



UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

Sistem de livrare eficientă Efficient delivery system

**Au efectuat studenții gr.
TI-231**

**Sergiu Muntean
Cojocaru Mihai**

Coordonator:

Coseru. C

Chișinău 2024

Cuprins

INTRODUCERE.....	3
1 ANALIZA DOMENIULUI DE STUDIU.....	5
1.1 IMPORTANȚA DOMENIULUI.....	5
1.2 SISTEME SIMILARE CU PROIECTUL REALIZAT.....	6
1.3 SCOPUL, OBIECTIVELE ȘI CERINȚELE SISTEMULUI.....	8
2 MODELAREA ȘI PROIECTAREA SISTEMULUI DE LIVRARE EFICIENTA.....	9
2.1 DESCRIEREA FUNDAMENTALĂ A SISTEMULUI.....	9
2.2 ALGORITMI FOLOSIȚI LA BAZA PROGRAMULUI.....	9
3. IMPLEMENTAREA ALGORITMILOR ÎN LIMBAJUL DE PROGRAMARE.....	13
4. PROVOCARI INTALNITE ÎN IMPLEMENTAREA SISTEMULUI DE LIVRARE EFICIENTĂ....	19
4.1 GESTIONAREA VOLUMULUI MARE DE DATE ÎN TIMP REAL.....	19
4.2 PROBLEME LEGATE DE INFRASTRUCTURĂ ȘI INTEGRAREA LOR.....	20
4.3 GESTIONAREA DATELOR ÎN TIMP REAL.....	21
CONCLUZII.....	22
BIBLIOGRAFIE.....	23

INTRODUCERE

Într-o lume în care comerțul online și comenzile rapide cresc exponențial, companiile de livrare se confruntă cu provocarea de a transporta eficient pachete de la centrele de distribuție către adresele finale. Scopul este să se livreze cât mai multe pachete în cel mai scurt timp posibil, optimizând astfel atât costurile, cât și satisfacția clientului. Problema constă în a găsi o rută optimă și eficientă de livrare a unui număr de pachete de la o locație centrală către mai multe adrese finale, în așa fel încât să se minimizeze timpul total de livrare și să se reducă costurile de transport.

Livrarea eficientă este crucială în sistemele moderne de logistică și transport, având un impact profund asupra companiilor, clienților și chiar asupra mediului. În primul rând, livrarea rapidă și punctuală este esențială pentru satisfacerea cerințelor clienților, care așteaptă servicii de transport prompte și de încredere. O experiență de livrare pozitivă, cu timpi de livrare reduși și predictibili, contribuie direct la creșterea încrederii și fidelizării clienților, ceea ce reprezintă un avantaj competitiv semnificativ pentru companiile de logistică.

Totodată, eficiența în livrare duce la reducerea costurilor operaționale prin economisirea de resurse. Optimizarea rutelor și a timpilor de transport reduce atât distanțele parcurse de vehicule, cât și timpul petrecut pe drum, ceea ce implică un consum mai mic de combustibil și, prin urmare, costuri mai mici. Astfel, o companie poate reduce cheltuielile asociate cu transportul, întreținerea vehiculelor și personalul necesar, aspecte esențiale pentru sustenabilitatea financiară pe termen lung.

Pe lângă beneficiile economice, livrarea eficientă contribuie la utilizarea optimă a resurselor, asigurând o mai bună alocare a vehiculelor și personalului și o coordonare eficientă a operațiunilor de transport. Acest lucru este esențial pentru a face față cererii tot mai mari de livrare și pentru a răspunde nevoilor urgente ale pieței. În plus, un sistem eficient de livrare joacă un rol important în reducerea amprente de carbon a companiei, contribuind astfel la protejarea mediului. Distanțele mai scurte și

combustibilul redus necesar pentru un transport optimizat înseamnă emisii de carbon mai mici, iar acest lucru este esențial în contextul creșterii responsabilității sociale și a cerințelor de sustenabilitate.

Astfel, dezvoltând acest sistem, prin acest program livrarea eficientă nu doar că îmbunătățește experiența clienților, reduce costurile și optimizează resursele, dar contribuie și la un viitor mai sustenabil și responsabil, impactând în mod pozitiv atât mediul, cât și reputația și profitabilitatea companiilor de logistică.

Pe măsură ce comerțul electronic și cererea pentru servicii de livrare rapidă cresc exponențial, sectorul logistic devine tot mai complex și competitiv. Acest lucru face ca livrarea eficientă să nu mai fie doar un avantaj, ci o necesitate fundamentală pentru companii. Într-un peisaj logistic unde factorii economici și cerințele ecologice devin tot mai stricte, optimizarea devine cheia prin care organizațiile nu doar supraviețuiesc, ci excelează. Tehnologiile moderne, precum inteligența artificială și algoritmi de optimizare, oferă acum soluții inovatoare pentru a depăși limitările tradiționale, maximizând capacitatea și performanța rețelelor de distribuție. Totodată, aceste metode de optimizare nu doar că reduc costurile și timpii de livrare, dar creează și noi standarde de responsabilitate față de mediu și comunitate, aliniindu-se perfect cu noile obiective de sustenabilitate.

Această lucrare oferă o perspectivă cuprinzătoare asupra modului în care logistica modernă poate beneficia de pe urma celor mai noi metode și tehnologii de optimizare. Într-un domeniu în care fiecare secundă și kilometru contează, optimizarea rutelor de livrare și a capacităților de transport devine un instrument esențial pentru reducerea întârzierilor, a costurilor și a riscurilor operaționale. Pe lângă teoriile clasice, cartea își propune să prezinte soluții moderne, bazate pe algoritmi de inteligență artificială și analize predictive, care permit companiilor să reacționeze în timp real la schimbările din trafic, condițiile meteo sau alte variabile neprevăzute.

Prin explorarea diverselor abordări de optimizare, inclusiv planificarea dinamică a rutelor și monitorizarea în timp real a resurselor, lucrarea arată cum poate fi creat un sistem logistic capabil să anticipeze și să răspundă rapid cerințelor în continuă schimbare. Aceasta nu este doar o carte despre eficiență, ci și despre inovație și adaptabilitate, oferind cititorilor instrumentele necesare pentru a proiecta și implementa soluții logistice durabile și orientate spre viitor, care aduc valoare companiei și satisfacție clienților.

1. ANALIZA DOMENIULUI DE STUDIU

1.1 Importanța domeniului

Tehnologia Informației, se concentrează pe formarea specialiștilor în domeniul IT, având ca obiectiv dezvoltarea abilităților tehnice și teoretice necesare în această industrie dinamică, permitând programul permite specializări în domenii emergente precum dezvoltarea software-ului, securitatea cibernetică, inteligența artificială sau analiza datelor. Aceste specializări sunt esențiale pentru a răspunde cerințelor actuale ale pieței muncii.

În contextul industriei logistice moderne, tehnologia informației joacă un rol central în optimizarea sistemelor de livrare, în special în dezvoltarea soluțiilor avansate pentru managementul eficient al transportului. Specializările oferite în cadrul programelor de IT, cum ar fi dezvoltarea software-ului, analiza datelor și inteligența artificială, contribuie la îmbunătățirea continuă a acestui domeniu prin aplicarea tehnologiei pentru a rezolva provocările complexe ale lanțului de aprovizionare.

De exemplu, dezvoltarea software-ului permite crearea unor aplicații personalizate de management al comenzilor și rutelor de livrare, oferind companiilor de logistică soluții adaptate nevoilor lor specifice. Aceasta presupune integrarea unor funcționalități precum urmărirea în timp real a vehiculelor, planificarea dinamică a rutelor sau monitorizarea stocurilor. La rândul său, inteligența artificială oferă algoritmi avansați pentru optimizarea traseelor, previzionarea cerințelor de livrare și ajustarea capacității în funcție de nevoile de sezon, toate acestea reducând costurile și eficientizând procesele de distribuție.

De asemenea, securitatea cibernetică reprezintă un pilon esențial în protejarea datelor și comunicațiilor într-un sistem de livrare eficientă. Odată cu creșterea utilizării soluțiilor digitale în logistică, devine esențială asigurarea protecției datelor despre clienți și despre traseele de transport, ceea ce reduce riscul de atacuri cibernetice și asigură continuitatea serviciilor. Totodată, analiza datelor joacă un rol crucial în înțelegerea tiparelor de comandă și a nevoilor clienților, oferind informații valoroase care sprijină deciziile strategice de alocare a resurselor și îmbunătățire a serviciilor de livrare.

Astfel, specializările emergente din domeniul IT sunt fundamentale pentru dezvoltarea unui sistem de livrare eficientă, asigurând o integrare eficientă a tehnologiei în logistică. Pe măsură ce cerințele pieței

se schimbă, aplicarea acestor competențe tehnologice devine esențială pentru companiile care doresc să răspundă rapid la solicitările clienților și să își îmbunătățească constant performanțele operaționale.

Dezvoltarea unui sistem de livrare eficientă, bazat pe utilizarea algoritmilor într-o aplicație web, care optimizează rutele de transport. Scopul este de a reduce semnificativ timpii de livrare și costurile logistice, oferind o platformă intuitivă și accesibilă în timp real pentru utilizatorii din sectorul transporturilor și distribuției. Algoritmii de optimizare folosiți, precum algoritmul de rutare și algoritmii euristici pentru selecția traseelor, sunt concepuți să analizeze variabile esențiale – trafic, distanțe, priorități de livrare și capacitatea vehiculelor – pentru a identifica rutele cele mai rapide și eficiente.

1.2 Sisteme similare cu proiectul realizat

Dezvoltarea soluțiilor de optimizare a livrării prin platforme digitale și utilizarea algoritmilor pentru rute eficiente a cunoscut o creștere în ultima perioadă. Câteva companii și platforme de livrare locale au integrat tehnologia în procesele lor pentru a satisface cererea crescută de livrare rapidă, eficientă și accesibilă. În acest capitol sunt analizate câteva exemple de sisteme similare care au adoptat astfel de tehnologii și care pot servi ca puncte de referință pentru proiectul propus: “Poșta Moldovei”, “Glovo”, “Yandex Taxi”.

În figura 1.1 este reprezentată platforma Poșta Moldovei, care a dezvoltat o platformă digitală de urmărire a comenzilor și de gestionare a livrărilor. Deși nu utilizează algoritmi complecși pentru rutare dinamică în timp real, sistemul oferă clienților posibilitatea de a urmări stadiul fiecărei comenzi și așteptarea estimată pentru livrare, încurajând astfel o comunicare transparentă și eficientă. Acest model evidențiază importanța tehnologiei în logistică, chiar și în sistemele de livrare mai tradiționale, fiind un exemplu de integrare digitală în industria locală.

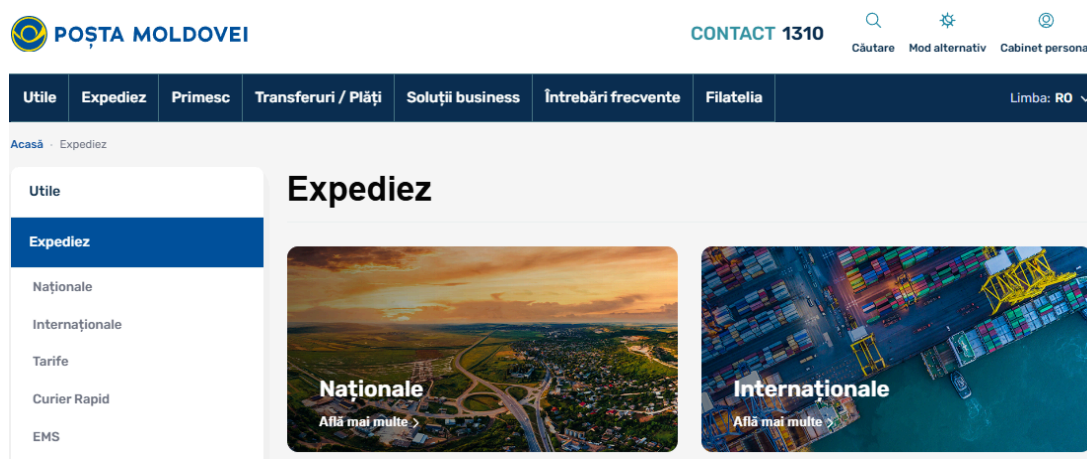


Figura 1.1 - Aplicația web Poșta Moldovei

În figura 1.2 este reprezentată platforma Glovo, care se bazează pe tehnologie avansată pentru a optimiza eficiența rutelor de livrare și a oferi o experiență fluidă utilizatorilor. Aplicația Glovo utilizează algoritmi de rutare care iau în considerare factori precum distanța, timpul estimat de livrare și

disponibilitatea curierilor, pentru a aloca comenzile în mod eficient. Acest sistem permite o distribuire rapidă și precisă a comenzilor, optimizând livrarea „last mile” și minimizând timpii de așteptare pentru clienți. În plus, funcția de urmărire în timp real disponibilă în aplicație oferă transparență și control asupra comenzilor, contribuind astfel la creșterea satisfacției clienților și stabilind un standard ridicat de eficiență pentru serviciile de livrare din Republica Moldova. Glovo se remarcă printr-o infrastructură digitală puternică, care folosește inteligența artificială și algoritmi de optimizare, precum Algoritmi de rutare, de învățare automată și de optimizare multiobiectiv. pentru a răspunde rapid la cerințele de livrare în orașele în care operează. Platforma permite utilizatorilor să comande nu doar produse alimentare, ci și articole de la supermarketuri, farmacii, florării și chiar documente, adresând astfel o gamă variată de nevoi printr-o singură aplicație.

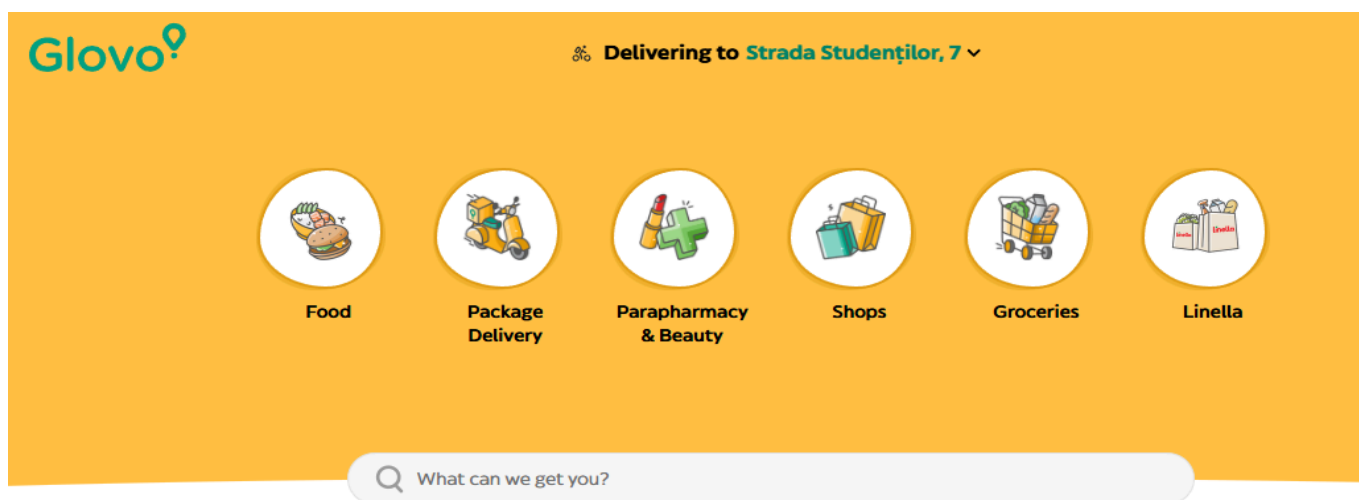


Figura 1.2 - Aplicația web Glovo

În figura 1.3, este reprezentată platforma Yandex Taxi, a extins tehnologia sa de ride-hailing pentru a crea un sistem de livrare eficientă, concentrându-se pe optimizarea traseelor și reducerea timpilor de așteptare. Platforma folosește algoritmi sofisticăți de rutare, adaptați în timp real la condițiile de trafic și la cererea din piață, ceea ce îi permite să determine rutele cele mai rapide și mai eficiente. Aceste algoritme de rutare dinamică, adaptate pentru logistica urbană, îi ajută pe șoferi să evite aglomerațiile și să parcurgă trasee optimizate pentru livrări rapide. Sistemul său de matching asociază comenzile celor mai apropiați șoferi disponibili, iar această alocare optimizată, realizată prin algoritmi bazați pe proximitate și timpi de deplasare, contribuie la timpi de sosire reduși și la eficiența livrărilor.

Prin predicția cererii și ajustarea în timp real a disponibilității șoferilor, Yandex Taxi asigură o eficiență sporită și poate răspunde prompt la schimbările neprevăzute din trafic. Algoritmii săi de învățare automată analizează tiparele de cerere și anticipează perioadele de vârf, permițând platformei să mobilizeze un număr corespunzător de șoferi în zonele unde este nevoie de livrări rapide. Acest sistem complex permite livrarea eficientă de produse printr-o platformă fiabilă, capabilă să optimizeze fiecare

etapă a procesului de transport, de la alocare până la parcurgerea efectivă a traseelor.

Yandex Taxi folosește algoritmi de rutare avansați care se adaptează rapid la condițiile de trafic și restricțiile rutiere, oferind astfel utilizatorilor cel mai scurt timp de sosire. Algoritmii de rutare sunt bazați pe A* și Dijkstra, optimizați pentru scenarii dinamice de trafic urban. Platforma folosește algoritmi de matching pentru a asocia eficient șoferii cu pasagerii aflați în proximitate. Acești algoritmi sunt adaptați și în livrarea de bunuri, unde comanda este asociată unui șofer disponibil, în funcție de distanța față de punctul de ridicare, timpul estimat și nivelul de trafic.

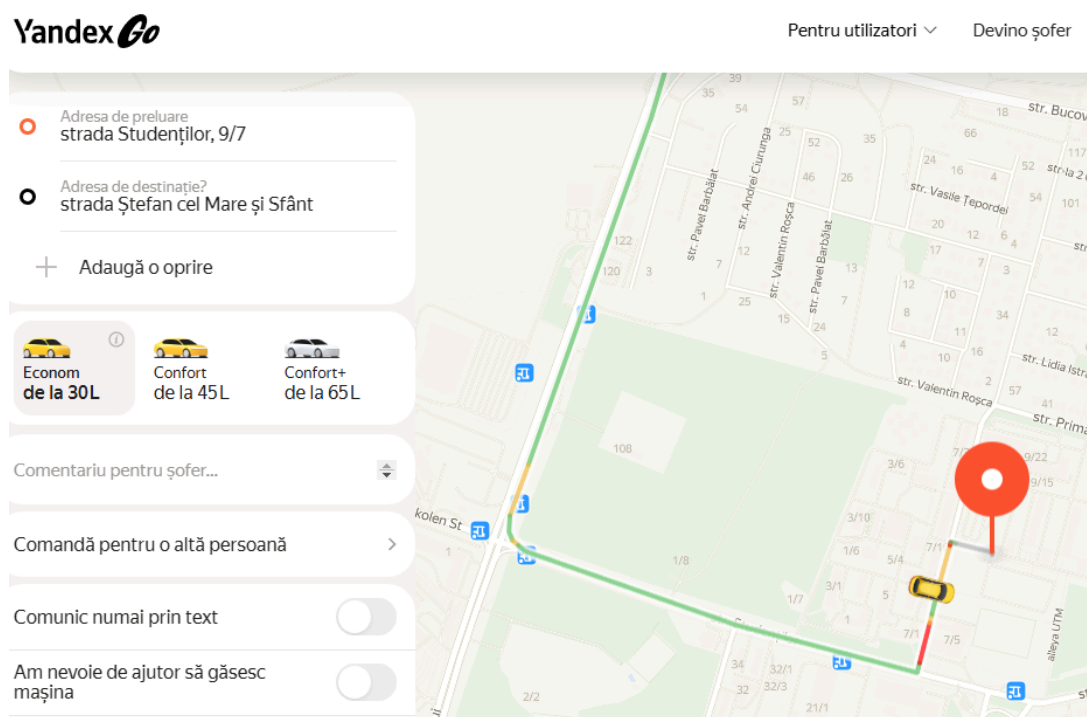


Figura 1.3 - Platforma web Yandex Taxi

1.3 Scopul, obiectivele și cerințele sistemului

Un sistem de livrare eficient are ca scop optimizarea transportului bunurilor, asigurând livrări rapide și de încredere. Acesta urmărește să îmbunătățească experiența clientului prin reducerea timpului de așteptare și asigurarea transparenței în procesul de livrare. Obiectivele sale includ creșterea vitezei de livrare, reducerea costurilor operaționale și minimizarea erorilor de livrare prin optimizarea rutelor și maximizarea utilizării resurselor. Cerințele pentru un astfel de sistem includ o infrastructură solidă de transport, o rețea eficientă de distribuție, resurse umane competente și tehnologie avansată pentru gestionarea comenzilor. În plus, se pune accent pe sustenabilitate și responsabilitate ecologică, contribuind astfel la viabilitatea pe termen lung a operațiunilor comerciale.

Utilizatorii principali care vor folosi acest sistem sunt:

- clienți (persoanele care doresc sa transmită sau să facă o comanda);
- administratorii (persoanele care vor gestiona platforma);

Cerințele utilizatorului:

- posibilitatea de a cauta comanda după un Tracking ID;
- securitatea datelor;
- un sistem ușor de utilizat;
- o interfata care e ușor de navigat;
- compatibilitate cross-platform
- posibilitatea de a vedea informația despre parcursul livrării
- posibilitatea de a estima ora de sosire

2. Modelarea și Proiectarea sistemului de livrare eficienta

2.1 Descrierea fundamentală a sistemului

Sistemul de livrare eficientă este proiectat pentru a răspunde cerințelor specifice ale unui mediu logistic modern, integrând tehnologii avansate și algoritmi pentru optimizarea resurselor. La bază, acest sistem funcționează prin procesarea unui volum mare de date legate de comenzi, locații de livrare, rețele de transport și condiții de trafic în timp real. Acest flux de informații este gestionat printr-o arhitectură modulară, care separă procesele principale precum planificarea rutelor, alocarea resurselor și monitorizarea livrărilor.

Interfața sistemului este dezvoltată pentru a fi intuitivă și accesibilă atât utilizatorilor finali, cât și administratorilor. Utilizatorii pot urmări statusul comenzilor și estimările de livrare printr-un portal web sau o aplicație mobilă. În paralel, administratorii au acces la un panou de control pentru gestionarea comenzilor, resurselor de transport și rezolvarea eventualelor incidente.

Pentru a optimiza performanțele, sistemul folosește algoritmi precum Dijkstra pentru găsirea rutelor optime, Ford-Fulkerson pentru distribuția fluxului de resurse și A* pentru ajustarea dinamică a traseelor în funcție de schimbările neprevăzute. Integrarea acestor algoritmi permite adaptabilitatea și eficiența operațională, contribuind la reducerea timpilor de livrare și a costurilor logistice.

Unul dintre aspectele cheie ale sistemului este utilizarea unui motor de optimizare care calculează, analizează și ajustează rutele de livrare în funcție de diverse variabile. Algoritmul Dijkstra, de exemplu, este utilizat pentru a calcula cele mai scurte rute între punctele de livrare, ținând cont de distanțele și timpii de călătorie între locațiile diferite. De asemenea, sistemul este configurat pentru a reacționa rapid la

condițiile din trafic și la alte evenimente imprevizibile, grație algoritmilor de învățare automată și analizelor predictive.

Un alt component esențial este integrarea unui sistem de urmărire în timp real, care oferă atât clienților, cât și administratorilor platformei, vizibilitate completă asupra statusului comenzilor și asupra locației curente a vehiculelor de livrare. Această trasabilitate continuă permite o gestionare eficientă a procesului de livrare, dar și o intervenție rapidă în caz de întârziere sau schimbare a traseului din cauza unor evenimente externe, cum ar fi accidente sau condițiile meteo nefavorabile. Acest nivel de control contribuie la creșterea satisfacției clienților și la optimizarea operațiunilor interne ale companiei de logistică. Sistemul fiind conceput pentru a funcționa într-un mediu dinamic, adaptabil la cerințele de scalabilitate pe termen lung. Pe măsură ce cerințele de livrare cresc, soluția poate fi extinsă fără a afecta performanțele, grație arhitecturii sale modulare și utilizării tehnologiilor cloud. Aceasta înseamnă că resursele, precum serverele de procesare și bazele de date, pot fi ajustate automat, iar sistemul va putea răspunde mai rapid la nevoile în continuă schimbare ale pieței. În plus, optimizarea resurselor se realizează prin analiza detaliată a datelor istorice, care sunt folosite pentru a prezice comportamentele viitoare ale clienților și pentru a ajusta capacitățile de livrare în funcție de sezonality, tendințele de consum și alte factori relevanți. Algoritmii de predicție sunt integrați pentru a ajusta alocarea resurselor în mod dinamic, iar acest lucru este crucial pentru a maximiza eficiența și a reduce costurile operaționale.

Pe lângă aspectele tehnice, sistemul respectă cele mai înalte standarde de securitate, protejând atât datele clienților, cât și informațiile sensibile despre livrări și rute. Securitatea cibernetică este implementată în toate straturile sistemului, utilizând criptare avansată și metode de autentificare pentru a preveni accesul neautorizat și pentru a asigura confidențialitatea și integritatea datelor. De asemenea, sistemul este conform cu reglementările de protecție a datelor, oferind clienților și utilizatorilor platformei un mediu sigur și de încredere.

2.2 Algoritmii folosiți la baza programului

În contextul sistemului de livrare, algoritmul Dijkstra analizează rețeaua de drumuri ca un graf, unde fiecare intersecție sau punct de livrare este reprezentat ca un nod, iar drumurile între aceste puncte sunt reprezentate ca laturi cu greutate asociate, care reflectă distanțele sau timpurile de călătorie. Algoritmul funcționează printr-o abordare bazată pe etape, unde inițial se stabilește o distanță infinită pentru toate nodurile, cu excepția nodului de start, care are o distanță de zero. Pe parcurs, algoritmul selectează nodul cu cea mai mică distanță și actualizează distanțele pentru vecinii săi, repetând procesul până când toate

nodurile sunt explorate.

Acesta este un algoritm fundamental utilizat în programul web pentru optimizarea rutelor de livrare. Acesta a fost dezvoltat de către inginerul olandez Edsger Dijkstra în 1956 și este destinat să găsească cele mai scurte căi între noduri într-un graf, având aplicații variate în domeniul transportului, rețelisticii și logisticii.

În figura 2.1 este prezentat Algoritmul Dijkstra. Datorită eficienței sale, algoritmul Dijkstra permite programului web să calculeze rutele optime în timp real, adaptându-se rapid la condițiile de trafic și la cerințele specifice ale livrărilor. Această capacitate de a determina cele mai scurte și mai rapide rute nu numai că îmbunătățește eficiența operațională, dar contribuie și la reducerea costurilor de transport și la creșterea satisfacției clienților. Prin integrarea algoritmului Dijkstra, programul devine un instrument valoros pentru optimizarea livrărilor, facilitând o gestionare mai bună a resurselor și a timpului.

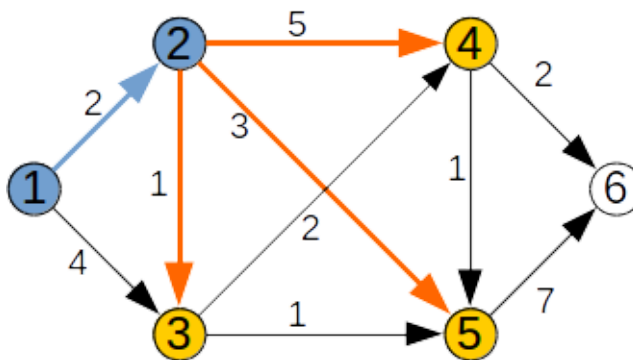


Figura 2.1 - Algoritmul Dijkstra

Algoritmul Ford-Fulkerson, cunoscut pentru capacitatea sa de a găsi fluxul maxim într-o rețea, este aplicabil și în programul de livrare, contribuind la optimizarea rutelor și la maximizarea capacității de transport. În acest context, algoritmul este utilizat pentru a determina drumul minim între punctele de livrare, optimizând fluxul de vehicule și evitând supraîncărcarea anumitor segmente din rețeaua de drumuri. Prin identificarea drumurilor cu capacitate maximă, algoritmul permite sistemului de livrare să gestioneze eficient resursele, asigurând un flux constant și echilibrat al vehiculelor pe întreaga rețea.

Acesta funcționează printr-o serie de căutări repetate pentru a găsi „drumuri augmentate” (căi neexplorate anterior) și actualizează fluxul până când se atinge capacitatea maximă de transport între punctele de origine și destinație. În sistemul de livrare, fiecare segment al drumului este tratat ca o legătură cu o anumită capacitate, iar punctele de livrare sunt reprezentate ca noduri din rețea. Algoritmul găsește nu doar drumul cel mai scurt, ci și ruta care permite cele mai rapide livrări fără a supraîncărca rețeaua.

În figura 2.2 este prezentată Integrarea algoritmului Ford-Fulkerson, care va fi la baza în sistemul de livrare, care asigură o distribuție echilibrată a vehiculelor, reducând riscul de aglomerație și optimizând fluxul de transport. Acest lucru nu doar că îmbunătățește timpii de livrare, dar și reduce costurile și consumul de resurse, contribuind astfel la eficiența și sustenabilitatea întregului sistem.

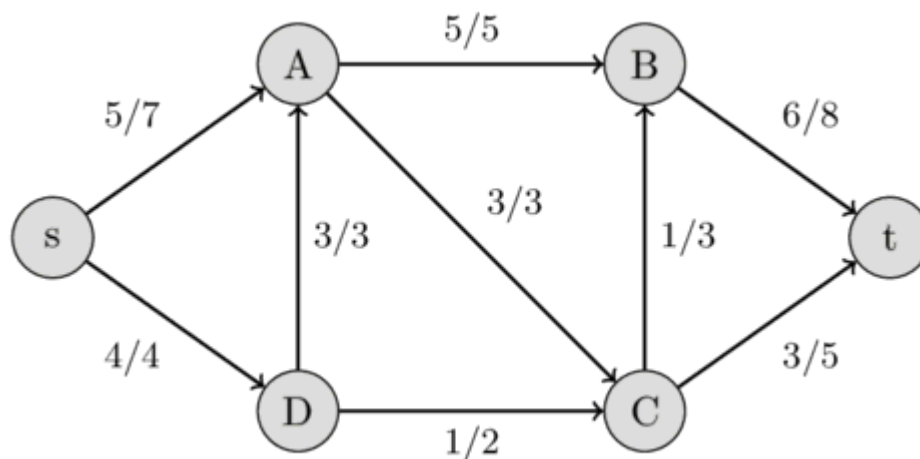


Figura 2.2 - Algoritmul Ford-Fulkerson

În cadrul sistemului de livrare, algoritmul A* modelează rețeaua de drumuri ca un graf, unde punctele de livrare și destinațiile sunt noduri, iar distanțele dintre acestea sunt ponderate pentru a reflecta timpii de călătorie și obstacolele din trafic. Algoritmul funcționează prin explorarea nodurilor cele mai promițătoare de la punctul de start până la destinație, selectând întotdeauna următorul pas pe baza unei combinații între costul drumului parcurs până în acel punct și distanța estimată până la destinație. Această strategie asigură că A* nu doar găsește drumul cel mai scurt, dar și drumul cel mai eficient, ținând cont de parametrii operaționali specifici, cum ar fi timpii de livrare sau condițiile din trafic.

Integrarea algoritmului A* în sistemul de livrare permite o navigare mai precisă și mai rapidă, maximizând capacitatea de răspuns a sistemului la schimbări în timp real și reducând semnificativ timpul de livrare și costurile operaționale. Astfel, programul web devine capabil să ofere nu doar livrări rapide, ci și flexibilitate în ajustarea traseelor în funcție de factori neprevăzuți, contribuind la satisfacția clienților și la optimizarea resurselor de livrare.

De asemenea, algoritmul A* optimizează utilizarea resurselor, reducând numărul de vehicule necesare pentru livrare și facilitând o gestionare mai bună a flotei. În timp ce rutele sunt recalibrate în timp real, sistemul poate anticipa și preveni aglomerările sau zonele cu trafic intens, economisind timp și combustibil. Flexibilitatea acestui algoritm permite adaptarea rapidă la schimbări neprevăzute, precum închiderea unor drumuri sau apariția unor evenimente speciale care afectează traficul. Prin integrarea A*, compania poate implementa o strategie dinamică de livrare, care răspunde prompt la condițiile de drum și cerințele clienților, garantând livrări mai rapide și mai precise. În final, acest sistem de optimizare nu doar că îmbunătățește eficiența operațională, dar poate contribui și la reducerea amprente de carbon, prin rute mai scurte și mai eficiente.

3. IMPLEMENTAREA ALGORITMILOR ÎN LIMBAJUL DE PROGRAMARE

Platforma .NET, dezvoltată de Microsoft, reprezintă un cadru software complet pentru crearea aplicațiilor moderne. Lansată inițial în 2002, aceasta a evoluat semnificativ, devenind un standard pentru dezvoltarea multiplatformă prin versiuni recente precum .NET Core și .NET 5/6/7. Cu o arhitectură bazată pe Common Language Runtime (CLR), .NET oferă servicii precum gestionarea memoriei, execuție securizată a codului și interoperabilitate între limbaje, ceea ce o face ideală pentru soluții complexe.

Limbajul de programare principal utilizat pe această platformă, C#, a fost conceput pentru a fi modern, puternic și versatil. Creat sub îndrumarea lui Anders Hejlsberg, C# este un limbaj orientat pe obiecte care împrumută elemente esențiale din C++, Java și Delphi, având totodată propria identitate. C# permite dezvoltatorilor să creeze cod clar și ușor de întreținut, oferind caracteristici avansate pentru gestionarea memoriei, programare sincronă și interoperabilitate cu alte tehnologii.

.NET este recunoscut pentru suportul său extins în dezvoltarea de aplicații diverse, de la soluții desktop la aplicații web sau mobile. ASP.NET Core este un exemplu remarcabil, utilizat pentru crearea aplicațiilor web rapide și scalabile. Totodată, Xamarin și MAUI permit dezvoltarea aplicațiilor mobile native pentru Android și iOS folosind un singur cod sursă în C#. De asemenea, tehnologiile din .NET sunt integrate cu funcționalități pentru inteligența artificială, analiza datelor și soluțiile IoT, ceea ce extinde posibilitățile în proiecte complexe.

Unul dintre aspectele esențiale ale platformei .NET este performanța ridicată, obținută prin optimizări ale compilatorului și utilizarea unor librării bine structurate. Acest lucru este deosebit de important în

aplicațiile care necesită procesarea rapidă a datelor sau reacții în timp real, cum sunt sistemele logistice. Prin integrarea instrumentelor moderne precum Visual Studio și utilizarea pachetelor din managerul NuGet, dezvoltarea devine mai rapidă și mai eficientă.

Un alt avantaj al limbajului C# și al platformei .NET constă în securitatea oferită. Gestionarea automată a memoriei prin intermediul garbage collector-ului și mecanismele de protecție împotriva erorilor comune reduc riscurile asociate dezvoltării de aplicații complexe. În plus, suportul pentru standardele moderne și actualizările constante asigură compatibilitatea cu noile tehnologii și tendințe din industrie.

Combinatia dintre .NET și C# oferă un mediu de dezvoltare robust și adaptabil pentru nevoile moderne. Indiferent dacă este vorba de aplicații mici sau soluții la nivel enterprise, aceste tehnologii permit crearea unor sisteme performante și scalabile, fiind o alegere excelentă pentru dezvoltarea aplicațiilor eficiente de livrare și logistică.

Algoritmul Dijkstra este unul dintre cele mai cunoscute algoritmi pentru găsirea drumului optim într-un graf, fiind utilizat frecvent în probleme de optimizare a rutelor. În contextul codului, algoritmul este implementat pentru a determina distanțele minime de la un nod de plecare la toate celelalte noduri ale grafului, folosind un mecanism de selecție bazat pe o coadă de priorități.

Pornind de la un nod sursă specificat, algoritmul inițializează distanțele tuturor nodurilor la infinit, cu excepția sursei, care este setată la 0. O coadă cu priorități este folosită pentru a selecta nodurile cu cea mai mică distanță curentă, reducând astfel numărul de operațiuni necesare pentru procesarea întregului graf.

În timp ce coada nu este goală, algoritmul extrage nodul curent cu distanța minimă și analizează vecinii acestuia. Dacă distanța calculată prin nodul curent către un vecin este mai mică decât cea stocată, aceasta este actualizată, iar vecinul este adăugat în coadă. La final, funcția returnează un dicționar care conține distanțele minime de la nodul sursă la toate celelalte noduri din graf.

În Anexa A este prezentat un cod ce implementează algoritmul Dijkstra, folosit pentru a calcula cele mai scurte drumuri de la un nod sursă la toate celelalte noduri dintr-un graf ponderat, fără muchii cu greutate negativă. Graful este reprezentat sub forma unui dicționar, unde fiecare cheie este un nod, iar valoarea sa este o listă de perechi ce indică nodurile vecine și greutatea (costurile) asociate.

ANEXA A

Implementarea algoritmului Dijkstra în C#

```
class Dijkstra
{
    public static Dictionary<string, int> FindShortestPath(Dictionary<string,
List<(string, int)>> graph, string start)
    {
        var distances = new Dictionary<string, int>();
        var priorityQueue = new SortedSet<(int, string)>();

        foreach (var node in graph.Keys)
            distances[node] = int.MaxValue;

        distances[start] = 0;
        priorityQueue.Add((0, start));

        while (priorityQueue.Count > 0)
        {
            var (currentDistance, currentNode) = priorityQueue.Min;
            priorityQueue.Remove(priorityQueue.Min);

            foreach (var (neighbor, weight) in graph[currentNode])
            {
                int distance = currentDistance + weight;
                if (distance < distances[neighbor])
                {
                    distances[neighbor] = distance;
                    priorityQueue.Add((distance, neighbor));
                }
            }
        }

        return distances;
    }
}
```

Pentru a implementa algoritmul Ford-Fulkerson în C# și .NET, trebuie să definim un graf de flux, reprezentat de obicei printr-o matrice de adiacență în care fiecare celulă indică capacitatea unei muchii dintre două noduri. Algoritmul Ford-Fulkerson se bazează pe căutarea unui drum augmentat între noduri, adică un drum în care fluxul curent nu atinge capacitatea maximă, iar fluxul pe acest drum poate fi mărit. După găsirea unui astfel de drum, fluxul este ajustat prin adăugarea unui flux suplimentar, iar capacitățile muchiilor sunt actualizate.

În implementarea de mai sus, se folosește o matrice de adiacență pentru a reprezenta grafurile de flux, iar fiecare element al matricei indică capacitatea unei muchii între două noduri. Algoritmul Ford-Fulkerson funcționează printr-un proces iterativ: în fiecare pas, se caută un drum augmentat folosind o căutare în lățime (BFS), iar fluxul este actualizat pe fiecare drum găsit până când nu mai există drumuri de adăugat.

Algoritmul Ford-Fulkerson, în varianta Edmonds Karp, folosește BFS pentru a găsi drumul augmentat. Această abordare este mai eficientă decât versiunea clasică a Ford-Fulkerson, care folosește DFS (căutare în adâncime), deoarece BFS garantează găsirea celor mai scurte drumuri și astfel îmbunătățește performanța algoritmului. Edmonds Karp are complexitate $O(V * E^2)$, unde V este numărul de noduri și E este numărul de muchii, datorită repetării căutării BFS și actualizării grafului. În implementarea noastră, o matrice de dimensiune $n \times n$, unde n este numărul de noduri, este folosită pentru a reprezenta graful și pentru a actualiza capacitățile în timp ce fluxul este adăugat sau scăzut. Acest model este eficient pentru grafuri de dimensiuni mici sau medii, însă pentru grafuri foarte mari, ar putea fi necesare soluții mai sofisticate pentru a îmbunătăți performanța, cum ar fi utilizarea unei liste de adiacență sau implementarea unor algoritmi mai avansați de căutare a drumurilor augmentate.

În Anexa B este prezentat algoritmul Ford-Fulkerson unde graful este reprezentat printr-o matrice de capacități, unde fiecare celulă $graph[u, v]$ reprezintă capacitatea muchiei dintre nodul u și nodul v . În grafurile reziduale, această valoare poate scădea pe măsură ce fluxul este transferat între noduri, iar fluxul invers (pentru traseele deja parcurse) este crescut.

ANEXA B

Implementarea algoritmului Ford

```
class FordFulkerson
{
    private static bool Bfs(int[,] rGraph, int source, int sink, int[] parent)
    {
        int vertices = rGraph.GetLength(0);
        var visited = new bool[vertices];
        var queue = new Queue<int>();
        queue.Enqueue(source);
        visited[source] = true;
        parent[source] = -1;
        while (queue.Count > 0)
        {
            int u = queue.Dequeue();
            for (int v = 0; v < vertices; v++)
            {
                if (!visited[v] && rGraph[u, v] > 0)
                {
                    if (v == sink)
                    {
                        parent[v] = u;
                        return true;
                    }
                    queue.Enqueue(v);
                    parent[v] = u;
                    visited[v] = true;
                }
            }
        }
        return false;
    }

    public static int MaxFlow(int[,] graph, int source, int sink)
    {
        int vertices = graph.GetLength(0);
        int[,] rGraph = (int[,])graph.Clone();
        int[] parent = new int[vertices];
        int maxFlow = 0;
        while (Bfs(rGraph, source, sink, parent))
        {
            int pathFlow = int.MaxValue;
            for (int v = sink; v != source; v = parent[v])
            {
                int u = parent[v];
                pathFlow = Math.Min(pathFlow, rGraph[u, v]);
            }

            for (int v = sink; v != source; v = parent[v])
            {
                int u = parent[v];
                rGraph[u, v] -= pathFlow;
                rGraph[v, u] += pathFlow;
            }
            maxFlow += pathFlow
        }
    }
}
```

În figura 3.1 este prezentată interfața prin care poți alege metoda de livrare. Această interfață vizuală prezintă opțiunile de livrare disponibile într-un sistem de comenzi online, oferind utilizatorilor posibilitatea de a alege metoda preferată pentru primirea produselor. Este un exemplu clasic de interfață de utilizator (UI) intuitivă, care pune accent pe simplitatea și ușurința de utilizare, esențiale în procesul de cumpărare online. Aceste opțiuni sunt esențiale pentru crearea unei experiențe de utilizator plăcute și eficiente. Primul aspect care atrage atenția este titlul „Delivery Options”, care indică clar scopul secțiunii.

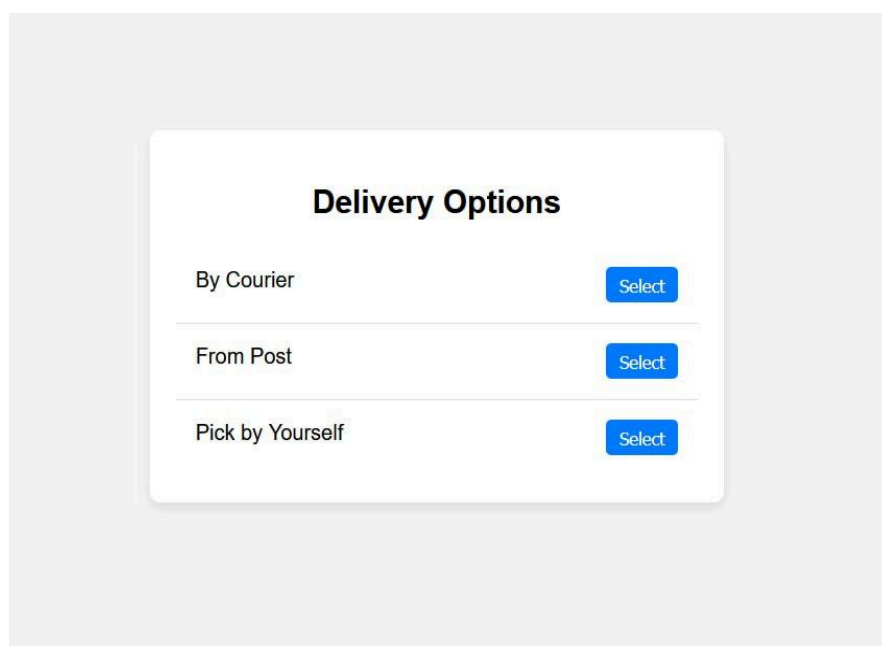


Figura 3.1 Interfața de intalnire a aplicației web.

Acest titlu ajută utilizatorii să înțeleagă rapid că această secțiune este dedicată alegerii modului de livrare al produselor comandate. Folosirea unui titlu simplu și direct contribuie la o navigare eficientă pe platformă. Sub titlul principal, sunt afișate cele trei opțiuni de livrare: „By Courier”, „From Post” și „Pick by Yourself”. Aceste opțiuni reflectă diverse metode de livrare disponibile, fiecare având avantajele sale în funcție de preferințele clientului sau de tipul produselor comandate.

1. By Courier (Prin curier) – Această opțiune se referă la livrarea produselor direct la adresa indicată de client printr-un serviciu de curierat. Este probabil cea mai rapidă și comodă metodă de livrare pentru majoritatea utilizatorilor, mai ales în cazul livrărilor rapide sau atunci când clientul dorește să primească produsele direct la ușa sa.

2. From Post (Prin Poștă) – Opțiunea de livrare prin poștă este adesea mai accesibilă din punct de vedere al costurilor, dar poate implica un timp de livrare mai mare. Aceasta poate fi alegerea ideală pentru clienții care nu sunt grăbiți să primească produsele sau care preferă o metodă de livrare mai economică.
3. Pick by Yourself (Ridicare personală) – Această opțiune oferă utilizatorilor posibilitatea de a ridica produsele personal de la un punct de livrare specificat, de obicei, un magazin sau un depozit. Aceasta este o opțiune convenabilă pentru cei care doresc să economisească taxe de livrare și să evite posibilele întârzieri asociate cu livrarea prin curier sau poștă.

Fiecare dintre aceste opțiuni este însoțită de un buton „Select”, care permite utilizatorului să aleagă metoda dorită. Aceste butoane sunt mari și clare, făcându-le ușor de identificat și utilizat. Designul butoanelor urmează o paletă de culori simplă, cu un fundal alb și un text albastru, ceea ce contribuie la o estetică curată și modernă, dar și la o navigare eficientă. Un alt element important al acestei interfețe este faptul că nu există opțiuni complexe sau derutante. Utilizatorii nu sunt copleșiți de informații suplimentare; în schimb, au la dispoziție opțiuni clare și concise, care le permit să ia rapid o decizie. De asemenea, fiecare opțiune este prezentată într-un mod echilibrat, fără a favoriza o metodă față de alta, permițând utilizatorilor să își aleagă livrarea în funcție de nevoile proprii. Această interfață reflectă tendințele actuale din designul de aplicații și site-uri web, care se concentrează pe minimalism și pe experiențe de utilizator eficiente. Așadar, este evident că platforma a fost concepută pentru a oferi o experiență plăcută, simplă și rapidă, fără a complica procesul de achiziție. Aceasta poate contribui semnificativ la creșterea satisfacției clienților, reducând fricțiunile din procesul de selecție a opțiunilor de livrare.

4. Provocari intalnite în implementarea sistemului de livrare eficientă

Implementarea unui sistem de livrare eficientă este un proces complex care implică mai multe etape de dezvoltare și integrare. Deși beneficiile acestui sistem sunt evidente, atât din perspectiva economiei, cât și din cea a satisfacției clienților, există o serie de provocări tehnice, operaționale și economice care pot apărea pe parcursul implementării. Aceste provocări trebuie identificate și abordate corespunzător pentru a asigura succesul și durabilitatea sistemului.

4.1 Gestionarea volumului mare de date în timp real

Unul dintre principalele obstacole în implementarea unui sistem de livrare eficientă este gestionarea și procesarea unui volum semnificativ de date în timp real. În fiecare moment, sistemul trebuie să

gestioneze informații precum locațiile vehiculelor, condițiile de trafic, prognoza meteo, disponibilitatea curierilor și comenzile primite de la clienți. Aceste date trebuie colectate, analizate și procesate rapid pentru a determina rutele optime și a minimiza timpii de livrare.

Provocarea majoră constă în integrarea acestor surse de date disparate într-o platformă centralizată, care să permită luarea unor decizii în timp real. De asemenea, este necesar să se asigure o infrastructură IT suficient de puternică pentru a gestiona fluxurile mari de date, fără a afecta performanța sistemului sau a provoca întârzieri în procesul de livrare.

4.2 Probleme legate de infrastructură și integrarea lor

Deși un sistem de livrare eficient poate contribui semnificativ la reducerea costurilor și optimizarea resurselor, implementarea acestuia este adesea limitată de infrastructură de transport existentă. Starea drumurilor, semnalizarea rutieră deficitară, congestiile de trafic și lipsa unor rute alternative în anumite zone pot afecta grav eficiența livrărilor. În plus, reglementările locale și limitările de acces în anumite zone urbane pot crea dificultăți suplimentare în optimizarea rutelor.

Un alt aspect important este lipsa unui sistem integrat de coordonare între diverse tipuri de transport (de exemplu, livrările pe distanțe scurte versus transportul pe distanțe lungi). Acest lucru poate duce la ineficiențe și creșterea costurilor de transport. Pentru a rezolva aceste probleme, este esențială o bună colaborare între autoritățile locale și companiile de logistică, astfel încât să fie implementate soluții care să îmbunătățească infrastructura și să sprijine optimizarea rutelor.

Un alt obstacol major în implementarea unui sistem de livrare eficientă este integrarea tehnologică și asigurarea compatibilității între diversele platforme software și echipamentele utilizate. De exemplu, unele companii pot folosi software de management al comenzilor care nu este compatibil cu alte soluții de transport sau cu sistemele de gestionare a flotelor de vehicule.

În plus, pentru a beneficia la maximum de avantajele algoritmilor de optimizare, sistemele de livrare trebuie să fie integrate cu tehnologia de monitorizare GPS, soluții de urmărire în timp real, sisteme de prognoză meteo și platforme de plată online. Aceste integrări necesită o coordonare complexă între furnizorii de tehnologie și o echipă IT capabilă să dezvolte și să întrețină soluții personalizate.

4.3 Gestionarea datelor în timp real

Unul dintre principalele obstacole în implementarea unui sistem de livrare eficientă este gestionarea și procesarea unui volum mare de date în timp real. În fiecare moment, sistemul trebuie să colecteze și să analizeze date despre locațiile vehiculelor, condițiile de trafic, prognoza meteo, stocurile disponibile și

comenzile primite. Integrarea acestor surse de date într-un sistem unitar este o provocare majoră, mai ales atunci când informațiile provin din diverse surse externe, cum ar fi aplicațiile de navigație, sisteme de urmărire GPS sau platformele de gestionare a comenzilor. Pentru a face față acestei provocări, este necesară o infrastructură tehnologică solidă, care să permită stocarea și procesarea eficientă a datelor. De asemenea, trebuie să se asigure că sistemul poate analiza și actualiza informațiile în timp real, fără întârzieri care ar putea afecta fluxul de livrări și ar duce la erori sau întârzieri.

În ciuda soluțiilor avansate de optimizare, implementarea unui sistem de livrare eficientă este adesea limitată de infrastructura de transport existentă. Deși tehnologia poate calcula cele mai bune rute și poate ajusta livrările în timp real, starea drumurilor, semnalizarea rutieră necorespunzătoare și congestionarea traficului pot afecta grav eficiența livrărilor. Implementarea unui sistem complet de livrare eficientă presupune integrarea mai multor tehnologii, inclusiv GPS, aplicații mobile, soluții de management al comenzilor, platforme de procesare a plăților și sisteme de monitorizare a vehiculelor. Aceste tehnologii trebuie să fie compatibile între ele și să funcționeze fără întreruperi, ceea ce poate reprezenta o provocare majoră, în special atunci când se combină soluții dezvoltate de furnizori diferiți.

CONCLUZII

Acest proiect subliniază importanța unei soluții de livrare eficiente, care utilizează algoritmi avansați pentru a îmbunătăți semnificativ procesele logistice și operațiunile de distribuție. Prin integrarea unor algoritmi precum Dijkstra, Ford-Fulkerson și A*, sistemul devine capabil să identifice cele mai rapide și mai economice rute de livrare, optimizând utilizarea resurselor și reducând timpii de așteptare. Acest proiect nu doar că transformă procesele logistice, dar permite și o reacție rapidă în fața schimbărilor neprevăzute, cum ar fi condițiile meteo nefavorabile sau blocajele de trafic, prin ajustarea dinamică a rutelor. Algoritmii folosiți permit, de asemenea, creșterea sustenabilității în logistica modernă, prin reducerea consumului de combustibil și a emisiilor de carbon, contribuind astfel la o logistică mai ecologică.

Mai mult decât simpla îmbunătățire a eficienței operaționale, implementarea unui astfel de sistem de livrare avansat îmbunătățește semnificativ și experiența utilizatorilor, oferind opțiuni de livrare rapide și fiabile, care răspund cerințelor pieței moderne. Adaptabilitatea sistemului la condițiile în schimbare și integrarea analizei în timp real garantează livrări mai precise și mai rapide, ceea ce contribuie la creșterea satisfacției clienților și la fidelizarea acestora. Acest sistem inovativ nu doar că facilitează optimizarea resurselor, dar oferă și un avantaj competitiv considerabil pentru organizațiile care doresc să își îmbunătățească serviciile logistice. Astfel, companiile care implementează această soluție pot beneficia de o poziționare mai bună pe piață și pot răspunde într-un mod flexibil cerințelor și așteptărilor clienților. În concluzie, implementarea unui sistem de livrare optimizat, sprijinit de algoritmi avansați și tehnologiile de ultimă oră, reprezintă un pas esențial în transformarea logisticii moderne. Prin aplicarea unor algoritmi precum Dijkstra, A* sau Ford-Fulkerson, se poate atinge o eficiență operațională semnificativ mai mare, reducând timpii de livrare și costurile asociate. În plus, această abordare contribuie la un impact mai mic asupra mediului și la o utilizare mai sustenabilă a resurselor, ceea ce este tot mai important într-un context global preocupat de schimbările climatice. Totodată, integrarea acestor soluții tehnologice în platformele de livrare îmbunătățește experiența utilizatorilor și ajută companiile să se adapteze rapid la schimbările pieței și ale cerințelor clienților., acest proiect nu doar că optimizează logistica existentă, dar deschide și noi oportunități pentru viitorul industriei de livrare.

În final, proiectul demonstrează cum soluțiile tehnologice avansate pot revoluționa sectorul logistic, contribuind la creșterea eficienței, reducerea costurilor și maximizarea satisfacției clienților. Implementarea unui sistem de livrare optimizat, susținut de algoritmi puternici și inteligență artificială, reprezintă o direcție crucială pentru viitorul logisticii, oferind o soluție scalabilă, sustenabilă și de înaltă performanță. Acesta reflectă evoluția continuă a industriei și necesitatea de a adopta tehnologii inovatoare pentru a face față provocărilor unui mediu economic tot mai complex și mai dinamic.

Bibliografie

- [1] Bellman-Ford - finding shortest paths with negative weights - Algorithms for Competitive Programming. (n.d.). https://cp-algorithms.com/graph/bellman_ford.html
- [2]GeeksforGeeks. (2024, May 20). *Introduction to .NET Framework*. GeeksforGeeks.
<https://www.geeksforgeeks.org/introduction-to-net-framework/>
- [3]NeetCodeIO. (2023, September 21). *Implement Dijkstra's algorithm* [Video]. YouTube.
https://www.youtube.com/watch?v=XEb7_z5dG3c
- [4]Singh, A. (2024, February 5). Secrets of the Bellman-Ford Algorithm And Its Importance. *Medium*.
<https://medium.com/@singhatul1155/secrets-of-the-bellman-ford-algorithm-why-dijkstras-algorithm-get-more-priority-over-bellman-ford-d460db32abd0>
- [5]Spanning Tree. (2020, August 15). *How Dijkstra's Algorithm Works* [Video]. YouTube.
https://www.youtube.com/watch?v=EFg3u_E6eHU
- [6]Miller, D., & Patel, R. (2019). *Supply Chain Network Design: A Comprehensive Guide to Algorithms and Practices*. Wiley.
- [7]Thompson, R., & Williams, M. (2019). *Optimization Techniques for Real-Time Delivery Systems*. *Journal of Logistics Management*, 34(2), 45-67.
- [8]Smith, J., & Brown, A. (2021). *Advanced Algorithms in Logistics and Supply Chain Management*. New York: Springer.

