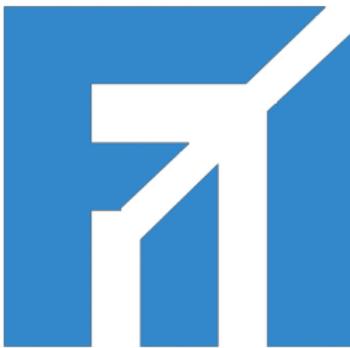


UNIVERSITATEA "ALEXANDRU-IOAN CUZA" DIN IASI

FACULTATEA DE INFORMATICA



LUCRARE DE LICENTA

**Asigurarea mobilității urbane prin utilizarea în
comun a vehiculelor electrice**

propusă de

Emanuel-Așer Cobaschi

Sesiunea: iulie, 2024

Coordonator științific

Lector Dr. Frăsinaru Cristian

UNIVERSITATEA "ALEXANDRU-IOAN CUZA" DIN IASI

FACULTATEA DE INFORMATICA

**Asigurarea mobilității urbane prin
utilizarea în comun a vehiculelor
electrice**

Emanuel-Așer Cobaschi

Sesiunea: iulie, 2024

Coordonator științific

Lector Dr. Frăsinaru Cristian

**Anexa II
Avizat,**

Îndrumător lucrare de licență,

Titlul, numele și prenumele

Lector Dr. Frăsinaru Cristian.

Data:

Semnătura:

Declarație privind autenticitatea conținutului lucrării de licență

Subsemnatul **Cobaschi Emanuel-Așer** domiciliat în **România, jud. Botoșani, mun. Botoșani, aleea Constantin Lordăchescu, nr. 6**, născut la data de **28 iulie 2002**, identificat prin CNP **5020728070080**, absolvent al **Universității "Alexandru-Ioan Cuza" din Iași, Facultatea de informatică** specializarea **informatică**, promoția 2024, declar pe propria răspundere cunoscând consecințele falsului în declarații în sensul art. 326 din Noul Cod Penal și dispozițiile Legii Educației Naționale nr. 1/2011 art. 143 al. 4 și 5 referitoare la plagiat, că lucrarea de licență cu titlul **Asigurarea mobilității urbane prin utilizarea în comun a vehiculelor electrice** elaborată sub îndrumarea domnului **Lector Dr. Frăsinaru Cristian**, este autentică, îmi aparține și îmi asum conținutul său în întregime.

De asemenea, declar că sunt de acord ca lucrarea mea de licență să fie verificată prin orice modalitate legală pentru confirmarea originalității, consumând inclusiv la introducerea conținutului ei într-o bază de date în acest scop. Declar că lucrarea de față are exact același conținut cu lucrarea în format electronic pe care profesorul îndrumător a verificat-o prin intermediul software-ului de detectare a plagiului.

Am luat la cunoștință despre faptul că este interzisă comercializarea de lucrări științifice în vederea facilitării falsificării de către cumpărător a calității de autor al unei lucrări de licență, de diplomă sau de disertație și în acest sens, declar pe proprie răspundere că lucrarea de față nu a fost copiată ci reprezintă rodul cercetării pe care am întreprins-o.

Data:

Semnătura student:

DECLARAȚIE DE CONSUMĂMÂNT

Prin prezenta declar că sunt de acord ca Lucrarea de licență cu titlul **Asigurarea mobilității urbane prin utilizarea în comun a vehiculelor electrice**, codul sursă al programelor și celealte conținuturi (grafice, multimedia, date de test, etc.) care însotesc această lucrare să fie utilizate în cadrul Facultății de informatică.

De asemenea, sunt de acord ca Facultatea de informatică de la Universitatea "Alexandru-Ioan Cuza" din Iași, să utilizeze, modifice, reproducă și să distribuie în scopuri necomerciale programele-calculator, format executabil și sursă, realizate de mine în cadrul prezentei lucrări de licență.

Absolvent **Emanuel-Așer Cobaschi**

Iași, data:

Semnătura:

Cuprins

1 Introducere	2
1.1 Prezentarea problemei	2
1.2 Motivație	2
1.3 Aplicații similare	3
1.4 Diferențe și elemente de originalitate	4
1.5 Tehnologii utilizate	4
2 Specificații funcționale	6
2.1 Descrierea problemei	6
2.2 Fluxuri de lucru	9
3 Arhitectura Sistemului	13
3.1 Schema bazei de date	13
3.2 Explicația tabelelor bazei de date	14
3.3 Arhitectura sistemului	18
4 Implementare și testare	24
4.1 Baza de date	24
4.2 Aplicația server	27
4.3 Aplicația ReactJs pentru <i>Frontend</i>	37
5 Manual de instalare și utilizare	42
5.1 Manual de instalare	42
5.2 Manual de utilizare a modulului de utilizator	43
5.3 Manual de utilizare a modulului de administrator	47
Concluzii	53

Capitolul 1

Introducere

1.1 Prezentarea problemei

Problema studiată în această lucrare este partajarea autovehiculelor electrice, în scopul asigurării accesului la un mijloc de transport rapid, confortabil și ecologic. Vehiculele sunt repartizate prin oraș, în parcări special amenajate. De acolo, utilizatorii le pot închiria și se pot deplasa spre alte zone ale orașului. Este necesar ca mașina să fie lăsată într-o altă parcare, din motive ce țin de securitate și de legislație.

Un aspect principal al problemei îl reprezintă rebalansarea parcărilor, în sensul asigurării unui număr optim de mașini în fiecare parcare, proporțional cu importanța parcării respective. Această importanță este măsurată prin frecvența cu care se închiriază o mașină din parcarea respectivă.

Aplicația folosită de utilizatori trebuie să primească datele de la un server, motiv pentru care este folosit un API web. În cadrul acestei aplicații, există un modul dedicat administratorilor, de unde se realizează și operația de rebalansare a parcărilor.

1.2 Motivație

Am ales această tematică pentru lucrarea de licență deoarece consider că este o aplicație aplicabilă în viața de zi cu zi.

În primul rând, beneficiile asupra utilizatorului sunt multiple: el nu mai trebuie să dețină o mașină, ceea ce înseamnă resurse financiare salvate(RCA, taxe, impozite, costuri de întreținere), dar poate beneficia în continuare de serviciile uneia. Mai mult, economisește timpul necesar căutării unui loc de parcare, deoarece locul său în parca-

rea de destinație va fi rezervat în momentul închirierii.

În al doilea rând, beneficiile aduse societății în ansamblu sunt însemnate. Aici vorbim despre eliminarea noxelor de dioxid de carbon, aplicația utilizând vehicule electrice autonome. De asemenea, parcările publice din oraș sunt gestionate într-un mod mult mai eficient, ceea ce ajută pe toată lumea.

Mai mult, tematica implementării sistemelor de folosire în comun a vehiculelor, cât și relevanța acestora raportat la generația Tânără, este analizată într-unul din articolele referite la bibliografie [EAW13]. Aceasta atestă importanța unor astfel de sisteme raportat la condițiile actuale de trai. Un alt motiv pentru care am ales această temă pentru lucrarea de licență constă în utilizarea unor tehnologii noi, comparativ cu proiectele anterioare de la facultate. Întrucât am un interes personal pentru dezvoltarea aplicațiilor Web folosind tehnologiile Java și React, consider că elaborarea acestei aplicații mă va ajuta să îmi îmbunătățesc cunoștințele în acest domeniu.

1.3 Aplicații similare

Cu toții știm că sistemul de închirie a mijloacelor de transport, fie că vorbim despre biciclete, trotinete sau mașini este în continuă creștere. La nivelul închirierii de mașini, principalele opțiuni de pe piață se împart în două categorii.

În primul rând există deja bine-cunoscutele aplicații de tip Uber și Bolt, prezente în multe țări, printre care și România. Acestea reprezintă varianta modernă a clasicelor taxiuri. Utilizatorul plasează o comandă, iar transportul este realizat de către un șofer, cu propria lui mașină.

Apoi, există platformele specializate pe închiriere de bunuri sau servicii, de tipul OLX, de unde un utilizator poate închiria o mașină pentru o anumită perioadă.

Mai există o aplicație specializată pe transportul pe distanțe mai lungi, numită BlaBlaCar, acolo unde utilizatorii care merg într-o călătorie cu mașina anunță acest lucru, cu scopul găsirii celor care caută transport pe aceeași rută.

O aplicație mai asemănătoare cu cea realizată de mine la nivelul conceptului este Lime, specializată însă în partajarea trotinetelor.

1.4 Diferențe și elemente de originalitate

Aplicația propusă de mine prezintă câteva diferențe față de spectrul de aplicații enunțat anterior.

În primul rând nicio aplicație din cele de mai sus sau asemănătoare cu acestea nu au în evidență lor și un sistem de parcare al mașinilor (sau al resurselor folosite). Se poate pierde mult timp cu căutarea unui loc liber sau există riscul furtului sau vandalizării. Aplicația mea propune un sistem în care locul în parcarea de destinație este rezervat în momentul închirierii unei mașini, în felul acesta evitându-se situațiile neplăcute enunțate anterior.

De asemenea, un alt element de originalitate constă în implementarea unui mecanism de rebalansare a parcărilor. Aceasta presupune determinarea la un moment dat a parcărilor unde este nevoie de mai multe mașini, dar și a celor unde sunt prea multe.

Mecanismul are patru etape:

- determinarea parcărilor implicate cel mai des în curse, pe baza unui istoric
- stabilirea unei ierarhii în sensul acesta
- determinarea numărului maxim de mașini ce pot fi mutate
- redistribuirea în alte parcări a mașinilor ce pot fi mutate, proporțional cu importanța parcărilor respective.

În felul acesta se asigură o utilizare cât mai eficientă a resurselor disponibile.

Nu în ultimul rând, este evident faptul că aplicația propusă de mine nu necesită implicarea unei alte persoane (fie ea șofer). Iar faptul acesta, pus alături de utilizarea unor vehicule electrice, conduce la costuri mai reduse pentru utilizator.

1.5 Tehnologii utilizate

Pentru realizarea acestei aplicații am folosit mai multe tehnologii. Acestea sunt:

- Java, pentru partea de BackEnd. Am ales acest limbaj deoarece permite utilizarea *framework-ului* Spring Boot. Am folosit Spring Boot pentru a realiza serviciile web. De asemenea am folosit librăria Hibernate pentru a avea un acces facil asupra bazei de date. Cu aceste tehnologii am putut obține și salva ușor datele, am putut crea *endpoint-uri*, am putut testa codul.

- React, cu JavaScript pentru partea de FrontEnd.
- API Google Maps[6] pentru a prelua harta orașului și a reprezenta pe hartă pozițiile parcărilor.
- PostgreSQL pentru baza de date.
- Python pentru un script de populare a bazei de date.

Capitolul 2

Specificații funcționale

2.1 Descrierea problemei

Mașinile vor fi amplasate în locuri special amenajate, numite parcări, care sunt distribuite în oraș. Fiecare mașină este dotată cu un sistem *hardware* ce permite deblocarea mașinii numai prin scanarea unui cod QR, generat în urma rezervării. Blocarea mașinii se face în mod automat după finalizarea cursei și validarea locului de parcare.

În scopul realizării lucrării de licență, se vor omite părțile *software* și *hardware* ce țin de mașini. Evitând o abordare cu microcontrolere, ce ar fi un lucru greu realizabil, am omis verificările ce țin de generarea și validarea codurilor QR.

De asemenea, deoarece nu există resurse umane care să se ocupe de mutarea efectivă a mașinilor din depou în vreo stație, sau dintr-o stație în alta, am considerat că redistribuirea vehiculelor, în scopul rebalansării parcărilor, se realizează automat de către server.

Problema abordată în această lucrare constă în realizarea a două aplicații. Prima aplicație este cea de *server* și va fi folosită de a doua. A doua aplicație este una Web și are două module, unul destinat utilizatorilor și unul destinat administratorilor.

Serverul trebuie să poată fi accesat de către a doua aplicație, care este Web, deci trebuie să aibă servicii web.

Cerințele serverului sunt următoarele:

1. Să se poată conecta la baza de date de unde să poată obține, introduce sau actualiza date.
2. Să prezinte *endpoint-uri* nesecurizate, ce vor fi utilizate pentru înregistrare, autentificare, verificarea adresei de email și resetarea parolei.

3. Să prezinte *endpoint-uri* securizate, accesul la ele fiind validat cu ajutorul unui jeton de autentificare. Acest jeton va permite diferențierea între administratori și utilizatori. În felul acesta, o persoană neautentificată nu va putea accesa *endpoint-uri* securizate iar un utilizator nu va putea accesa *endpoint-uri* ale unui administrator.
4. Să poată trimite e-mailuri.
5. Să cripteze datele de conectare la baza de date și la contul de email.
6. Să folosească o funcție *hash* la autentificare.
7. Să aibă teste ce atestă corectitudinea codului.
8. Să aibă *endpoint-urile* necesare pentru îndeplinirea cerințelor celeilalte aplicații.
9. Să implementeze un algoritm de ierarhizare a parcărilor în funcție de frecvența cu care au fost selectate pentru curse, și un alt algoritm pentru redistribuirea mașinilor ce pot fi mutate, conform ierarhizării amintite. În felul acesta, se valo-rifică resursele într-un mod mult mai eficient.

Aplicația Web va facilita utilizarea vehiculelor disponibile, pentru utilizator. Totodată, va permite vizualizarea datelor, a statisticilor și declansarea operației de reba-lansare a parcărilor, pentru administrator.

Cerințele modulului de utilizator sunt următoarele:

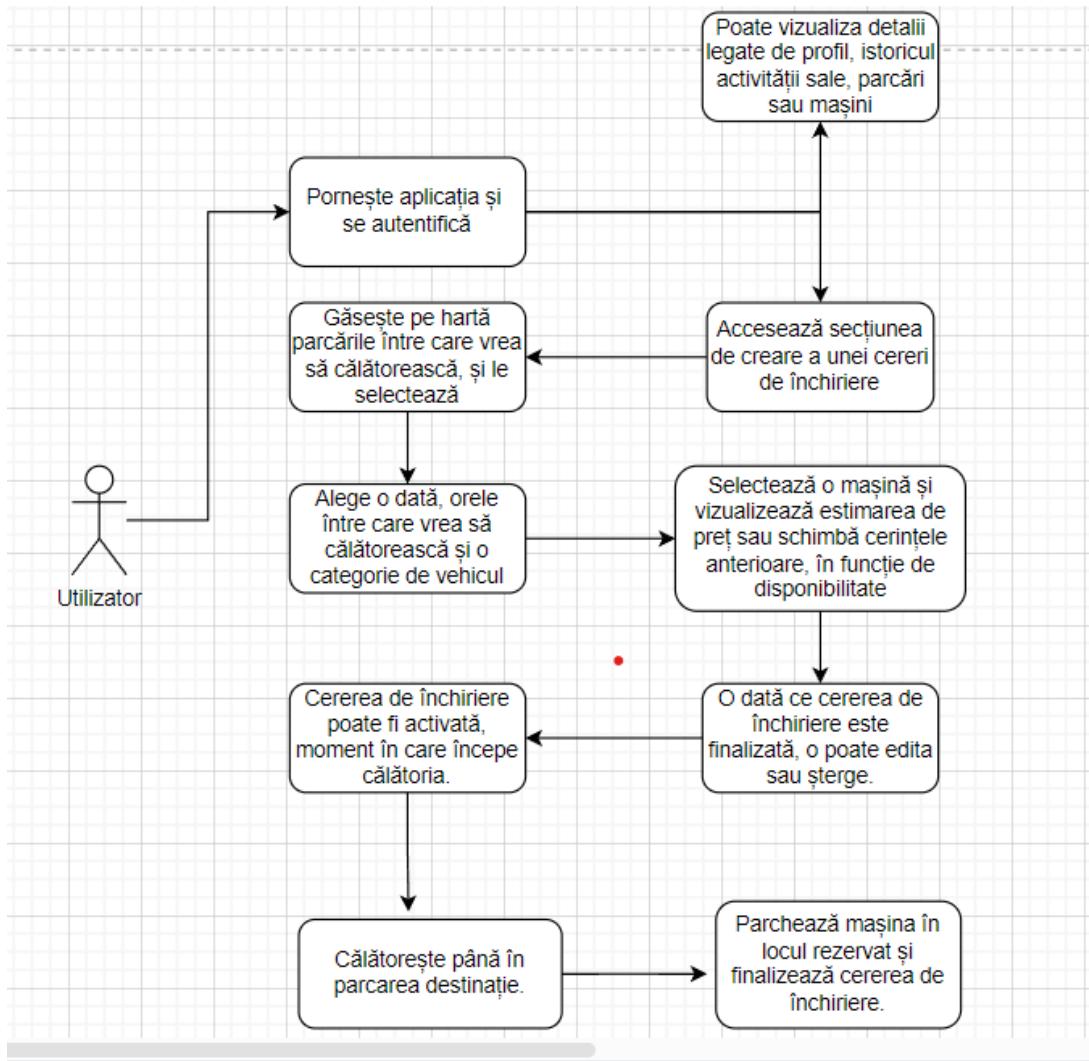
1. Utilizatorul poate să își creeze un cont nou.
2. El trebuie și poate ca înainte de autentificare, să își valideze adresa de e-mail pe baza unui cod de verificare trimis pe adresa introdusă la crearea contului.
3. Se poate autentifica.
4. Își poate vizualiza și edita profilul.
5. Poate vedea și selecta pe hartă parcările.
6. Poate vizualiza lista parcărilor, iar pentru fiecare parcare poate vedea detaliile acesteia, cât și lista mașinilor aflate în acel moment în parcarea respectivă.
7. Poate vizualiza lista mașinilor existente.

8. Poate vedea activitatea sa anterioară, însemnând în închirieri și curse efectuate.
Poate vizualiza detalii legate de acestea.
9. Poate închiria o mașină, selectând o dată calendaristică, o parcare din care pleacă, o parcare în care poate ajunge, orele între care își dorește să închirieze mașina și un tip de vehicul pe care și-l dorește. Apoi poate selecta un vehicul dintre cele disponibile sau, dacă nu există vehicule disponibile la acel moment, poate schimba cerințele, până când găsește un vehicul disponibil.

Cerințele modulului de administrator sunt următoarele:

1. La fel ca și un utilizator, să se poată autentifica și să își vizualizeze sau editeze profilul.
2. Să poată vizualiza, edita sau șterge vehiculele existente. Să poată vizualiza anumite statistici legate de acestea. Să poată adăuga în sistem vehicule noi.
3. Să poată vizualiza, edita sau șterge parcările existente. Să poată vizualiza anumite statistici referitoare la activitatea fiecăreia. Să poată adăuga în sistem parcări noi.
4. Să poată adăuga o mașină într-o parcare și să poată elimina una dintr-o parcare.
5. Să poată vizualiza depoul și parcările din el.
6. Să poată vizualiza, edita sau șterge toți utilizatorii din sistem. Să poată vizualiza anumite statistici referitoare la activitatea lor.
7. Să poată genera rebalansarea parcărilor, pe baza datelor înregistrate într-o anumită perioadă, pe care o poate selecta.

2.2 Fluxuri de lucru



În diagrama de mai sus se poate observa fluxul normal de lucru al unui utilizator. Pot exista însă și scenarii secundare.

Când un utilizator pornește aplicația, are mai multe variante.

În cazul în care nu are un cont creat, el se poate înregistra. Etapa următoare necesară este să își confirme adresa de email, prin introducerea unui cod de verificare primit pe această adresă. Apoi, se poate autentifica în aplicație.

În carul în care are un cont creat dar a uitat parola, o poate resetă, de asemenea prin introducerea unui cod de verificare trimis pe email.

Odată autentificat, utilizatorul este direcționat către o pagină principală, unde are la dispoziție un meniu cu operațiuni pe care le poate realiza, dar și o hartă unde poate vedea marcatoarele parcărilor existente. Prin apăsarea pe un marcator, el poate

vedea detaliile principale despre acea parcare, și un buton către lista vehiculelor din acea parcare.

Utilizatorul poate selecta din meniul disponibil în pagina principală o operațiune pe care vrea să o realizeze.

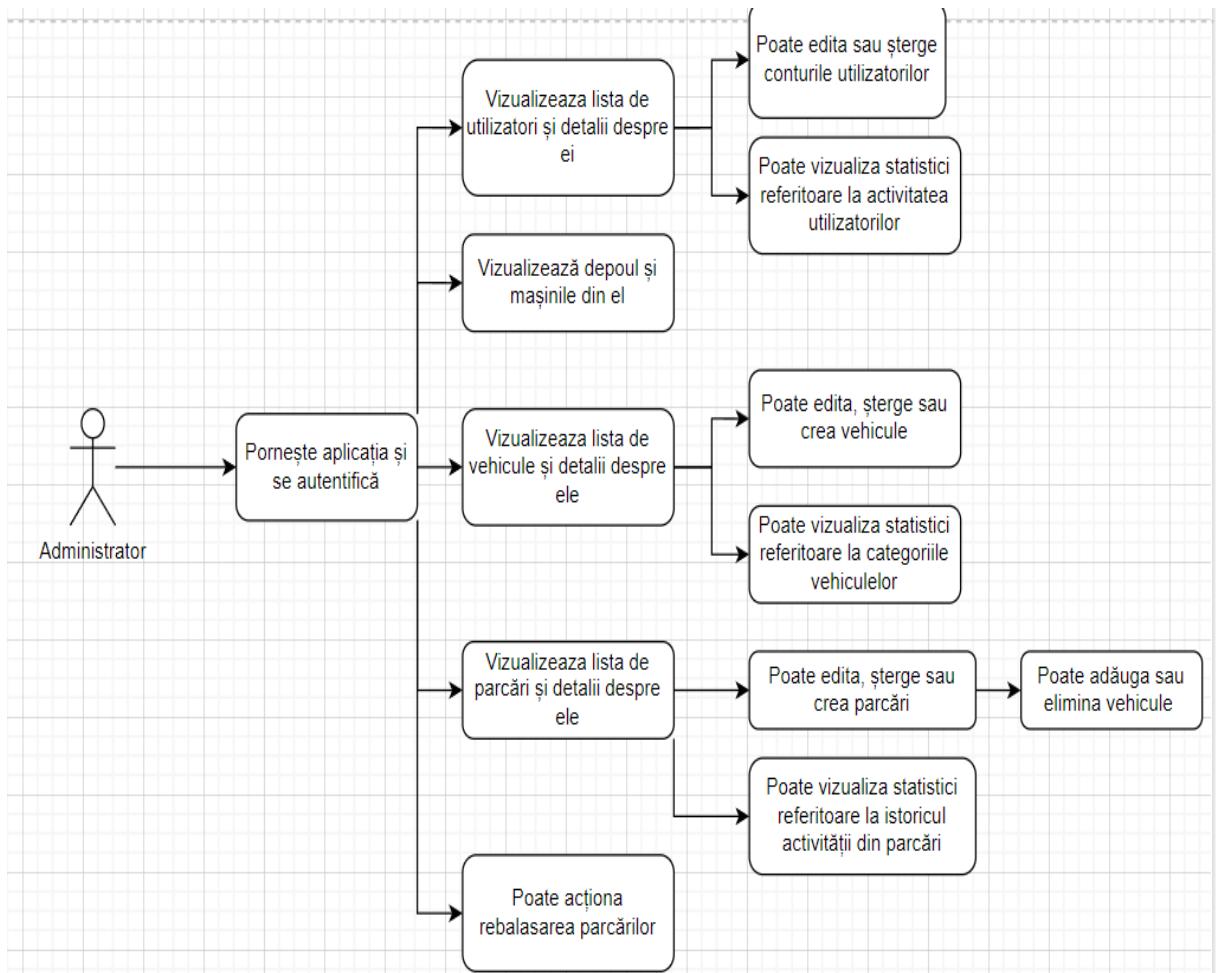
Apăsând pe submeniurile *View Profile* sau *Edit Profile* din meniul *Profile*, el va fi redirectionat către o pagină de unde va putea să își vizualizeze, respectiv editeze profilul.

Apăsând pe meniul *Inspect Parkings* sau *Inspect Vehicles* el va fi redirectionat către o pagină de unde va putea să vizualizeze parcările, respectiv vehiculele existente și detaliile acestora.

Apăsând pe meniul *My Requests* sau *My Rides* el va fi redirectionat către o pagină de unde va putea să vizualizeze cererile de închiriere, respectiv cursele efectuate și detaliile acestora, însemnând în parcările implicate, vehiculul implicat, orele de închiriere și data calendaristică.

Apăsând pe meniul *Create Request* el va fi redirectionat către o pagină de unde va putea crea o nouă cerere de închiriere. Aici, are posibilitatea să se folosească de preferințele sale. Dacă selectează acest lucru, vor fi setate ca implicate parcările și tipul de vehicul implicate cel mai des în cererile lui de închiriere. După selectarea tuturor detaliilor necesare, el poate crea o cerere de închiriere, vizualizând totodată un preț estimat al cursei. Cererea de închiriere poate fi editată ulterior sau ștearsă, până la momentul activării ei.

Din momentul activării cererii de închiriere, începe cursa și utilizatorul călătorește până în parcarea de destinație, acolo urmând să închidă cererea de închiriere. În acel moment, este introdusă în istoricul său cursa respectivă.



În diagrama de mai sus este reprezentat fluxul obișnuit de lucru al unui administrator.

Odată autentificat în aplicație, un administrator este direcționat către o pagina principală, unde are un meniu cu acțiuni pe care le poate întreprinde și harta pe care sunt reprezentate marcatelele parcărilor și a depoului.

Administratorul poate vizualiza sau edita propriul profil, sau alte altor utilizatori, inclusiv activitatea lor. Poate chiar șterge conturile utilizatorilor. De asemenea, poate vizualiza statistici referitoare la activitatea utilizatorilor într-un anumit interval de timp, selectat de el.

Poate vizualiza depoul și mașinile din el.

Poate vizualiza lista de vehicule și detaliile lor. Poate edita, șterge sau adăuga vehicule în sistem. De asemenea, poate vizualiza statistici referitoare la categoriile vehiculelor.

Poate vizualiza lista de parcare și detaliile lor. În parcarele existente, poate adăuga sau elimina vehicule atunci când acest lucru este posibil. Poate edita, șterge sau adăuga

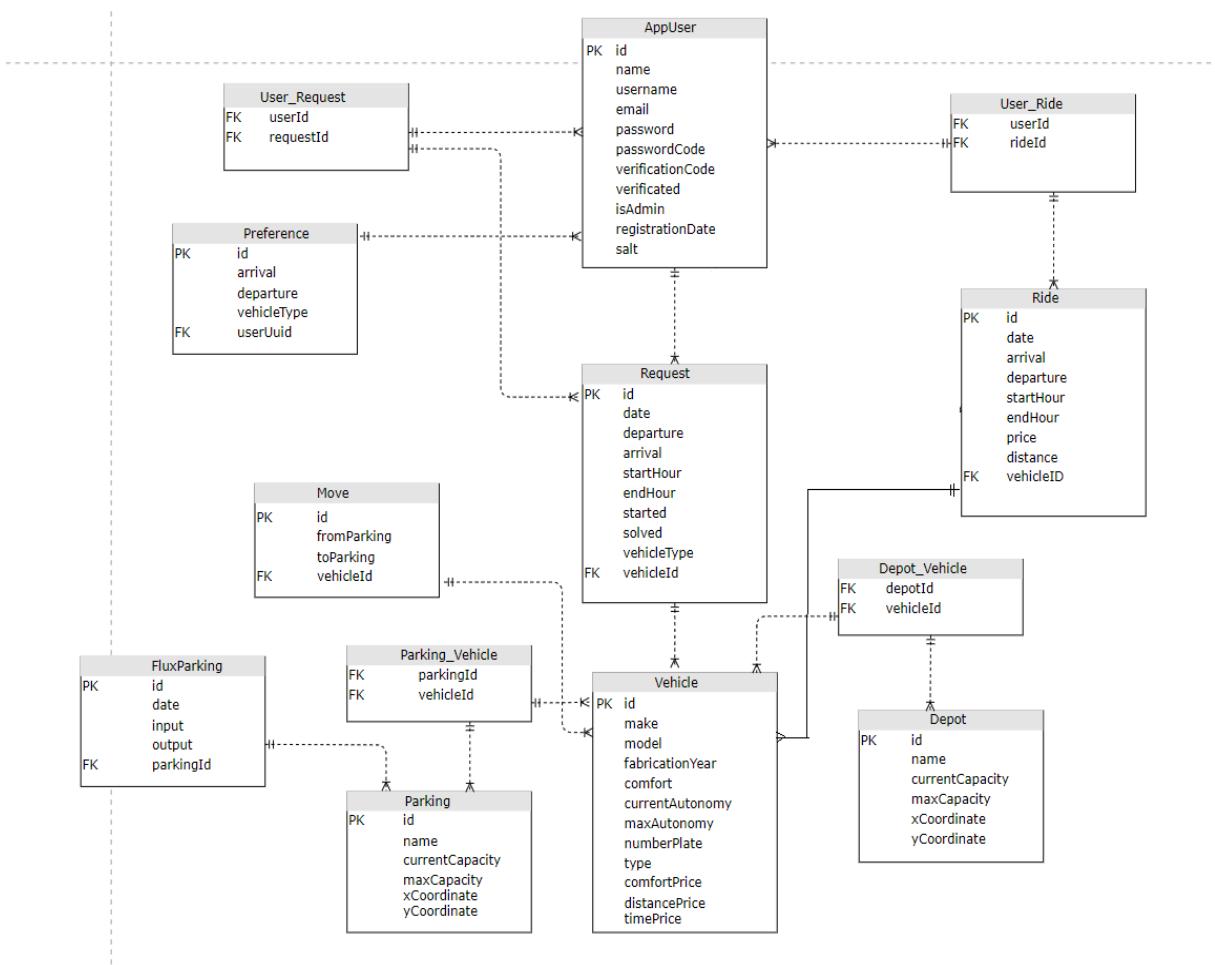
parcări în sistem. De asemenea, poate vizualiza statistici referitoare la istoricul activităților din parcări.

Poate declanșa rebalansarea parcărilor, bazată pe o perioadă de timp selectată de el.

Capitolul 3

Arhitectura Sistemului

3.1 Schema bazei de date



3.2 Explicația tabelelor bazei de date

1. AppUser

Tabela "AppUser" va conține lista de conturi ale utilizatorilor, inclusiv ale administratorilor. Cheia primară o constituie coloana "id".

Tabela va mai reține date de înregistrare, numele, username-ul, email-ul și parola utilizatorului. De menționat faptul că fiecare dintre coloanele "email" și "username" trebuie să respecte constrângerea de unicitate. Parola este criptată folosind o funcție *hash*. În coloana "salt" este memorat *salt*-ul utilizatorului care se folosește la funcția *hash*.

Coloana "verificationCode" conține un cod de verificare care este trimis utilizatorului pe email în momentul înregistrării în aplicație. Coloana "verified" conține un boolean care atestă dacă email-ul utilizatorului a fost verificat sau nu.

Coloana "passwordCode" conține un cod de validare folosit la resetarea parolei care este trimis utilizatorului pe email în momentul cererii de resetare. Scopul lui este de a testa autenticitatea identității utilizatorului. Coloana "isAdmin" memorază 0 dacă contul corespunde unui utilizator obișnuit, respectiv 1 în cazul în care contul corespunde unui administrator.

2. Vehicle

Tabela "Vehicle" va conține lista de vehicule existente. Cheia primară o constituie coloana "id", iar coloana "numberPlate" trebuie să respecte constrângerea de unicitate.

Sunt memorate în baza de date și anumite detalii tehnice precum marca, modelul și tipul mașinii, anul de fabricare, autonomia maximă și confortul vehiculului. De asemenea, sunt salvate și autonomia curentă a mașinii. Cele trei coloane destinate prețurilor sunt specifice fiecărui vehicul în parte și ajută în calculul prețului unei curse.

3. Parking

Tabela "Parking" va conține lista de parcări existente. Cheia primară o constituie coloana "id". Coloana "name", reprezentând numele parcării, trebuie să respecte constrângerea de unicitate. La fel și perechea formată din coloanele "xCoordinate" și "yCoordinate", constând în coordonatele geografice ale parcării.

Sunt memorate în baza de date și capacitatea curentă a parcării cât și capacitatea maximă.

4. **Parking_Vehicle**

Tabela "Parking_Vehicle" conține repartizarea vehiculelor în parcări.

O intrare în tabelă conține două coloane, care sunt chei străine: "parkingId", către tabela "Parking", reprezentând id-ul parcării, respectiv "vehicleId", către tabela "Vehicle" reprezentând id-ul vehiculului.

O intrare în tabelă se traduce în felul următor: vehiculului cu id-ul "vehicleId" se găsește în parcarea cu id-ul "parkingId".

5. **FluxParking**

Tabela "FluxParking" conține lista istoricelor de activitate specifice parcărilor. Cheia primară o constituie coloana "id". Conține și o cheie străină către tabela "Parking", "parkingId", reprezentând id-ul parcării a cărei activitate este memorată.

Mai sunt salvate data corespunzătoare activității și numărul de intrări, respectiv de ieșiri din parcarea respectivă.

De menționat că un flux se realizează, respectiv modifică doar atunci când o cерe de înregistrare este creată, pentru a evita salvarea fluxurilor pentru date în care nu a existat activitate.

6. **Depot**

Tabela "Depou" va conține lista de depouri existente. Cheia primară o constituie coloana "id". Coloana "name", reprezentând numele depoului, trebuie să respecte constrângerea de unicitate. La fel și perechea formată din coloanele "xCoordinate" și "yCoordinate", constând în coordonatele geografice ale depoului.

Sunt memorate în baza de date și capacitatea curentă a depoului cât și capacitatea maximă.

De menționat faptul că aplicația va avea un singur depou *hardcodat*.

7. **Depot_Vehicle**

Tabela "Depot_Vehicle" conține repartizarea vehiculelor în depouri.

O intrare în tabelă conține două coloane, care sunt chei străine: "depotId", către tabela "Depot" reprezentând id-ul depoului, respectiv "vehicleId", către tabela "Vehicle", reprezentând id-ul vehiculului.

O intrare în tabelă se traduce în felul următor: vehiculului cu id-ul "vehicleId" se găsește în depoul cu id-ul "depotId".

8. Request

Tabela "Request" conține lista cu cererile de închiriere existente. Cheia primară o constituie coloana "id". Conține și o cheie străină către tabela "Vehicle", "vehicleId", reprezentând id-ul vehiculului închiriat.

Mai sunt memorate data cererii, numele parcărilor de plecare și destinație, orele între care se efectuează închirierea, cât și tipul mașinii închiriate.

De asemenea, coloanele "started" și "solved" memorează dacă cererea a fost declanșată, respectiv finalizată. Inițial, aceste două coloane vor fi setate la "false". Cererea este declanșată sau finalizată în momentul în care cursa este începută, respectiv, terminată cu bine.

9. User_Request

Tabela "User_Request" conține repartizarea cererilor de închiriere la utilizatori.

O intrare în tabelă conține două coloane, care sunt chei străine: "userId", către tabela "AppUser" reprezentând id-ul utilizatorului care a făcut cererea de închiriere, respectiv "requestId", către tabela "Request", reprezentând id-ul cererii de închiriere.

O intrare în tabelă se traduce în felul următor: cererea de închiriere cu id-ul "requestId" aparține utilizatorului cu id-ul "userId".

10. Ride

Tabela "Ride" conține lista curselor existente. Cheia primară o constituie coloana "id". Conține și o cheie străină către tabela "Vehicle", "vehicleId", reprezentând id-ul vehiculului închiriat.

Mai sunt memorate data cursei, numele parcărilor de plecare și destinație, orele între care se efectuează închirierea, cât și tipul mașinii închiriate.

În plus, coloana "distance" memorează distanța dintre cele două parcări iar coloana "price" salvează prețul cursei.

11. User_Ride

Tabela "User_Ride" conține repartizarea curselor la utilizatori.

O intrare în tabelă conține două coloane, care sunt chei străine: "userId", către tabela "AppUser" reprezentând id-ul utilizatorului care a efectuat cursa, respectiv "rideId", către tabela "Ride", reprezentând id-ul cursei.

O intrare în tabelă se traduce în felul următor: cursa cu id-ul "rideId" aparține utilizatorului cu id-ul "userId".

12. Preference

Tabela "Preference" conține lista preferințelor existente. O preferință constă în stabilirea informațiilor care se repetă cel mai mult în cererile de închiriere ale unui utilizator, în scopul prezentării lor ca prestabilite. Astfel, un utilizator are cel mult o preferință, ea fiind actualizată de fiecare dată când conținutul ei se modifică. Cheia primară o constituie coloana "id". Conține și o cheie străină către tabela "AppUser", "userId", reprezentând id-ul utilizatorului.

Mai sunt memorate numele parcărilor de plecare și destinație, respectiv tipul vehiculului folosit de cele mai multe ori de către utilizator în alcătuirea unei cereri de înregistrare.

13. Move

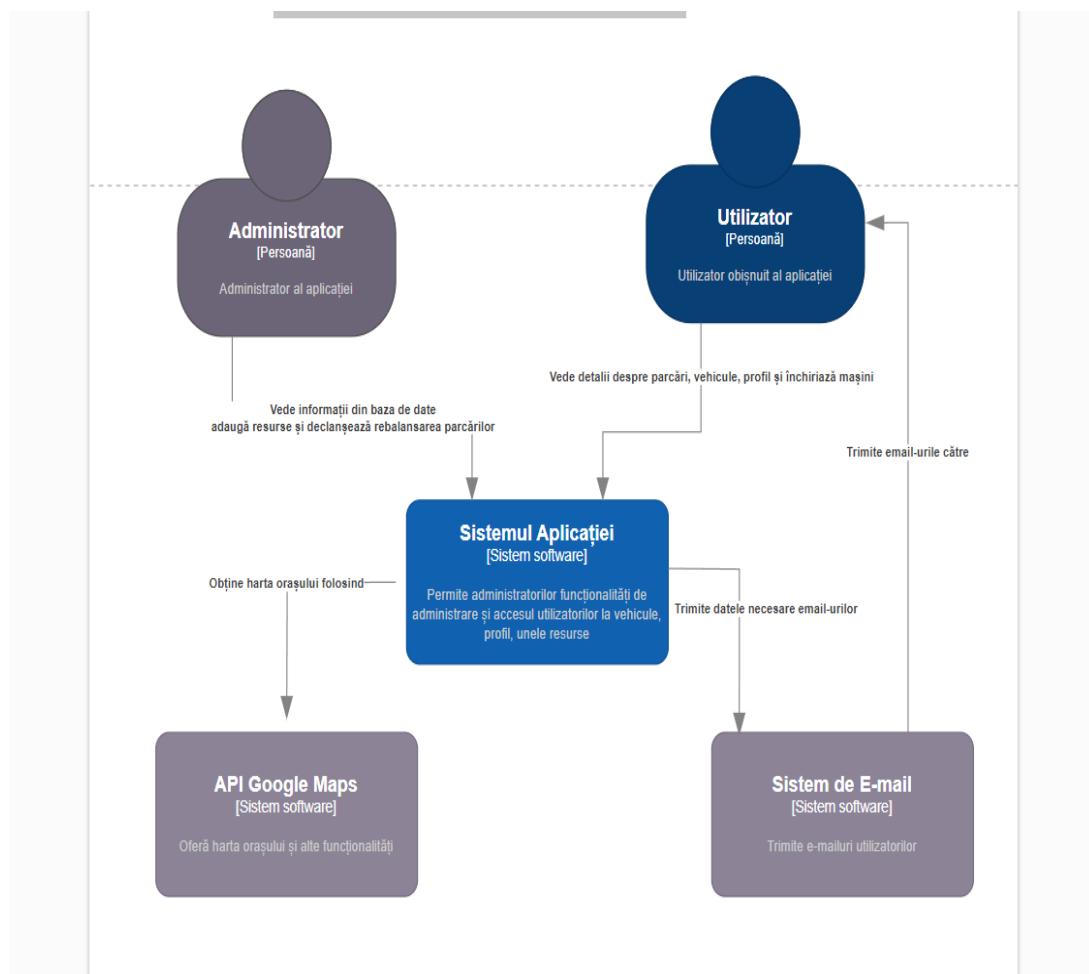
Tabela "Move" conține lista mutărilor de vehicule realizate la ultima rebalansare. Cheia primară o constituie coloana "id". Conține și o cheie străină către tabela "Vehicle", "vehicleId", reprezentând id-ul vehiculului ce a fost mutat.

Mai sunt memorate numele parcării, respectiv depoului de unde vehiculul a fost luat și numele parcării în care vehiculul a fost mutat.

3.3 Arhitectura sistemului

1. Contextul sistemului

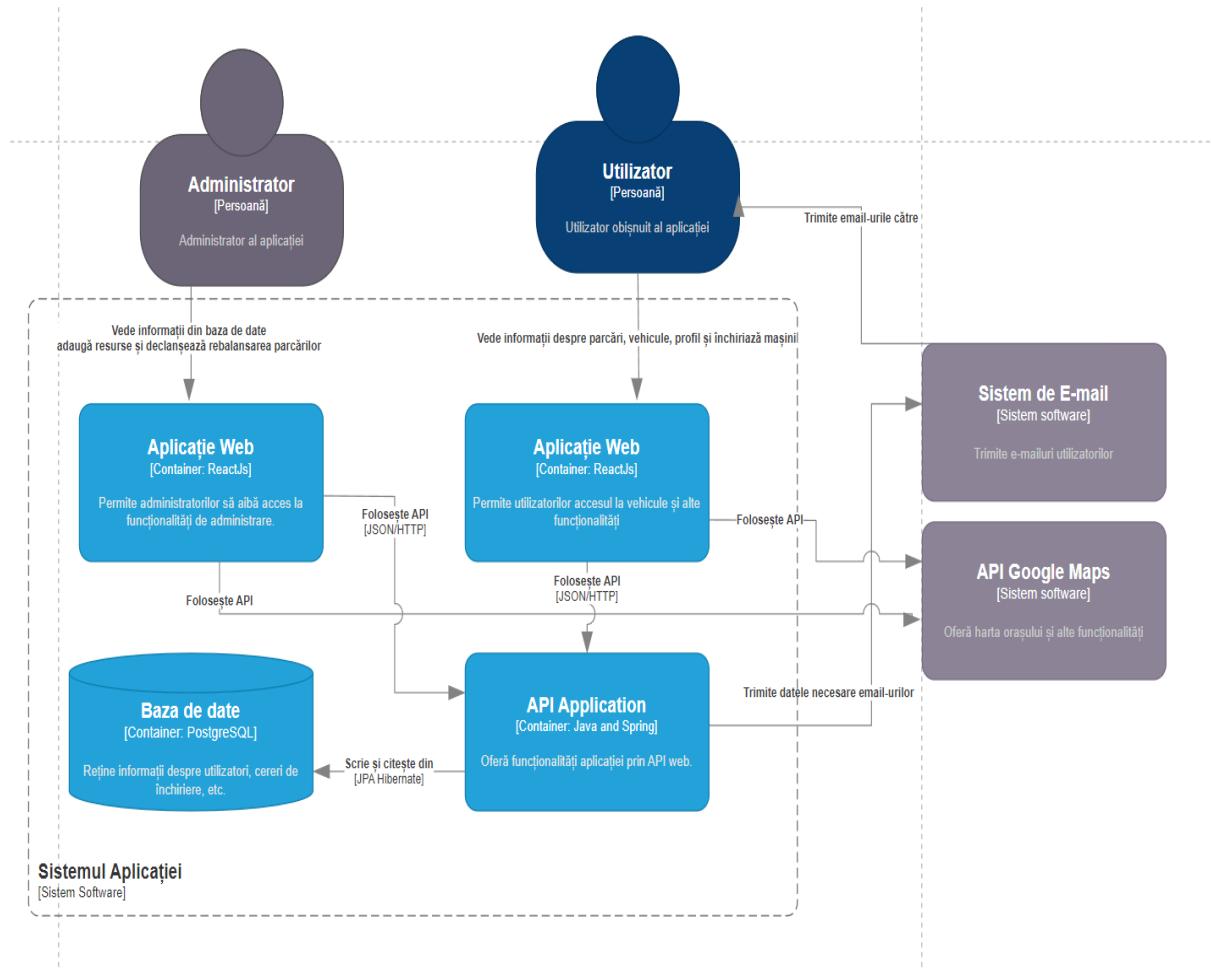
Pentru a detalia arhitectura sistemului este sugestivă o diagramă a contextului, reprezentând primul nivel din modelul C4.



API-ul Google Maps [6] va fi folosit în general pentru a obține harta orașului și pentru a amplasa marcatoarele parcărilor și a depoului.

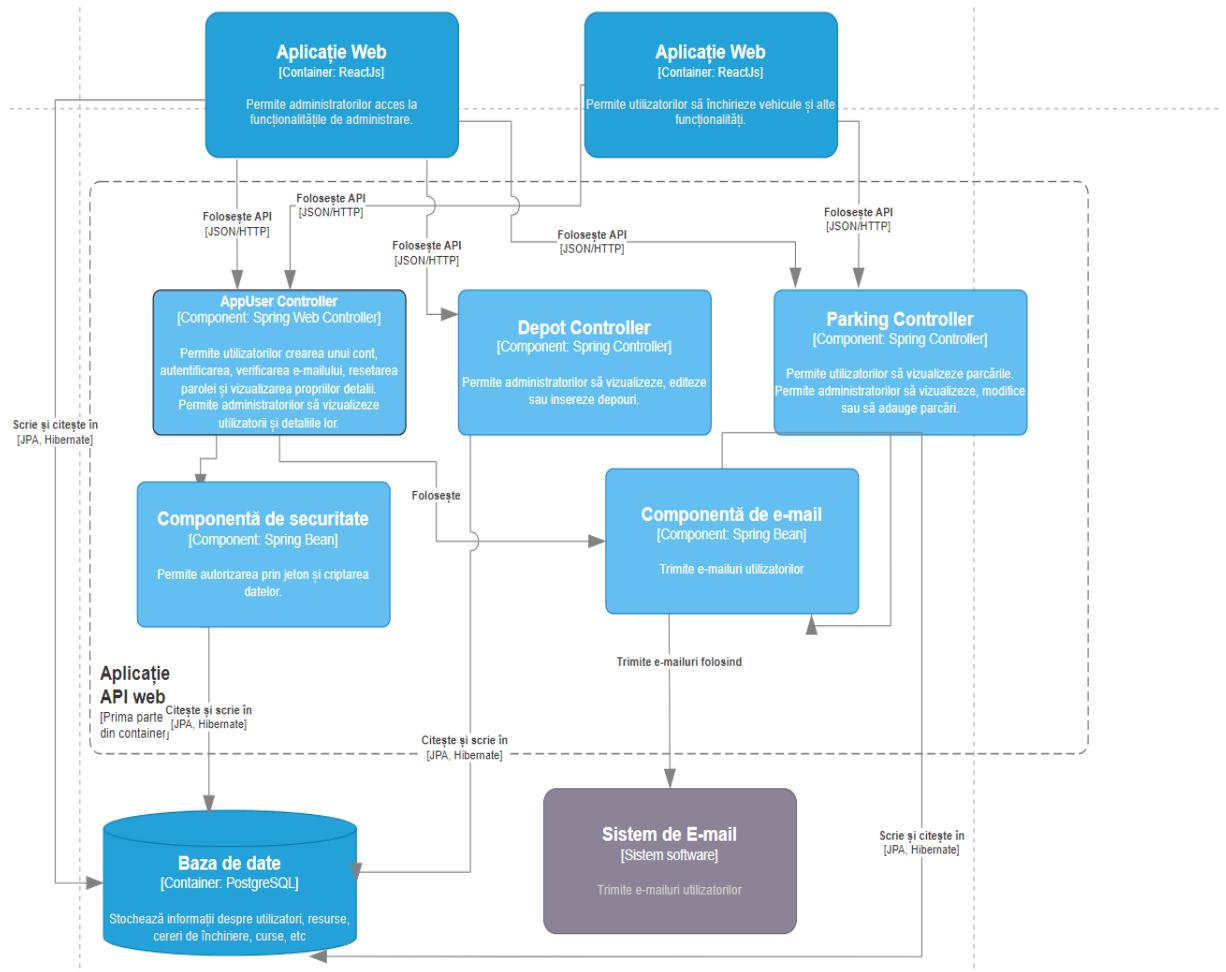
Sistemul de E-mail [5] va fi folosit pentru transmiterea codurilor de verificare a adresei de e-mail și de resetare a parolei.

2. Diagrama containerului Pentru a detalia sistemul software este sugestivă o diagramă a *containter-ului*, reprezentând al doilea nivel din modelul C4.



Utilizatorul va folosi aplicația Web pentru a închiria vehicule și a vizualiza unele date despre resurse, inclusiv hărțile. Administratorul va utiliza aplicația Web pentru a vedea sau introduce informații în baza de date și a declanșa redistribuirea mașinilor în parcări în scopul rebalansării acestora.

3. Diagramele componentelor



Controller-ul "AppUser" va fi folosit de atât de către administrator cât și de către utilizatorul normal. Administratorul se va putea autentifica și va putea interoga lista cu utilizatori existenți, precum și istoricul activității lor. În plus, el poate vizualiza o statistică privitoare la activitatea utilizatorilor. Utilizatorul se poate înregistra, își poate verifica adresa de email, își poate reseta parola și își poate vizualiza profilul și activitatea sa.

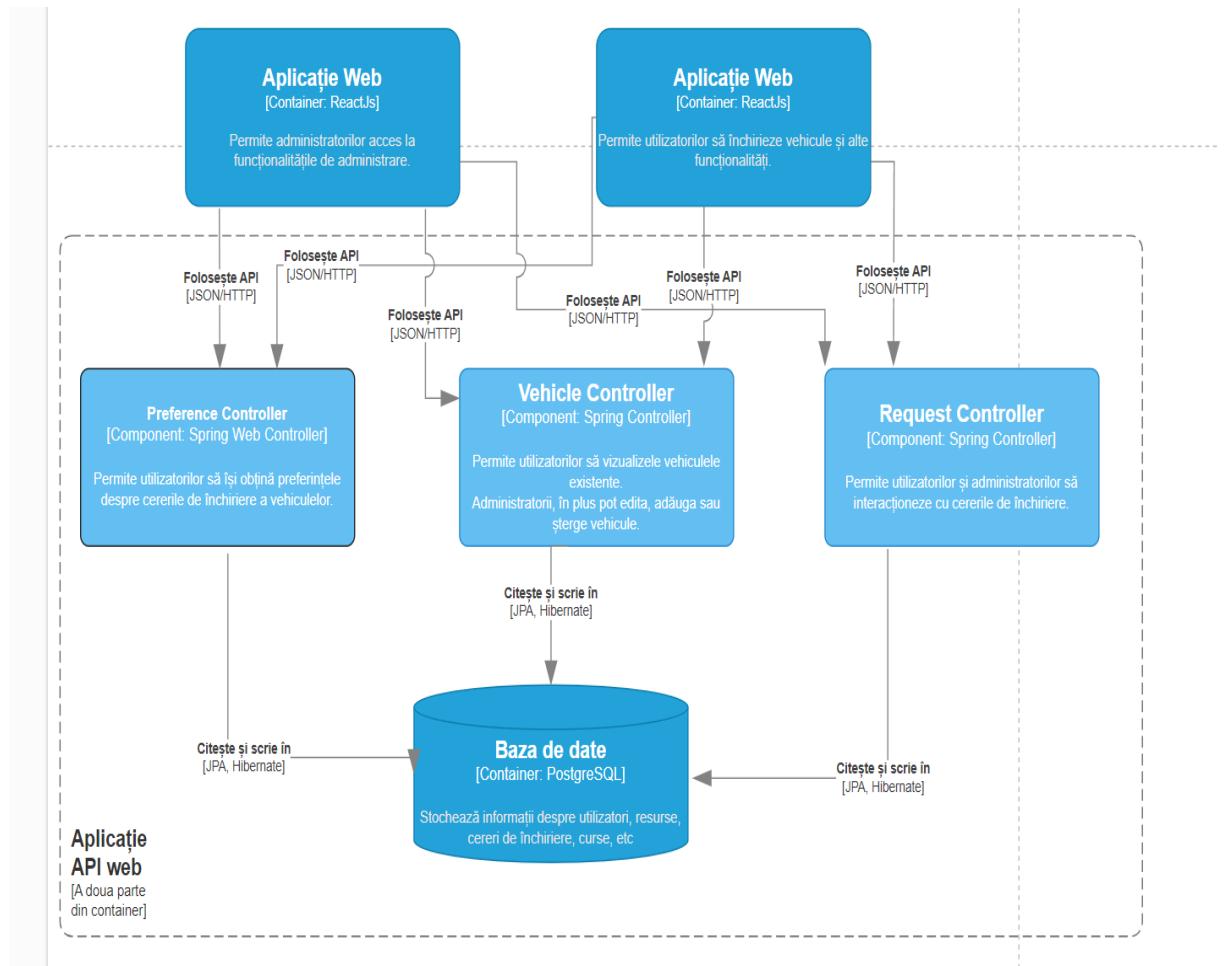
Controller-ul "Depot" va fi folosit de atât de către administrator. Administratorul va putea vizualiza lista cu depourile existente și detaliile fiecărui dintre ele. De asemenea, poate edita depourile existente sau poate crea unul nou.

Controller-ul "Parking" va fi folosit de atât de către administrator cât și de către utilizatorul normal. Ambii vor putea vizualiza lista cu parcările existente și deta-

lile lor. În plus, administratorul poate edita sau adăuga parcări, și poate vizualiza o statistică a activității din fiecare parcare sau poate obține ierarhia parcărilor în funcție de istoricul lor, respectiv ierarhia necesității de a redistribui mașini în parcarea respectivă.

Componenta de securitate ajută la generarea jetoanelor de autorizare și apoi validarea autorizării pe baza lor și la criptarea parolelor în baza de date [2]

Componenta de e-mail [3], [5] va trimite e-mailuri utilizatorilor conținând codurile de verificare a adresei de e-mail și de resetare a parolei.

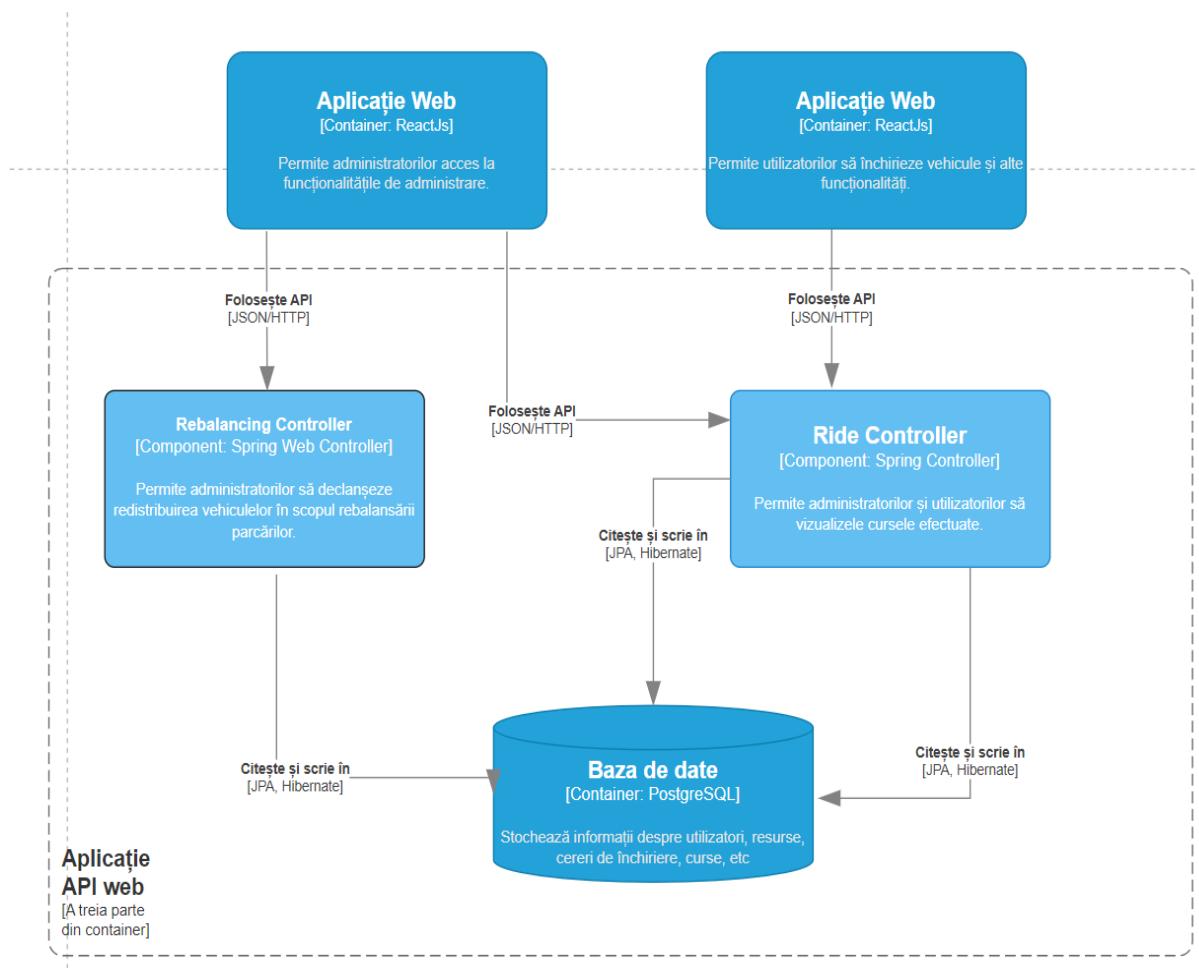


Controller-ul "Preference" va fi folosit de atât de către administrator cât și de către utilizatorul normal. Ambii vor putea obține preferințele utilizatorilor, respectiv propriile preferințe în ceea ce privește închirierea unui vehicul.

Controller-ul "Vehicle" va fi folosit de atât de către administrator cât și de către

utilizatorul normal. Ambii vor putea vizualiza lista cu vehiculele existente și detaliile lor. De asemenea, ambii pot obține listele de vehicule ce pot fi scoase din anumite parcări sau listele de vehicule ce vor fi la un moment dat într-o parcare. În plus, administratorul poate edita sau adăuga vehicule, și poate vizualiza o statistică distribuirii lor în funcție de anumite criterii.

Controller-ul "Request" va fi folosit de atât de către administrator cât și de către utilizatorul normal. Utilizatorul poate crea o cerere de închiriere, iar până o activează, o poate edita sau șterge. Apoi, când călătoria este finalizată, o poate închide. De asemenea, își poate vizualiza activitatea trecută. Administratorul are acces la activitatea tuturor utilizatorilor.



Controller-ul "Ride" va fi folosit de atât de către administrator cât și de către utilizatorul normal. Utilizatorul își poate vedea istoricul curselor proprii, iar administratorul are acces la istoricul curselor tuturor utilizatorilor.

Controller-ul "Rebalancing" va fi folosit doar de către administrator. Acesta poate declanșa operațiunea de redistribuire a vehiculelor ce pot fi mutate în parcări, pe baza ierarhizării acestora în funcție de necesitate, toate acestea cu scopul reabalașnării parcărilor.

Capitolul 4

Implementare și testare

4.1 Baza de date

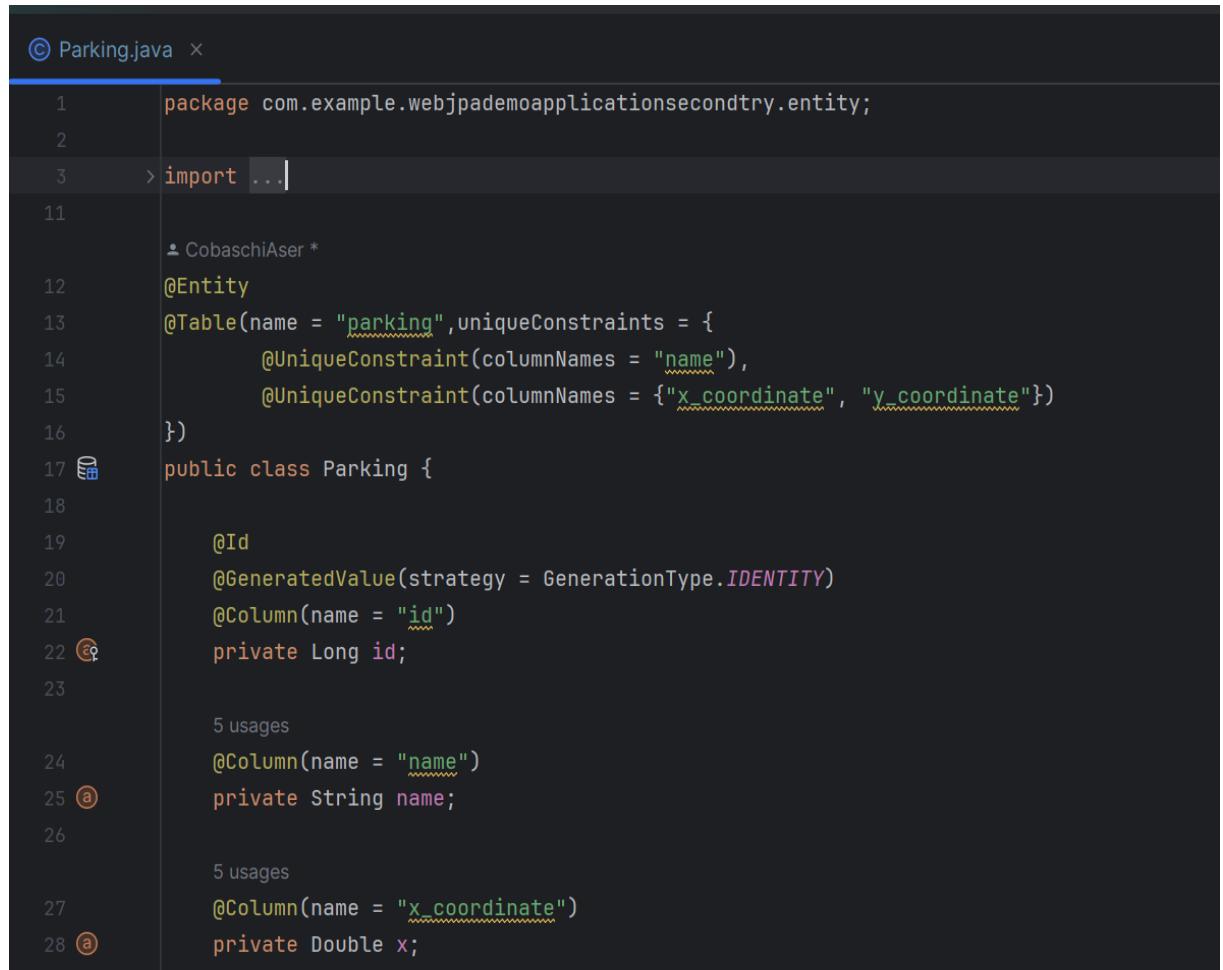
1. Implementarea cu Spring Boot și Hibernate

În implementarea bazei de date am utilizat adnotările din Spring Boot și librăria Hibernate. Am setat proprietățile aplicației astfel încât, pe baza adnotărilor din cod, tabelele să fie create automat.

```
## JPA configuration to auto create tables
spring.jpa.properties.hibernate.dialect = org.hibernate.dialect.PostgreSQLDialect
spring.jpa.hibernate.ddl-auto=update
spring.jpa.show-sql=true
spring.jpa.properties.hibernate.format_sql=true
```

Un tabel este creat în cod în clasa entitate folosind adnotarea @Table. Pot fi declarate și constrângerile de unicitate, folosind adnotările @UniqueConstraint. Pentru a marca datele membru ale entității ce vor alcătui coloanele tabelei, folosim adnotările @Column, iar pentru a marca cheia primară a tabelei, folosim adnotarea @Id. În plus, putem crea și secvența pentru incrementarea automată a Id-ului

folosind adnotările de tip @GeneratedValue.



```
② Parking.java ×
1 package com.example.webjpademoapplicationsecondtry.entity;
2
3 > import ...|
11
12     * CobaschiAser *
13     @Entity
14     @Table(name = "parking", uniqueConstraints = {
15         @UniqueConstraint(columnNames = "name"),
16         @UniqueConstraint(columnNames = {"x_coordinate", "y_coordinate"})})
17     public class Parking {
18
19         @Id
20         @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
21         @Column(name = "id")
22         private Long id;
23
24         @Column(name = "name")
25         private String name;
26
27         @Column(name = "x_coordinate")
28         private Double x;
```

Putem marca și cheile străine, respectiv crearea tabelelor ce conțin doar chei străine, folosind adnotările @OneToMany, @ManyToOne și @JoinTable.

```
parking.java ×  © Vehicle.java ×
private double priceDistance;

4 usages
@Column(name="number_plate")
private String numberPlate;

2 usages
@ManyToOne
@JoinTable(
    name = "parking_vehicle",
    joinColumns = @JoinColumn(name = "vehicle_id"),
    inverseJoinColumns = @JoinColumn(name = "parking_id")
)
@JsonBackReference
private Parking currentParking = null;

2 usages
@ManyToOne
@JoinTable(
    name = "depot_vehicle",
    joinColumns = @JoinColumn(name = "vehicle_id"),
    inverseJoinColumns = @JoinColumn(name = "depot_id")
)
```

2. Script de generare date

Un *script* a fost creat folosind limbajul Python pentru a popula aproape toate tabelele bazei de date. Nepopulat este “Preference”, deoarece acest aspect nu era necesar pentru a utiliza aplicația și nici pentru a rula algoritmul de rebalansare a parcărilor. De asemenea, tabelul “Move” nu este populat, deoarece acesta trebuie populat cu rezultatele ultimei rulări a algoritmului de rebalansare, iar scopul este să facem lucrul acesta în demonstrația *live*.

Tabela “Parking” nu este generată aleator, deoarece altfel reprezentarea pe hartă a marcatoarelor lor ar fi fost lipsită de sens. La fel, tabela “Depot” este populată cu un singur depou, bine localizat.

Tabela “AppUser” a fost generată aleator, folosind un API extern care generează nume [4]. În modul acesta au fost introduși în sistem 150 de utilizatori, având date de înregistrare cuprinse între 1 ianuarie 2024 și 1 martie 2024, pe lângă un

admin. De asemenea, tabela "Vehicle" a fost generată în mod parțial aleator, folosindu-se unele date *hardcodate*. În felul acesta au fost introduse în sistem și distribuite în parcări 35 de mașini, niciuna nefiind în depou, pentru a pune mai bine în evidență algoritmul de rebalansare.

Începând cu o dată aleatoare cuprinsă între 1 martie 2024 și 10 martie 2024, iar apoi tot mai aproape de data curentă, au fost generate aleatoriu dar corect 150 de cereri de închiriere finalizate și 5 cereri de închiriere neîncepute. De asemenea, pentru fiecare cerere finalizată, a fost populat, respectiv modificat tabelul "Ride", respectiv "FluxParking".

4.2 Aplicația server

1. Tehnologii utilizate

Pentru a realiza aplicația server de servicii web am folosit *framework-ul* Spring Boot. Pentru a accesa cu și a efectua cu ușurință operații asupra bazei de date am folosit pachetele Spring Boot JDBC și Spring Boot Data JPA, împreună cu librăria Hibernate. Pentru a trimite e-mailuri am folosit pachetul Spring Boot Mail și Jakarta Mail [3], [5].

Partea de securitate conține o clasă creată de mine, JwtUtil, utilizată pentru generația, respectiv parsarea și validarea jetoanelor de autentificare. Odată autentificată în aplicație, utilizatorii și administratorii vor primi câte un jeton, acesta oferindu-le acces la *endpoint-urile* destinate lor. De asemenea, am folosit librăria Jasypt [1] pentru criptarea datelor din fișierul de proprietăți al aplicației.

Pentru partea de testare automată am folosit *framework-ul* Spring Boot Test și pachetele JUnit, Mockito și AsserJ [7]. Pentru partea de testare manuală am folosit programul Postman.

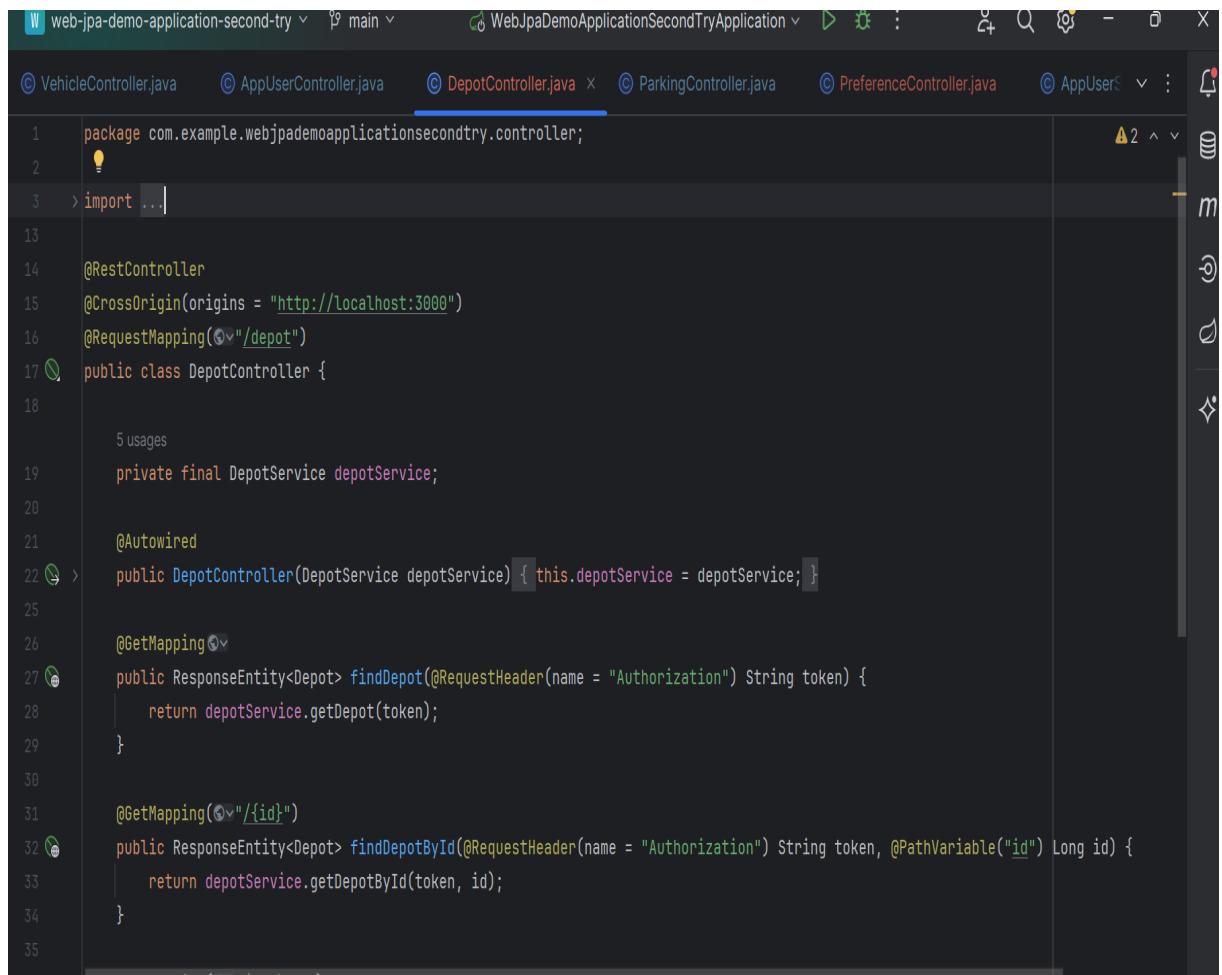
2. Straturile aplicației

Aplicația server este structurată după modelul Repository-Service-Controller.

Controller-ele conțin *endpoint-uri* ce pot fi accesate atât de către administratori cât și de către utilizatori. Pentru a fi apelat un *endpoint* se folosește adresa URL, tipul de cerere și unele informații în plus, în cazul *endpoint-urilor* care necesită transmiterea către server a unor câmpuri de date sau anumiți parametrii, dar și

un jeton, în cazul *endpoint-urilor* securizate. Informațiile ce pot fi transmise înn plus sunt de două tipuri:

- câmpuri de text ce reprezintă valori ale anumitor variabile, folosite la cereri de tip "GET", numite și *request parameters*.
- JSON-uri de date ce sunt folosite adesea împreună cu cereri de tip "POST" și "PUT". Datele acestea vor corespunde unor *DTO-uri* (*Data Transfer Objects*).



```
1 package com.example.webjpademoapplicationsecondtry.controller;
2
3 > import ...
4
5
6 @RestController
7 @CrossOrigin(origins = "http://localhost:3000")
8 @RequestMapping("/depot")
9 public class DepotController {
10
11     5 usages
12     private final DepotService depotService;
13
14     @Autowired
15     public DepotController(DepotService depotService) { this.depotService = depotService; }
16
17     @GetMapping
18     public ResponseEntity<Depot> findDepot(@RequestHeader(name = "Authorization") String token) {
19         return depotService.getDepot(token);
20     }
21
22     @GetMapping("/{id}")
23     public ResponseEntity<Depot> findDepotById(@RequestHeader(name = "Authorization") String token, @PathVariable("id") Long id) {
24         return depotService.getDepotById(token, id);
25     }
26 }
```

În funcție de *endpoint-ul* apelat, o metodă din *Controller* va fi apelată. Această metodă va apela la rândul ei o metodă dintr-un *Service*.

```
1 package com.example.webjpademoapplicationsecondtry.service.implementation;
2
3 > import ...
33
34
35     * CobaschiAser *
36     @Service
37     public class AppUserServiceImpl implements AppUserService {
38         24 usages
39         private final AppUserRepository appUserRepository;
40
41         4 usages
42         private static final Logger logger = LoggerFactory.getLogger(AppUserServiceImpl.class);
43
44
45     * CobaschiAser
46     @Autowired
47     public AppUserServiceImpl(AppUserRepository appUserRepository) { this.appUserRepository = appUserRepository; }
48
49     1 usage  * CobaschiAser *
50     @Override
51     public ResponseEntity<List<AppUser>> findAllUser(String token) {
52
53         if (!JwtUtil.isAuthorizedAdmin(token)) {
54             Response Entity<List<AppUser>> unauthorized();
55         }
56     }
57 }
```

În acel moment, în funcție de tipul de cerere, metoda din *Service* va efectua o operație prin care comunică cu baza de date, printr-un *Repository*. Fie se vor extrage date din baza de date, pe baza *request parameters*, fie se vor insera, edita sau șterge informații din baza de date, folosindu-se în cele mai multe cazuri și JSON-urile de date preluate împreună cu *endpoint-urile*.

```

1 package com.example.webjpademoapplicationsecondtry.repository;
2
3 > import ...
4
5 9 usages ▾ CobaschiAser *
6 @Repository
7 public interface AppUserRepository extends JpaRepository<AppUser, UUID> {
8
9   14 usages ▾ CobaschiAser
10   @Query("SELECT u FROM AppUser u WHERE u.email =:emailAddress")
11
12   public AppUser findUserByEmail(@Param("emailAddress") String email);
13
14   2 usages ▾ CobaschiAser
15   @Query("SELECT u FROM AppUser u WHERE u.username =:username")
16   public AppUser findUserByUsername(@Param("username") String username);
17
18   9 usages ▾ CobaschiAser
19   @Query("SELECT u FROM AppUser u WHERE u.id = :uuid")
20   public AppUser findUserById(@Param("uuid") UUID uuid);
21
22   3 usages ▾ CobaschiAser
23   @Query("SELECT u FROM AppUser u WHERE u.username=:username AND u.password=:password")
24   public AppUser login(@Param("username") String username, @Param("password") String password);
25
26
27
28

```

Așadar, *Controller* este nivelul din aplicație care preia cererile de la utilizatori sau administratori, *Service* este nivelul din aplicație care implementează logica aplicației, iar *Repository* este nivelul din aplicație care realizează operațiunile asupra bazei de date. Acest lucru este posibil prin utilizarea entităților, însotite de adnotări, care realizează corespondența dintre fiecare atribut al entităților și coloanele respective din tabele.

3. Configurările de securitate

În pachetul "configuration" se găsește clasa "JasyptConfig", a cărei adnotare "@EnableEncryptableProperties" permite criptarea și decriptarea proprietăților aplicației și a adresei de e-mail folosită la transmiterea e-mailurilor către utilizatori. În această clasă, una dintre metode citește parola de criptare dintr-un fișier, iar cealaltă este un *Bean* care construiește un obiect de tipul *StringEncryptor* folosit efectiv la criptare și decriptare. [1]

```

⑥ JasyptConfig.java ×

15
16     @Configuration
17     @EnableEncryptableProperties
18     public class JasyptConfig {
19
20         1 usage
21         private static String readFile() throws IOException {
22             byte[] encoded = Files.readAllBytes(Paths.get(first: "src/main/resources/jasypt.passwd"));
23             return new String(encoded, StandardCharsets.US_ASCII);
24         }
25
26         @Bean(name = "jasyptStringEncryptor")
27         public StringEncryptor stringEncryptor() throws IOException {
28             PooledPBEStringEncryptor encryptor = new PooledPBEStringEncryptor();
29             SimpleStringPBEConfig config = new SimpleStringPBEConfig();
30             config.setPassword(readFile());
31             config.setAlgorithm("PBKDF2WithHmacSHA256");
32             config.setKeyObtentionIterations("1000");
33             config.setPoolSize("1");
34             config.setProviderName("SunJCE");
35             config.setSaltGeneratorClassName("org.jasypt.salt.RandomSaltGenerator");
36             config.setStringOutputType("base64");
37             encryptor.setConfig(config);
38             return encryptor;
39         }

```

Clasa JwtUtil, conține logica privitoare la jetoanele de autentificare. Metoda *generateToken* creează un nou jeton care va fi asignat unui utilizator sau administrator, iar metodele *isAuthorizedAdmin* și *isAuthorizedUser* verifică dacă jetonul trimis împreună cu *endpoint*-ul corespunde unui administrator, respectiv utilizator.

4. *Endpoint-urile aplicației*

Aplicația are opt *Controllere* implementate, fiecare dintre ele având cel puțin câte un *endpoint*.

Controller-ul "AppUserController" are doisprezece *endpoint*-uri, dintre care cinci sunt nesecurizate. Acestea sunt de tip "POST" și se ocupă de înregistrarea unui cont nou, verificarea adresei de e-mail, trimitera unui cod de resetare a parolei, resetarea propriu-zisă a parolei și autentificarea în aplicație. *Endpoint-urile* securizate, destinate strict administratorilor sunt două, de tip "GET". Unul dintre ele obține lista tuturor utilizatorilor din sistem iar celălalt obține statistica privi-

toare la activitatea utilizatorilor. Celealte *endpoint*-uri securizate, disponibile atât pentru administrator cât și pentru utilizator sunt :

- trei de tip "GET", folosite pentru obținerea profilului, a istoricului de cereri de închiriere, respectiv de curse ale unui utilizator.
- unul de tip "POST", destinat actualizării profilului.
- unul de tip "DELETE", destinat ștergerii contului.

Controller-ul "DepotController" are patru *endpoint*-uri securizate, dedicate doar administratorilor. Toate sunt de tip "GET". Două dintre ele permit obținerea informațiilor despre un depou oarecare și lista vehiculelor dintr-un depou oarecare, în timp ce celelalte două *endpoint*-uri oferă detalii despre depoul hardcodat, respectiv lista de vehicule din el.

Controller-ul "ParkingController" are doisprezece *endpoint*-uri, toate fiind securizate. Șapte dintre acestea sunt dedicate exclusiv administratorilor. Dintre acestea, unul de tip "GET" permite obținerea ierarhiei parcărilor raportat de numărul de vehicule care trebuie aduse pentru rebalansarea parcărilor. Un altul, tot de tip "GET", permite obținerea statisticii parcărilor în funcție de activitatea desfășurată în ele. Unul de tip "POST" permite salvarea unei noi parcări, iar unul de tip "PUT" permite modificarea unei parcări. Mai sunt două, de tip "POST" care permit adăugarea, respectiv scoaterea unui vehicul dintr-o parcare. Nu în ultimul rând, mai este unul de tip "DELETE", care permite eliminarea unei parcări din aplicație. *Endpoint*-urile la care au acces atât administratorii cât și utilizatorii normali sunt în număr de patru. Toate sunt de tip "GET" și sunt folosite pentru obținerea listei tuturor parcărilor existente, a informațiilor despre o anumită parcare (pe baza numelui ei și a id-ului ei) și pentru obținerea listei de vehicule dintr-o anumită parcare.

Controller-ul "VehicleController" are unsprezece *endpoint*-uri, toate fiind securizate. Șase dintre acestea sunt dedicate exclusiv administratorilor. Dintre acestea, unul de tip "GET" permite obținerea statisticii vehiculelor în funcție de anumite criterii. Mai sunt două, de tip "GET" care permit obținerea listelor de vehicule ce pot fi adăugate, respectiv eliminate dintr-o parcare. Unul de tip "POST" permite introducerea în sistem a unui nou vehicul, iar unul de tip "PUT" permite modificarea unui vehicul. Nu în ultimul rând, mai este unul de tip "DELETE",

care permite eliminarea unui vehicul din aplicație. *Endpoint*-urile la care au acces atât administratorii cât și utilizatorii normali sunt în număr de cinci. Toate sunt de tip "GET" și sunt folosite pentru obținerea listei tuturor vehiculelor existente, a informațiilor despre un anumit vehicul, obținerea listei de vehicule ce vor fi într-o anumită parcare după finalizarea cererilor de închiriere până la o anumită oră și listele de vehicule ce pot fi utilizate pentru crearea, respectiv editarea unei cereri de închiriere.

Controller-ul "PreferenceController" are un singur *endpoint* securizat, accesibil atât administratorilor cât și utilizatorului. Este de tip "GET" și permite obținerea preferințelor unui utilizator în ceea ce privește realizarea unei cereri de închiriere.

Controller-ul "RequestController" are opt *endpoint*-uri securizate. Doar unul dintre ele este specific doar administratorilor, și anume unul de tip "GET" care permite obținerea tuturor cererilor de înregistrare. Celelalte șapte sunt accesibile atât administratorilor cât și utilizatorilor normali. Cinci dintre ele însă sunt utilizate în general doar de către utilizatori, și anume: trei de tip "POST", folosite pentru crearea unei cereri de închiriere, pentru activarea și finalizarea ei, unul de tip "PUT", folosit pentru editarea unei cereri de închiriere, și unul de tip "DELETE" pentru ștergerea ei. Celelalte două sunt de tip "GET", utilizate pentru obținerea unei cereri de închiriere, în funcție de id-ul ei sau de data în care a fost realizată.

Controller-ul "RideController" are trei *endpoint*-uri securizate. Doar unul dintre ele este specific doar administratorilor, și anume unul de tip "GET" care permite obținerea tuturor curselor efectuate. Celelalte două sunt accesibile atât administratorilor cât și utilizatorilor normali, însă sunt utilizate în general doar de către utilizatori, și anume: una de tip "GET", folosită pentru obținerea detaliilor unei curse și unul de tip "POST", folosit estimarea prețului unei curse.

Controller-ul "RebalancingController" are două *endpoint*-uri securizate. Acestea sunt accesibile doar administratorilor. Unul este de tip "GET" și permite obținerea tuturor mutărilor efectuate la ultima rebalansare a parcărilor. Celălalt este de tip "POST" și permite declansarea procedurii de rebalansare a parcărilor.

5. Clasele de utilitate folosite

Am folosit unele clase utilitare care m-au ajutat să structurez mai bine codul și să ușurez implementarea.

Clasa "PeriodConverter" preia un obiect de tip "String" și în funcție de conținutul lui returnează un obiect de tip "Date". Este folositoare la vizualizarea statisticilor și la algoritmul de rebalansare a parcărilor.

Clasa "InputDate" preia în *Controller* un JSON care încapsulează componentele unei date calendaristice și îl trimită mai departe la *Service* sub forma unui obiect de tip "Date".

Clasa "PercentageConverter" ajută la algoritmul de rebalansare a parcărilor, implementând metode pentru calcularea procentajului dintr-o cantitate, sau a unei fractii de cantitate pe procentajului.

Clasa "DistanceConverter" implementează o metodă care preia coordonatele geografice a două puncte sub forma (latitudine, longitudine) și calculează distanța în kilometri între cele două puncte. Este utilă la calcularea distanței dintre două parcări.

6. Algoritmi principali

Bineînțeles, nivelul algoritmic de interes al aplicației, raportat la problemă, este algoritmul care gestionează redistribuirea vehiculelor în scopul reballansării parcărilor.

Necesitatea algoritmului

În cadrul aplicatiei, utilizatorii au posibilitatea să realizeze cereri de închiriere a vehiculelor, pe care le pot activa, transformându-le în curse între parcările din oraș. În felul acesta, distribuția vehiculelor în parcări este într-o continuă dinamică. Totuși, există posibilitatea ca, din cauza localizării geografice, a punctelor de interes din zonă, sau alte motive, unele parcări să fie mult mai tranzitate decât altele. Sau mai bine zis, este posibil ca pentru unele parcări, cererea de închiriere a unui vehicul din acea parcare să fie mult mai mare decât cererea de închiriere a vehiculelor din alte parcări. Din acest motiv, ne dorim să utilizăm resursele, respectiv vehiculele într-un mod cât mai eficient, astfel încât, cu vehiculele existente să putem satisface un număr mai mare de cerințe. Dorim să redistribuim vehiculele din depou, sau din parcările cu un trafic redus, către parcările cu multe cerințe de închiriere. Totuși, este important să avem în vedere faptul că numărul de vehicule mutate dintr-o parcare trebuie să fie unul rezonabil, astfel încât să putem satisface și cerințele acelei parcări.

Descrierea algoritmului

În vederea implementării acestui algoritm, sunt necesare câteva etape.

- În primul rând, este necesar să calculăm o ierarhie a parcărilor în funcție de numărul de cereri de închiriere a mașinilor din fiecare parcare realizate într-o perioadă bine delimitată, care este cunoscută. Așadar, vom considera ca fiind cele mai importante acele parcări care au apărut de cele mai multe ori în cererile de închiriere ca loc de plecare, în perioada amintită. Folosim un *HashMap* care conține perechi de tipul (id parcare - număr plecări din parcarea respectivă în perioada dată). Calculăm de asemenea, numărul total de plecări înregistrat în perioada stabilită.
- Apoi, este necesar să calculăm numărul maxim de mașini ce ar putea fi mutate, însemnând numărul mașinilor ce se află în depou, la care adăugăm numărul mașinilor neimplicate în vreo cerere de închiriere care încă nu a fost finalizată. În caz de nevoie, aceste mașini pot fi oricând redistribuite.
- În acest moment, putem actualiza structura *HashMap* sus amintit, astfel încât să conțină perechi de tipul (id parcare - număr de vehicule). Numărul de vehicule alocat fiecărei parcări este compus în felul următor: calculăm procentajul pe care îl reprezintă plecările din parcarea respectivă din totalul de plecări înregistrat în perioada stabilită. Apoi, numărul de vehicule asignat este numărul de vehicule din totalul celor care pot fi mutate, corespondent procentajului calculat. În felul acesta, distribuim mașinile în mod proporțional cu importanța parcărilor.
- Pe baza *HashMap*-ului obținut anterior, implementăm algoritmul de redistribuire a vehiculelor în felul următor: Într-o buclă *for* principală, parcurm parcările în ordinea importanței lor. Pentru fiecare în parte, stabilim numărul de vehicule pe care vom încerca să îl adăugăm efectiv, reprezentând minimul dintre valoarea din *HashMap* și numărul de locuri disponibile rămase după finalizarea cererilor de închiriere aflate în desfășurare, prin care vor ajunge vehicule în parcarea respectivă. Odată stabilit acest număr, începem o buclă *while*, în care vom căuta să mutăm mai întâi vehiculele din depou, neasignate niciunei parcări, apoi, dacă mai este nevoie, pornind de la cea mai neimportantă parcare, adăugăm vehicule în parcarea pe care vrem să o rebalansăm. Astfel, avem pe de o parte parcarea pe care vrem să o rebalansăm, în care vrem să mutăm mașini, să zicem P1, și parcarea P2, din care

vrem să mutăm mașini.

- Dacă cumva valoarea din *HashMap* corespunzătoare lui P1 este mai mică decât valoarea din *HashMap* a lui P2, atunci trecem la următoarea parcare pe vrem să o rebalansăm.
- Dacă diferența dintre valorile din *HashMap* corespunzătoare lui P1, respectiv P2 este mai mică decât numărul de mașini pe care le putem muta din P2, atunci mutăm doar un număr de mașini egal cu această diferență. Procedăm în felul acesta pentru a menține totuși un nivel echilibrat, în sensul în care să nu luam mai multe mașini decât ar trebui, pentru ca și parcarea P2 să fie în continuare accesibilă.
- Dacă diferența dintre valorile din *HashMap* corespunzătoare lui P1, respectiv P2 este mai mare decât numărul de mașini pe care le putem muta din P2, atunci mutăm toate mașinile din P2 care se pot muta, cu excepția uneia, pentru a fi în continuare posibilă închirierea unei mașini din P2.

Vom realiza operația până când ajungem la o parcare cel puțin la fel de importantă sau până când adăugăm deja numărul de vehicule dorit, moment în care parcarea este rebalansată și trecem la următoarea cea mai importantă parcare pentru care repetăm procedeul. Își tot aşa, până când rebalansăm toate parcările care au nevoie de acest lucru.

Sigur că, aşa cum este prezentat, algoritmul pune mai bine în valoare rebalansarea parcărilor, în sensul nefolosirii depoului, atunci când depoul este gol. Tot mai din acest motiv, am ales ca pe setul de date de testare, depoul să fie gol, iar mutările să se realizeze efectiv între parcări.

7. Comparația cu un articol din bibliografie

În modul în care este descrisă în articolul din "IEEE Access" [Hu+21], problema este mult mai complexă și dificil de implementat. În primul rând, abordarea dinamică, în mod automat la intervale mici de timp, face abordarea diferită, deoarece în cazul unei rebalansări statice, aşa cum am implementat eu, nu au sens rebalansările succesive foarte apropriate, deoarece este nevoie de timp pentru a se modifica istoricul parcărilor. În problema descrisă în articol, implementarea este mult mai grea, fiind luați în calcul mai mulți parametrii, precum: o reducere a costurilor de transport atunci când se mută mașinile, nivelul de satisfacție al

utilizatorilor, timpii dintre intervalele stabilite. Prin urmare, am ales să implementez euristica descrisă mai sus.

8. Testarea aplicației

Am realizat testare automată pentru unele metode din stratul de servicii, folosind pachetele JUnit, Mockito și AssertJ. [7]

JUnit este folosit pentru adnotări.

Mockito este folosit pentru injectări de servicii și rezultate așteptate și pentru *mock-uri*, reprezentând apele la diferite *Repository* sau *Bean-uri*.

AssertJ este folosit pentru afirmații ce urmează a fi verificate în cadrul testelor.

```
201
202     }
203
204
205     @Test
206     public void whenDeleteParkingIsCalled_WithValidValues_ThenReturnCorrectResponse() {
207         Mockito.when(parkingRepository.findParkingById(parking.getId())).thenReturn(parking);
208
209         try (MockedStatic<JwtUtil> mockedJwtUtil = Mockito.mockStatic(JwtUtil.class)) {
210             // Arrange
211             mockedJwtUtil.when(() -> JwtUtil.isAuthorizedAdmin(token)).thenReturn(true);
212
213             // Act
214             ResponseEntity<String> deleteParking = parkingService.deleteParkingById(token, parking.getId());
215
216             // Assert
217             Assertions.assertThat(deleteParking).isNotNull();
218             Assertions.assertThat(deleteParking.getBody()).isEqualTo("Ok");
219             Assertions.assertThat(deleteParking.getStatusCode()).isEqualTo(HttpStatus.OK);
220         }
221     }
```

Testarea manuală a fost implementată în cadrul programului Postman, unde pentru aproape fiecare *endpoint* am creat câte un request pe care l-am testat, inclusiv pe baza jetoanelor.

4.3 Aplicația ReactJs pentru *Frontend*

1. Tehnologii utilizate

Aplicația este scrisă în limbajul JavaScript, folosind librăria React. Pentru importul unor containere predefinite, precum Button, Container, etc am folosit librăria Bootstrap.

Harta orașului este preluată și apoi populată cu marcatoarele specifice parcărilor și depourilor folosind API-ul de la Google Maps [6].

Pentru încărcarea diagramelor am folosit două librarii, x-charts.js și charts.js

2. Securitatea

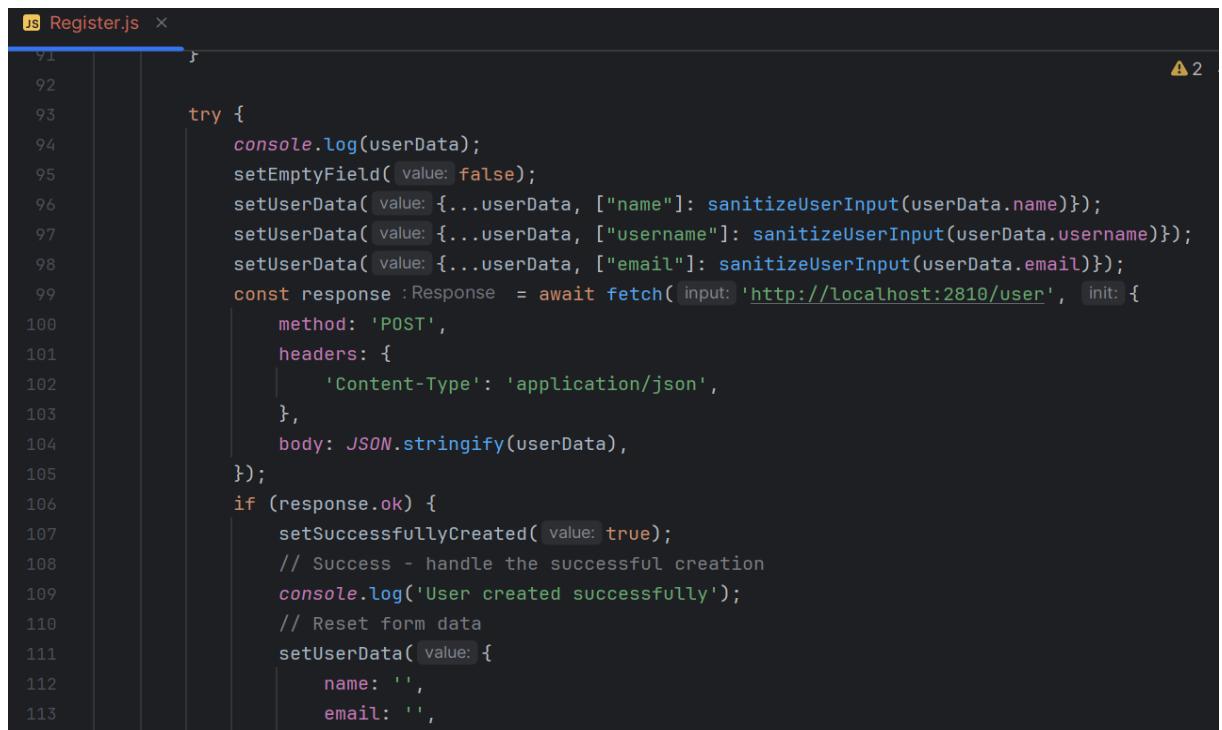
Partea de securitate este dezvoltată în două privințe.

În primul rând, atunci când se preiau datele introduse de utilizator, acestea sunt sanitizate, în scopul evitării atacurilor de tip *SQL Injection*. Această operațiune este importantă mai ales la partea de înregistrare și autentificare.

În al doilea rând, în momentul logării în aplicație, este primit de la server jetonul de autentificare. Pe baza lui este permis sau nu accesul în paginile aplicației. Lucrul acesta ajută la prevenirea atacurilor prin care un utilizator, încercând să folosească structura URL-urilor, dorește să obțină acces la pagini sau resurse nepermise lui.

3. Comunicarea cu aplicația *server*

Comunicarea cu server-ul aplicației se realizează prin *fetch*-uri la *endpoint*-urile acestuia, specificând, împreună cu URL-ul ce conține parametrii suplimentari (în cazul metodelor "GET"), *body*-ul (în cazul metodelor "PUT" și "POST"), și *header*-ele apelului, ce conține și jetonul de autentificare.



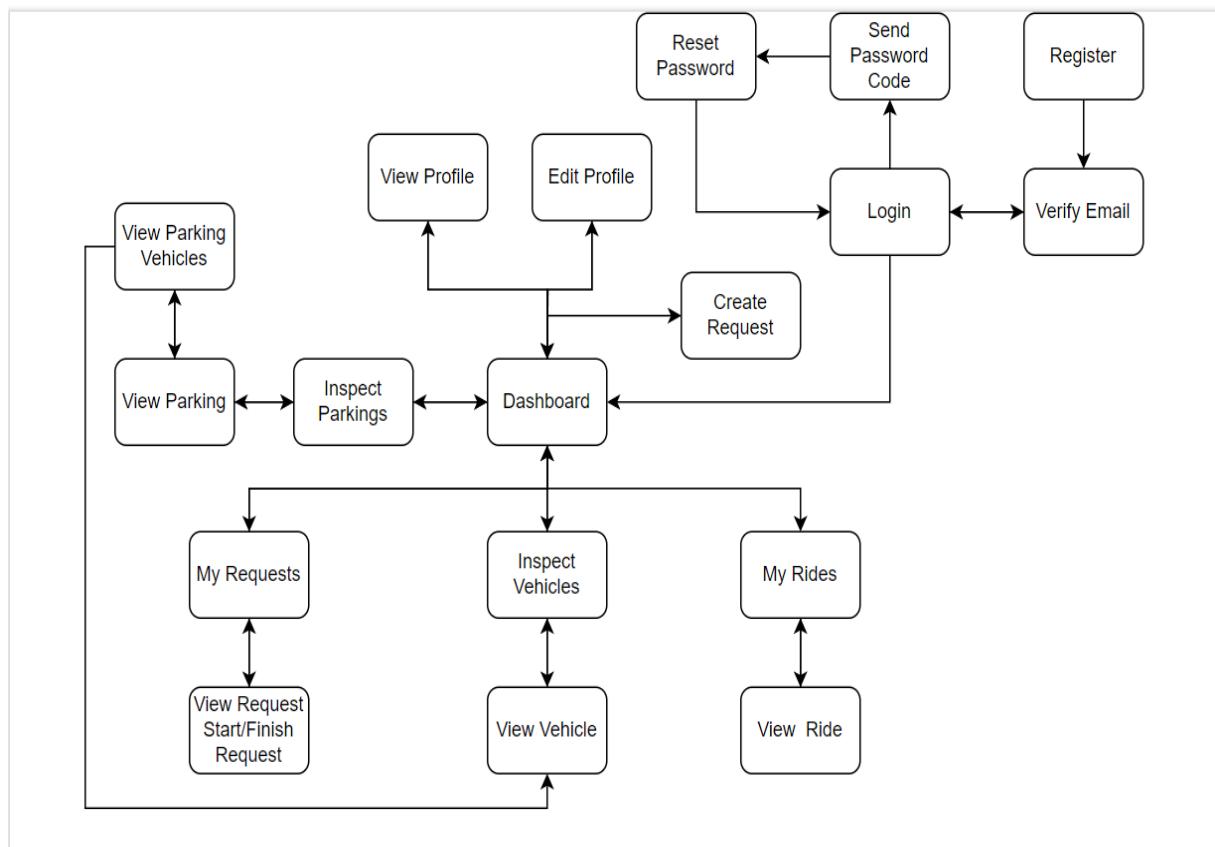
```
js Register.js x
91
92
93     try {
94         console.log(userData);
95         setEmptyField( value: false );
96         setUserData( value: {...userData, ["name"]: sanitizeUserInput(userData.name)} );
97         setUserData( value: {...userData, ["username"]: sanitizeUserInput(userData.username)} );
98         setUserData( value: {...userData, ["email"]: sanitizeUserInput(userData.email)} );
99         const response : Response = await fetch( input: 'http://localhost:2810/user' , init: {
100             method: 'POST',
101             headers: {
102                 'Content-Type': 'application/json',
103             },
104             body: JSON.stringify(userData),
105         });
106         if (response.ok) {
107             setSuccessfullyCreated( value: true );
108             // Success - handle the successful creation
109             console.log('User created successfully');
110             // Reset form data
111             setUserData( value: {
112                 name: '',
113                 email: ''
```

Pe baza răspunsului primit de la server, se determină comportamentul ulterior al paginii.

4. Resursele aplicației Fiecare pagini a aplicației îi corespunde câte un fișier JavaScript în care este descris atât comportamentul paginii în funcție de apelurile către server și răspunsurile primite de la acesta. Paginile JavaScript sunt structurate ca o funcție ce returnează codul HTML, elementele acestuia având în marea majoritate CSS-ul injectat, prin atributul "style". Aspectul paginilor este unul simplist, dar totuși funcționalitățile sunt ușor de utilizat și intuitive.

Rutarea aplicației are loc în fișierul "App.js", unde pentru fiecare URL al aplicației, se face redirectarea către componenta specifică, ce returnează pagina.

5. Modulul de utilizator

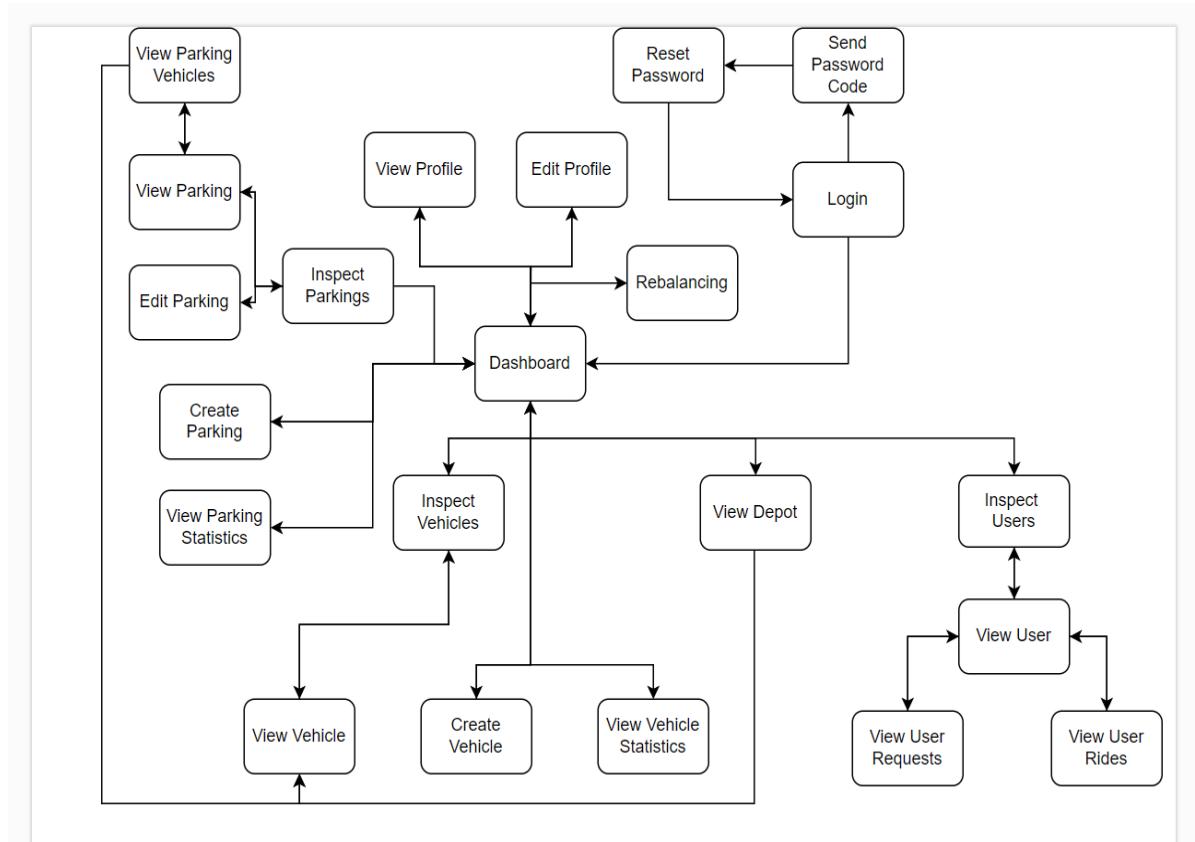


Modulul de utilizator are 18 pagini printre care utilizatorul poate naviga.

În diagrama de mai sus sunt prezentate fluxurile principale între paginile aplicației din modulul de utilizator. Majoritatea acestor pagini conțin butoane și casete de text. Prin apăsarea butoanelor, se preia conținutul casetelor de text, se fac anumite verificări și apoi se face *fetch* la API-ul de la aplicația server. În funcție de răspunsul primit, se afișează un text sau se redirecționează la o altă pagină. Unele dintre pagini, cum ar fi "Dashboard", "Inspect Parkings", "View Parking", "Create Request" conțin harta și marcatoarele uneia sau a mai multor parcări, preluate cu ajutorul API-ului de la Google Maps.

Mai multe amănunte despre paginile acestea și modul lor de funcționare sunt descrise în capitolul următor.

6. Modulul de administrator



Modulul de administrator are 22 pagini printre care administratorul poate naviga. Fiind prestabilit, nu e nevoie de pagina cu verificarea e-mailului și pagina de înregistrare.

În diagrama de mai sus sunt prezentate fluxurile principale între paginile aplicației din modulul de administrator. Majoritatea acestor pagini conțin butoane și casete de text. Prin apăsarea butoanelor, se preia conținutul casetelor de text, se fac anumite verificări și apoi se face *fetch* la API-ul de la aplicația server. În funcție de răspunsul primit, se afișează un text, diagrame sau se redirecționează la o altă pagină. Unele dintre pagini, cum ar fi "Dashboard", "Inspect Parkings", "View Parking", "Rebalancing", "Parking Statistics" conțin harta și marcatoarele uneia sau a mai multor parcări, preluate cu ajutorul API-ului de la Google Maps [6].

Mai multe amănunte despre paginile acestea și modul lor de funcționare sunt descrise în capitolul următor.

Capitolul 5

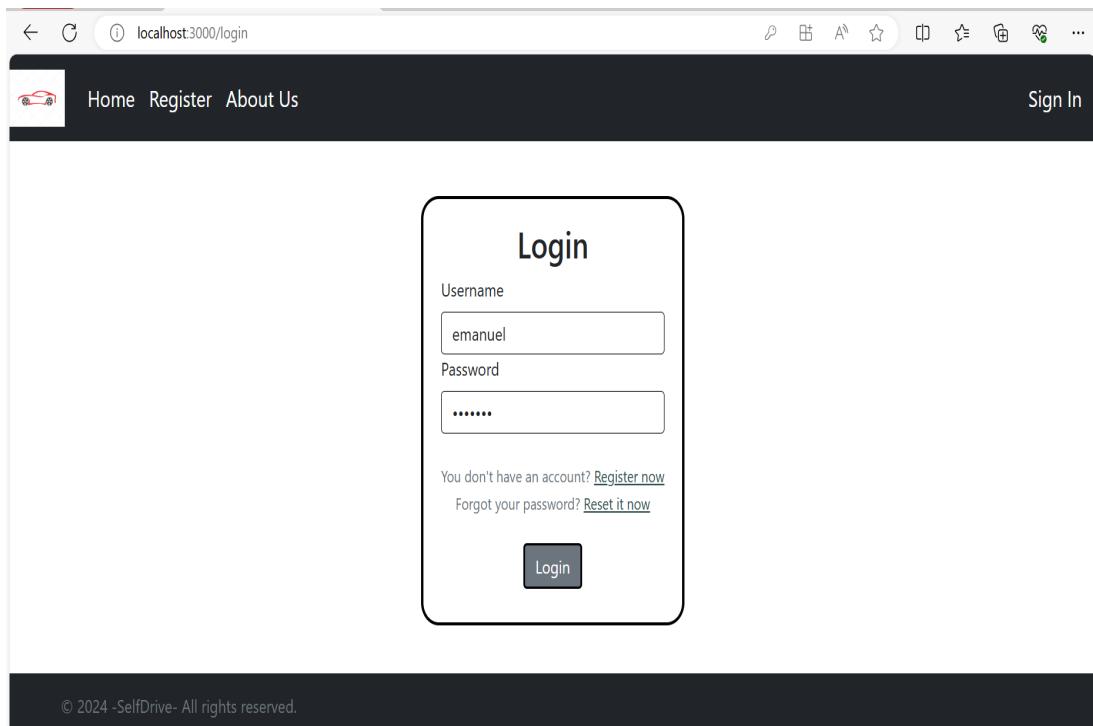
Manual de instalare și utilizare

5.1 Manual de instalare

Pentru a instala și a rula cele două aplicații, cea de Server și cea Web, trebuie să fie urmati următorii pași:

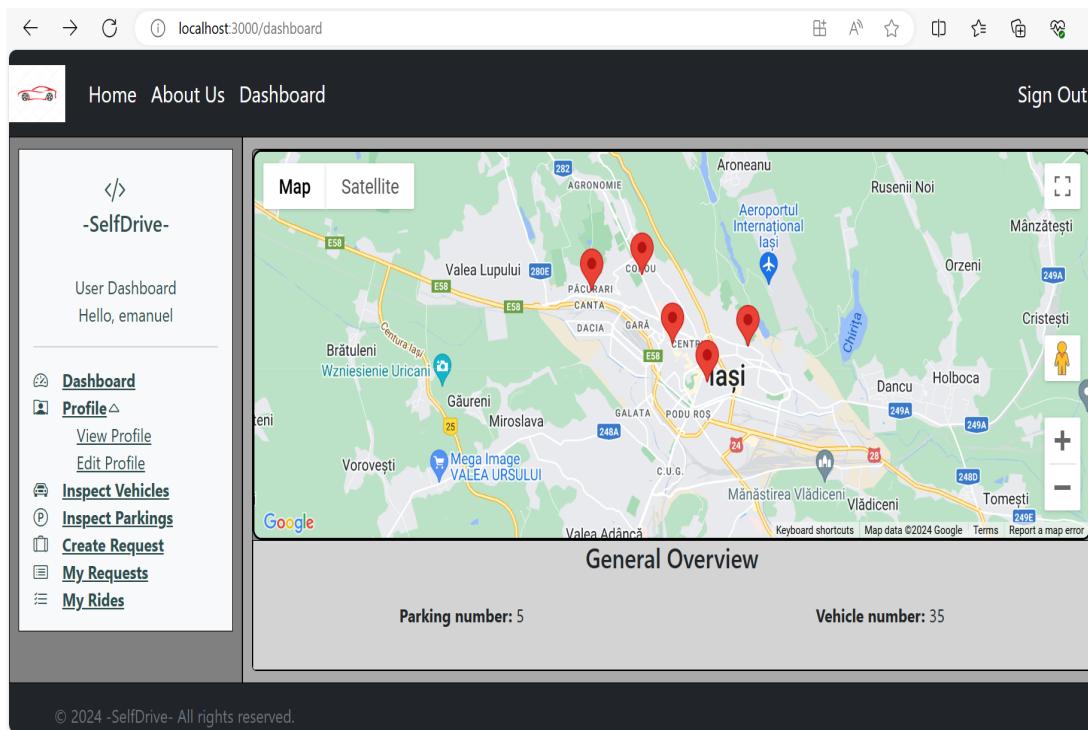
1. Se instalează PostgreSQL, pgAdmin4, Node.js, npm și un IDE ce poate folosi Spring Boot (de exemplu, IntelliJ).
2. Se instalează și se configurează versiunea 17 de Java și 3.11 de Python.
3. Se creează baza de date folosind pgAdmin4.
4. Folosind libraria Jasypt [1], se criptează detaliile bazei de date și a contului de Gmail folosite, și se trec în fișierul "application.properties".
5. Se rulează aplicația server, din folderul "/web-jpa-demo-application-second-try/src" în felul acesta creându-se și tabelele, secvențele, constrângerile bazei de date.
6. Detaliile bazei de date, precum numele ei, numele de utilizator și parola se scriu în *script*-ul de Python, la începutul lui, în locul indicat.
7. Se rulează *script*-ul de populare a bazei de date, "main.py" din "/Database Script".
8. În folderul "/web-jpa-demo-application-second-try/frontend" se rulează comanda "npm install" pentru a se instala dependențele necesare rulării aplicației React.
9. Apoi, în același folder se rulează comanda "npm start" pentru a lansa aplicația în *browser*.
10. Dacă diferă, se modifică porturile folosite în *Controller*-e.

5.2 Manual de utilizare a modulului de utilizator



Pagina de autentificare a aplicației este una foarte importantă. Până când autentificarea nu este realizată, utilizatorul nu are acces la funcționalitățile aplicației. În această pagină, trebuie introduse datele de autentificare, reprezentate de numele de utilizator și parola contului. În cazul în care autentificarea este realizată cu succes, utilizatorul va fi redirectionat către *dashboard*-ul lui. În caz contrar, un mesaj de atenționare va fi afișat.

De asemenea, utilizatorul poate să navigheze spre pagina de înregistrare sau spre cele de resetare a parolei. Înregistrarea este etapa creării unui cont, utilizatorul fiind nevoie să introducă date. În cazul unei înregistrări reușite, el va fi informat de lucru acesta, primind pe e-mail un cod de verificare pe care trebuie să îl introducă în pagina de verificare a adresei de e-mail. În caz negativ, el va fi atenționat asupra acestui aspect. Nu se poate autentifica până când nu își verifică adresa de e-mail. Pentru resetarea parolei există două pagini. În prima dintre ele utilizatorul va introduce adresa de e-mail folosită la crearea contului. Acolo va primi un cod de resetare a parolei, pe care îl va introduce în cea de-a doua pagină, alături de noua parolă.



Pagina de *dashboard* a utilizatorului conține în partea dreaptă o hartă a orașului unde se pot observa marcatoarele parcărilor. Apăsând pe un marcator, se pot vizualiza informațiile de bază ale parcării și se poate apăsa un buton ce redirecționează către pagina de vizualizare a mașinilor din acea parcare. În partea stângă a paginii, există un meniu de unde utilizatorul poate accesa alte opt pagini.

În primul rând, poate vizita paginile în care își poate vizualiza sau edita profilul. Poate, de asemenea, să acceseze paginile de unde poate vizualiza vehiculele și parcările din aplicație. Una dintre cele mai importante pagini pe care o poate apela este cea de unde poate crea o nouă cerere de închiriere. De asemenea, poate să își vizualizeze cererile de închiriere existente, de unde poate și activa sau finaliza o cerere. Nu în ultimul rând, poate să vizualizeze cursele efectuate în trecut.

The screenshot shows a web browser window with the URL localhost:3000/user/fb33a723-0093-4d00-9613-22d71156ddb5/create-request. The page has a dark header with a car icon, 'Home', 'About Us', 'Dashboard', and 'Sign Out'. The main content area features a 'Create Request Form' on the left and a map of Iasi on the right.

Create Request Form:

- Use Preference
- Date:
- Departure: Select Departure
- Arrival: Select Arrival
- Start Hour: Enter start hour
- End Hour: Enter end hour

Map: The map shows the city of Iasi with several red location markers indicating parking spots. Labeled areas include Rediu, Cărlig, Şorogari, Aroneanu, Rusenii N., Valea Lupului, Păcurari, Canta, Dacia, GARĂ, CENTRU, GALATA, PODU ROS, and Chirila. Major roads like E58, E85, and 282 are visible, along with the Aeroportul Internațional Iași. A legend at the bottom left indicates 'Mega Image'.

Pagina de creare a unei cereri de închiriere conține în partea stânga harta orașului cu marcatoarele parcărilor, iar în partea dreaptă, un formular cu detaliile noii cereri ce se dorește a fi creată. Utilizatorul trebuie să introducă data calendaristică, parcările de unde vrea să închirieze, respectiv să predea mașina, orele între care dorește ca închirierea să aibă loc, tipul dorit al vehiculului. În acel moment, va avea de ales între vehiculele disponibile. Dacă nu există vehicule disponibile care să întrunească toate detaliile cererii de închiriere, el poate fie aștepta, fie schimba anumite criterii până când găsește cel puțin un vehicul disponibil. Adițional, poate alege să selecteze butonul "Use Preference", ceea ce înseamnă că parcările și tipul vehiculului vor fi selectate automat, pe baza preferințelor sale din trecut.

localhost:3000/user/fb33a723-0093-4d00-9613-22d71156ddb5/create-request

06/16/2024	Departure	Piața Unirii
	Arrival	Pacurari
12	Start Hour	14
Sedan	Vehicle Type	IS-38GDV (Toyota Avensis)
Estimated Price: 21.70		
Create Request		

În momentul în care toate câmpurile sunt complete și cererea de închiriere poate fi creată cu succes, apare și o estimare a prețului cursei. Apăsând pe butonul "Create Request", dacă cererea este creată cu succes, va fi disponibilă în pagina "My Requests". Altfel, va fi afișat un mesaj de atenționare.

localhost:3000/user/fb33a723-0093-4d00-9613-22d71156ddb5/request?page=1

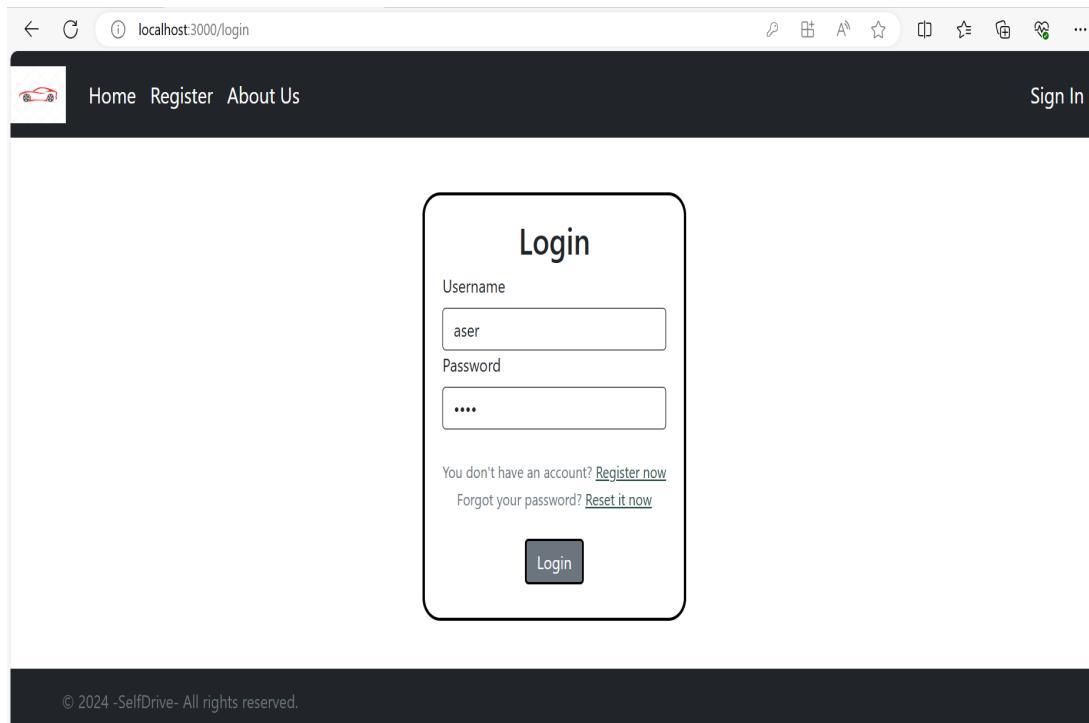
Requests of user emanuel							
Sort by Date		Search by Id	Search...				
ID	Date	Departure	Arrival				
3	2024-06-16	Piața Unirii	Pacurari	View	Finish Request		
4	2024-06-16	Copou	Piața Unirii	View	Edit	Delete	Start Request

Next

© 2024 -SelfDrive- All rights reserved.

În imaginea de mai sus este ilustrată pagina de vizualizare a cererilor de închiriere existente. În dreptul lor, pot apărea mai multe butoane, în funcție de acțiunile ce pot fi realizate asupra lor. Astfel, o cerere de închiriere care nu a fost activată, poate fi vizualizată, editată, ștearsă sau activată. O cerere de închiriere care a fost activată dar nu a fost încă finalizată, poate fi vizualizată sau finalizată. Iar o cerere de închiriere ce a fost deja finalizată, poate fi doar vizualizată.

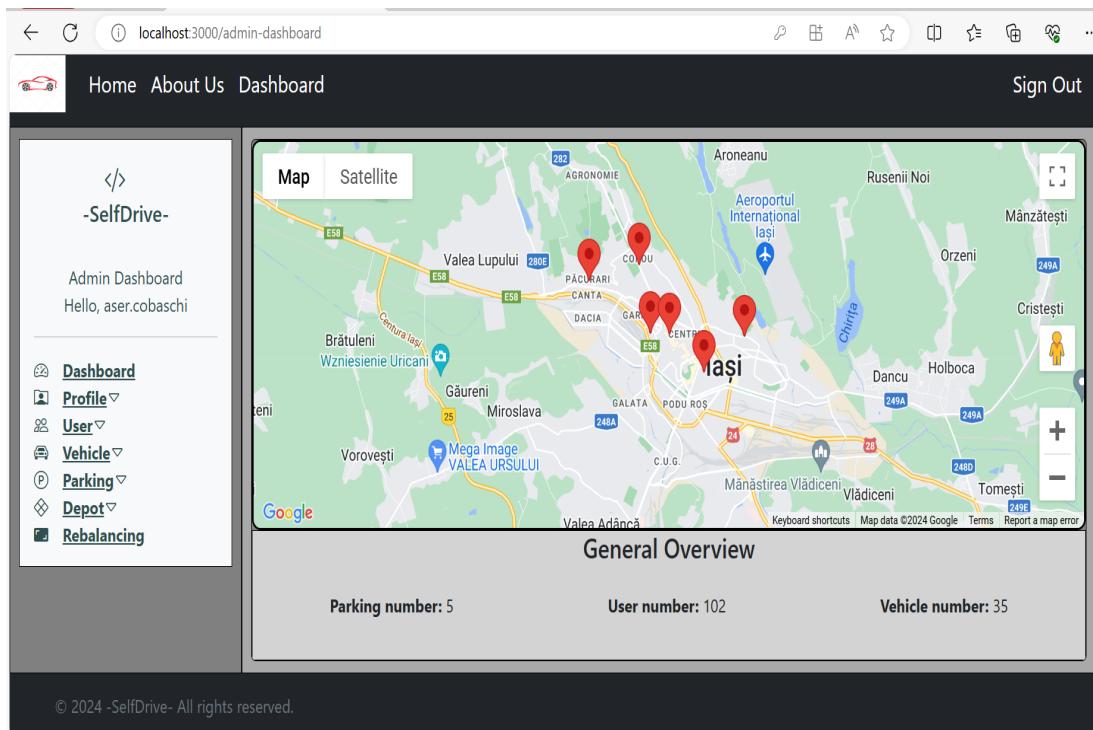
5.3 Manual de utilizare a modulului de administrator



Pagina de autentificare permite și accesul administratorului la funcționalitățile aplicației. După ce autentificarea este realizată cu succes, el va fi redirectionat către *dashboard*-ul lui. În caz contrar, un mesaj de atenționare va fi afișat.

Nu există o pagină de înregistrare ca și administrator.

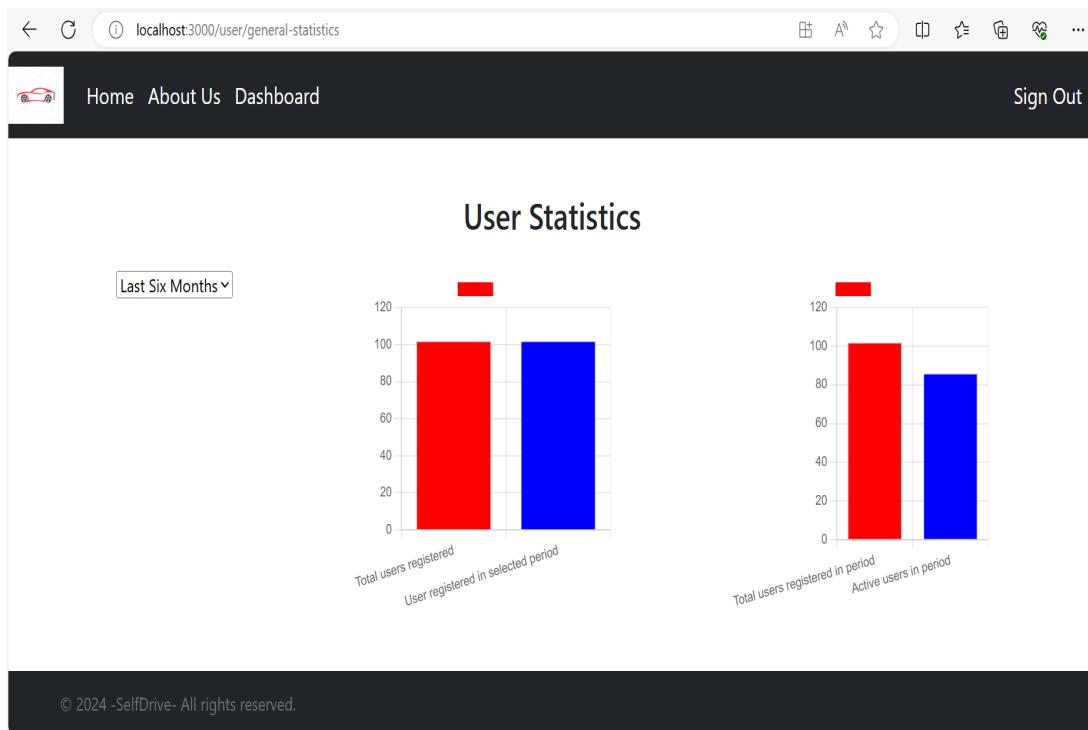
Însă, administratorul are și el acces la paginile de resetare a parolei, descrise în același mod ca în cazul utilizatorului.



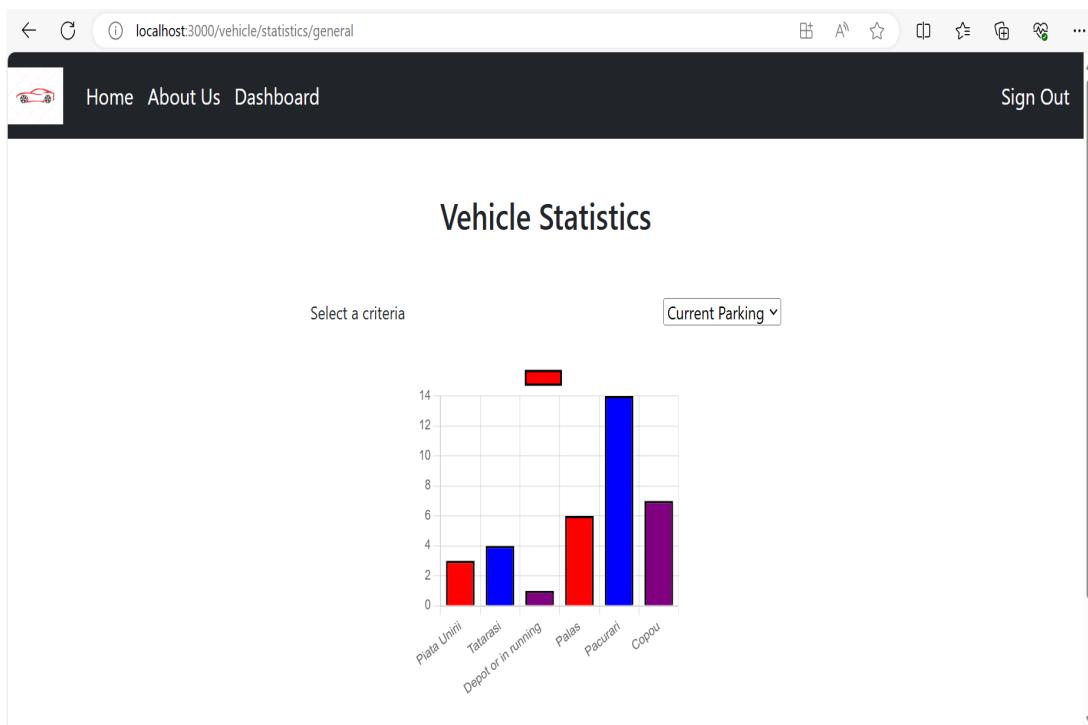
În imaginea de mai sus se observă pagina de *dashboard* a administratorului, conține în partea dreaptă o hartă a orașului unde se pot observa marcatoarele parcărilor și a depourilor (în cazul acesta, unul singur). Apăsând pe un marcator, se pot vizualiza informațiile de bază ale parcărilor și depourilor și se poate apăsa un buton ce redirectionează către pagina de vizualizare a mașinilor din acea parcare, respectiv depou. În partea stângă a paginii, există un meniu de unde administratorul poate accesa alte pagini.

În primul rând, cu ajutorul submeniului "Profile", administratorul poate naviga spre paginile de unde își poate vizualiza, respectiv edita profilul.

Prin submeniul "User", el poate accesa pagina de unde poate inspecta lista cu toți utilizatorii existenți. Poate edita, șterge contul oricărui utilizator, având de asemenea posibilitatea de a vizualiza activitatea lui. Totodată, poate vizualiza pagina de statistici legate de activitatea utilizatorilor, pagină ilustrată prin imaginea de mai jos. Se observă cele două diagrame, în care sunt reprezentate raporturile dintre totalul utilizatorilor înregistrati și numărul de utilizatori înregistrati în perioada selectată, respectiv raportul dintre totalul utilizatorilor înregistrati în perioada selectată și numărul de utilizatori activi din perioada selectată, care au realizat cel puțin o cerere de închiriere.



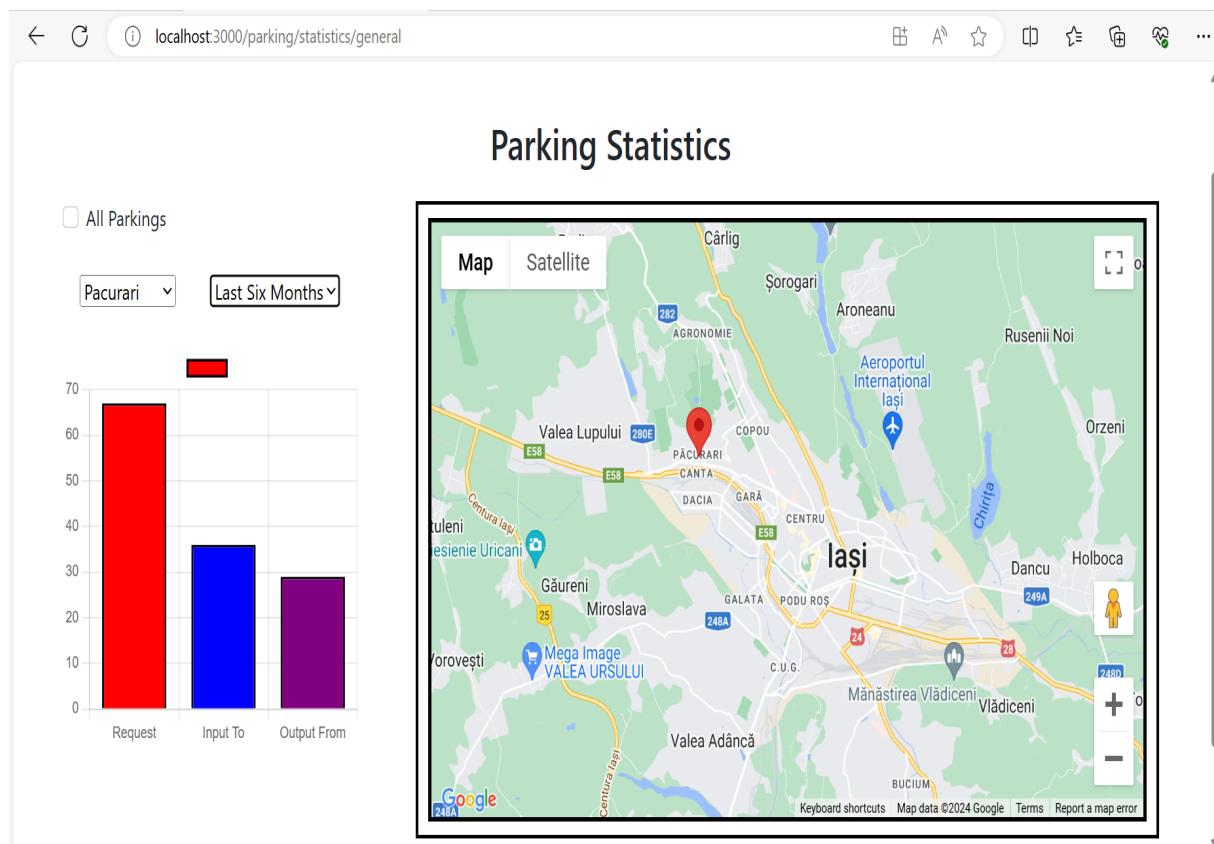
Un alt submeniu este "Vehicle". Acesta permite administratorului să navigheze spre trei pagini. O pagină de vizualizare a tuturor vehiculelor din aplicație, una în care se pot introduce vehicule noi în sistem și una în care se pot vizualiza statistici legate de distribuția vehiculelor în funcție de tip, an de fabricație, parcarea curentă, etc.



În imaginea de mai sus se observă un exemplu de statistică ce ilustrează repartizarea vehiculelor în funcție de parcarea curentă, depou sau starea de deplasare.

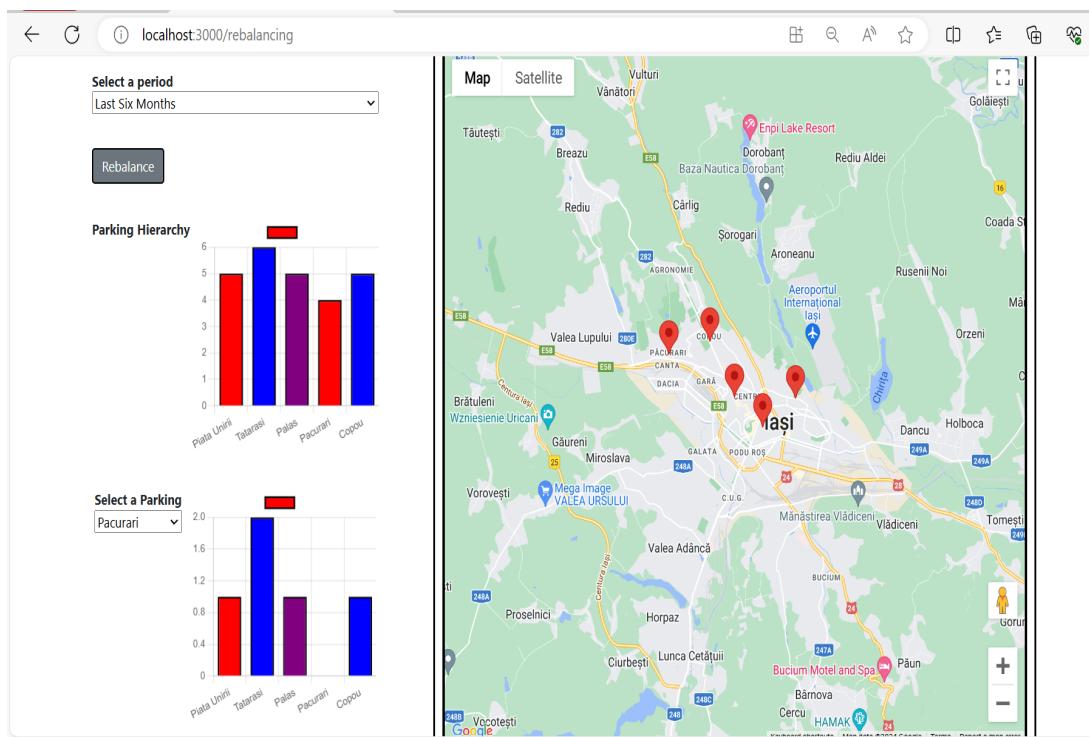
Un alt submeniu pe care îl poate accesa administratorul este "Depot". Acolo, el poate naviga spre pagina unde poate vedea detaliile depoului sau spre pagina unde poate vizualiza lista cu mașinile din depou.

De asemenea, este disponibil submeniul "Parking", prin care administratorul poate naviga spre trei pagini. Prima dintre ele este pagina care permite vizualizarea listei cu toate parcările. Fiecare dintre această parcare poate fi inspectată mai amănuntit, inclusiv o pagină dedicată cu vehiculele din ea, poate fi editată sau ștearsă din aplicație. Apoi, mai este disponibilă o pagină de creare a unei parcări ce urmează a fi introdusă în aplicație. Ultima dintre acestea trei o reprezintă pagina în care se pot vizualiza statistici referitoare la activitatea desfășurată în parcări într-o anumită perioadă.



În imaginea de mai sus, ce reprezintă pagina de statistici a parcărilor, se poate observa un exemplu de ilustrare a activității parcării cu numele "Pacurari" din ultimele sase luni. Totodată, este ilustrat și marcatorul de pe hartă al parcării specificate. Dacă

ar fi fost selectat butonul "All Parkings", atunci în statistici ar fi intrat activitatea din toate parcările, iar pe hartă ar fi fost reprezentate marcatoarele tuturor parcărilor.



Cea mai importantă pagină pe care o poate accesa administratorul este cea de rebalansare a parcărilor. Aici, în primă fază, este afișată harta cu distribuția parcărilor, fiecare cu marcatorul specific. De asemenea, este o casetă de selectare a perioadei pentru care se dorește a face interogarea istoricului activității din fiecare parcare. Apoi se apasă pe butonul "Rebalance", moment în care este rulat algoritmul de rebalansare, iar rezultatele sunt afișate sub forma a două diagrame, ca în imaginea de mai sus.

Prima diagramă reprezintă ierarhia parcărilor cu privire la importanța lor, respectiv numărul de vehicule pe care ar fi de dorit să îl primească la rebalansare fiecare parcare. A doua diagramă permite vizualizarea mutărilor din fiecare parcare în vederea rebalansării. Așadar, pe exemplul de mai sus, vedem că din parcarea selectată, "Pacurari", un vehicul a fost mutat în parcarea "Piata Unirii", două în "Tatarasi", unul în "Palas" și unul în "Copou".

În cazul în care rebalansarea nu produce niciun efect, se afișează un mesaj corespunzător. Acest lucru se poate întâmpla fie din cauza faptului în trecutul apropiat s-a efectuat altă rebalansare și încă nu s-au înregistrat un număr suficient de cereri de închiriere care să determine nevoia unei rebalansări, fie din cauza faptului că nu sunt

vehicule disponibile pentru a fi mutate, fie că nu e suficient loc în parcările unde ar trebui să introducem vehicule, etc.

Concluzii

În concluzie, aplicația server are toate metodele necesare aplicației Web implementate. De asemenea, modulele de utilizator și de administrator sunt complet funcționale. Cu toate acestea, lucrarea de licență poate fi îmbunătățită în multe feluri.

În primul rând, pot fi adăugate funcționalități noi. Poate fi creată o etapă de introducere a unor documente, pentru atestarea capacitatilor de a conduce un vehicul, documente ce pot fi validate cu ajutorul unui model de inteligență artificială. De asemenea, ar putea fi implementat un sistem de plăți pentru achitarea curselor.

În al doilea rând, securitatea aplicației ar putea fi îmbunătățită, folosind protocolul HHTTPS, însă, dacă nu este implementat bine, acest lucru ar putea genera alte vulnerabilități.

De asemenea, ar putea fi creat un algoritm de predictie pentru a putea anticipa de câte mașini ar fi nevoie la un moment dat într-o stație.

Algoritmul de rebalansare ar putea fi îmbunătățit de asemenea. Spre exemplu, atunci când se realizează mutările dintr-o parcare în alta sau din depou în vreo parcare, s-ar putea ține cont și de distanță, în sensul reducerii costului mutărilor.

Nu în ultimul rând, CSS-ul aplicației Web ar putea fi îmbunătățit și realizat într-o manieră mult mai interactivă.

Bibliografie

- [EAW13] Dimitrios Efthymiou, Constantinos Antoniou și Paul Waddell, "Factors affecting the adoption of vehicle sharing systems by young drivers", în *Transport Policy* 29 (2013), pp. 64–73, ISSN: 0967-070X, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2013.04.009>, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X13000607>.
- [Hu+21] Runqiu Hu et al., "Dynamic Rebalancing Optimization for Bike-Sharing System Using Priority-Based MOEA/D Algorithm", în *IEEE Access* 9 (2021), pp. 27067–27084, DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3058013.
- [1] *Criptarea și decriptarea folosind Jasypt*, URL: <https://www.baeldung.com/spring-boot-jasypt>.
- [2] *Criptarea unei parole în Java*, URL: <https://www.baeldung.com/java-password-hashing>.
- [3] *Demonstrație Spring Boot Email*, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7mVTfnOIJ08>.
- [4] *Generarea numelor în mod aleatoriu*, URL: <https://randommer.io>.
- [5] *Ghid de Spring Email*, URL: <https://www.baeldung.com/spring-email>.
- [6] *Integrarea Google Map cu React*, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=iP3DnhCUIsE>.
- [7] *Testarea folosind Mockito, JUnit și AssertJ*, URL: <https://www.geeksforgeeks.org/unit-testing-in-spring-boot-project-using-mockito-and-junit/>.