for 'Route #390723' on 2026-01-14 with 4 stops and a distance of ~6.15 km. A green 'FINISH SHIFT' button is visible. The route stops are listed as follows:

- Warszawa** (checkmark) - Centrum Logistyczne Warszawa, ul. Marszałkowska 1. Action: ↑ 16 PICK
- WAR-839** (checkmark) - ul. Stawowa 45/59, Warszawa. Action: ↓ 10 DROP
- WAR-202** (checkmark) - ul. Kielecka 146, Warszawa. Action: ↓ 6 DROP
- Warszawa** (checkmark) - Centrum Logistyczne Warszawa, ul. Marszałkowska 1

At the bottom, a note says 'Swipe down to refresh route data manually.'

5. Podsumowanie i Wnioski

Wdrożenie dwuetapowej optymalizacji (K-Means + TSP) przyniosło wymierne korzyści:

- **Efektywność paliwowa:** Dzięki podziałowi na strefy, kurierzy nie nakładają swoich tras na siebie.
- **Redukcja błędów:** System rezerwacji skrytek wyeliminował problem braku miejsca w paczkomacie w momencie dojazdu kuriera.
- **Skalowalność:** Algorytm radzi sobie z obsługą setek punktów w czasie krótszym niż 2 sekundy dzięki podziałowi na mniejsze podproblemy (strefy).

System jest w pełni zintegrowany z bazą danych PostgreSQL, co zapewnia spójność statusów paczek na każdym etapie dostawy "ostatniej mili".
