

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Омельяненко Станіслав Володимирович

УДК 004.942

**Гібридна система планування та оптимізації транспортних перевезень в
реальному часі**

122 – Комп'ютерні науки

Автореферат
магістерської наукової роботи на здобуття освітньої кваліфікації
«Магістр комп'ютерних наук»

Миколаїв – 2019

Магістерська наукова робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем

Науковий керівник:

д.т.н., професор Ю. П. Кондратенко

Рецензент:

к.т.н., ст. викладач Г. В. Горбань

Захист відбудеться «25» лютого 2019 р. о 9³⁰ год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З магістерською науковою роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «___» лютого 2019 р.

Секретар

екзаменаційної комісії,

к.пед.н., доцент

Н. М. Болюбаш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи полягає в тому, що проблема маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами та обмеженою вантажомісткістю є проблемою, яка часто зустрічається в логістичній галузі, де на щоденній основі транспортні засоби повинні доставляти вантажі зі складів до клієнтів. Є необхідність в гібридній системі, яка не тільки буде вирішувати транспортні задачі з урахуванням часових вікон і обмежень вантажомісткості, але й буде враховувати і планувати в реальному часі події робочого процесу, дотримуючись яких водії і компанії отримують більший прибуток і зменшать транспортні затрати дотримуючись всіх законів держав і мінімізуючи ризики пов'язані цим.

Метою магістерської наукової роботи є динамічне планування та оптимізація в реальному часі транспортних маршрутів.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

- 1) проаналізувати сучасний стан проблеми планування маршрутів в реальному часі;
- 2) дослідити існуючі аналогічні системи для планування та оптимізації транспортних маршрутів;
- 3) визначити існуючі методи та підходи до планування транспортних вантажоперевезень з часовими вікнами;
- 4) дослідити особливості застосування евристичних алгоритмів для вирішення задач маршрутизації в реальному часі;
- 5) сформулювати структуру майбутньої системи планування маршрутів, базу даних, та визначити її функціональні можливості;
- 6) розробити програмний додаток для планування транспортних маршрутів в реальному часі з врахуванням особливостей та вимог, які висувуються до даної задачі.

Об'єкт дослідження – методи та технології планування маршрутів.

Предмет дослідження – методи планування транспортних маршрутів в реальному часі.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні власної унікальної гібридної інформаційної системи для планування та оптимізації транспортних перевезень в реальному часі з врахуванням ризиків, що пов'язані з людським фактором. Успішне використання, такої системи, спроможне мінімізувати ризики пов'язані з плануванням робочого часу та оптимально максимізувати прибутки логістичних компаній або індивідуальних користувачів даної системи.

Публікації. На тему магістерської наукової роботи опубліковано тези в XXI Всеукраїнській науково-методичній конференції «Могилянські читання – 2018: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти» на тему «Планування транспортних перевезень із часовими вікнами і обмеженою пропускнуою здатністю».

Структура магістерської наукової роботи. Магістерська наукова робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 92 сторінки, 23 рисунки, 31 формулу та 93 посилань на літературні джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі визначається актуальність теми та проводиться короткий огляд поставленої задачі.

У першому розділі проводиться аналіз сучасного стану вирішення транспортних задач.

Транспортна задача (ТЗ) складається з проектування маршрутів постачання з найменшою вартістю через набір географічно розкиданих клієнтів, з урахуванням ряду сторонніх обмежень. Ця проблема займає центральне місце в управлінні розподілом і щоденно з нею стикаються десятки тисяч перевізників по всьому світу. Проблема виникає в декількох формах через різноманітність обмежень, що виникають на практиці. Протягом більше 50 років ТЗ привертає увагу великої частини науково-дослідної спільноти. Це частково пояснюється економічною важливістю проблеми, а також методологічними проблемами, які вона ставить. Наприклад, задача комівояжера (TSP), яка є особливим випадком ТЗ, тепер може бути вирішена для тисяч і навіть десятків тисяч вершин. ТЗ набагато важче

вирішити. Наприклад, досі важко вирішувати випадки з одним або двома сотнями клієнтів за допомогою точних алгоритмів, у відносно простому випадку, коли існують лише обмеження потужності (так званий ТЗ з обмеженою ємністю транспортних засобів, CVRP). В останні роки велика частина дослідницьких зусиль перетворилася на розвиток потужних мета-евристик.

Існують різні класи або варіації ТЗ: ТЗ з обмеженою ємністю (CVRP), ТЗ з часовими вікнами (VRPTW). У CVRP, флот ідентичних вантажівок розташованих у центральному депо повинен бути оптимально розподілений щоб обслуговувати клієнтів з певними вимогами.

Проводиться аналіз останніх публікацій та досліджень у сфері вирішення транспортних задач.

Данціг і Рамсер описали, що ТЗ може розглядатися як узагальнена задача комівояжера (TSP). Вони описали узагальнення TSP з кількома продавцями і назвали цю проблему "проблемою листа конюшини", назва, що є самою картиною проблеми. Якщо є m продавців, то ми будемо посилатися на проблему листа конюшини як m -TSP, менш ясне ім'я. Якщо в m -TSP ми вводимо умову, що конкретні поставки робляться в кожному місці, за винятком місця початку, ми отримуємо проблему Данціга і Рамсера. Очевидно, що VRP ідентичний з m -TSP, якщо загальна потреба у всіх місцях менше, ніж ємність одного транспортного засобу. Стандартний довідник по TSP редагували Ловера, Ленца і Шмойца. У цій книзі Хоффман і Вольф описують, як важливість TSP виходить з того, що вона типова для інших проблем її жанру: комбінаторної оптимізації. Раніше Данціг співпрацював з Фулкерсоном та Джонсоном у розробці точного підходу до TSP. Зовнішній вигляд їхньої роботи «Рішення масштабної проблеми подорожуючого продавця» (Данціг, Фулкерсоном, Джонсоном, 1954) в журналі «Operations Research» за словами Гофмана і Вулфа – «одна з головних подій в історії комбінаторної оптимізації». У цій роботі автори вперше з кожною поїздкою пов'язували вектор, записи якого індексуються дорогами між містами. Введення цього вектора дорівнює 1, коли проходить дорога між двома містами, інакше вона дорівнює 0. Вони також визначають лінійні рівняння, які забезпечують, щоб усі

міста відвідувалися точно один раз у всіх варіантах подорожі. Ці рівняння називаються обмеженнями ступеня. По-друге, вони визначили лінійну цільову функцію, яка виражала вартість подорожі як суму дорожніх відстаней послідовних пар міст у турі. Проблема полягає в тому, щоб звести до мінімуму лінійну цільову функцію таким чином, щоб обмеження ступеня були задоволені, а рішення сформувало тур. По-третє, автори зробили задачу лінійного програмування з цієї задачі цілочисельного програмування, визначивши достатньо додаткових лінійних обмежень на вектори, щоб переконатися, що мінімум приймається деякою екскурсією. Це призводить до введення обмежень на ліквідацію часткових подорожів, що виключає рішення, де міста відвідуються точно один раз, але в безлічі часткових подорожів. Однак автори відзначили, що існують інші типи обмежень, які іноді повинні бути додані в доповнення до обмежень для виключення часткової подорожі, щоб виключити вектори рішень, що включають дробові записи.

У другому розділі проводиться аналітичний огляд методів та алгоритмів для планування транспортних перевезень. Транспортна задача з часовими вікнами (VRPTW) є важливим узагальненням класичної *VRP*, в якому обслуговування кожного клієнта повинно починатися протягом заданого часового вікна $[a_i, b_i]$. Транспортному засобу дозволено прибути до a_i і чекати, поки клієнт не стане доступним, але прибуття після b_i заборонено. *VRPTW* має численні застосування в управлінні розподілом. Загальними прикладами є постачання напоїв і їжі, доставка газет і збір промислових відходів (Наприклад, Голден, Ассав і Васіл, 2002). *VRPTW* є *NP*-жорсткою, оскільки узагальнює *CVRP*, яка виходить при $a_i = 0$ і $b_i = \infty$ для кожного клієнта i . У випадку фіксованого розміру флоту, навіть знаходження реального рішення для *VRPTW* само по собі є *NP*-повною проблемою (Савелзберг, 1985). Як результат, дослідження з *VRPTW* зосереджені на евристиці. Проте, коли проблема є достатньо обмеженою (тобто, коли часові вікна є досить вузькими), реалістичні екземпляри можна оптимально вирішити за допомогою методів математичного програмування.

Транспортна задача з часовими вікнами (VRPTW) може бути визначений на орієнтованому графі $G = (V, A)$ де $|V| = n + 2$, а депо представлено двома вершинами 0 і $n + 1$. Можливі маршрути транспортного засобу відповідають шляхам, що починаються з вершини 0 і закінчуються вершиною $n + 1$. Набір транспортних засобів позначається K , $|K| = m$. Нехай s_i позначає час служби в i (з $s_0 = s_{n+1} = 0$) і t_{ij} - час в дорозі від i до j . Додатково до часового вікна $[a_i, b_i]$ прив'язана кожна вершина

$i \in N = V \setminus \{0, n+1\}$, часові вікна $[a_0, b_0]$ і $[a_{n+1}, b_{n+1}]$ також можуть бути пов'язані з вершиною депо. Якщо на транспортний засіб не накладаються особливі обмеження доступності, можна просто встановити $a_0 = \min_{i \in N} \{a_i - t_{0i}\}$, $b_0 = \max_{i \in N} \{b_i - t_{0i}\}$, $a_{n+1} = \min_{i \in N} \{a_i + s_i + t_{i,n+1}\}$, $b_{n+1} = \max_{i \in N} \{b_i + s_i + t_{i,n+1}\}$. Як і в CVRP, нехай q_i позначає вимогу замовника i , і нехай Q є місткістю транспортного засобу.

Незважаючи на те, що для VRPTW є кілька моделей, цю задачу часто формулюють як багатокомпонентну мережеву модель потоку з часовими вікнами та обмеженнями місткості. Ця модель включає два типи змінних: бінарні змінні x_{ij}^k , $(i, j) \in A, k \in K$, дорівнює 1 тоді і тільки тоді, коли $arc(i, j)$ використовується транспортним засобом k , і постійні змінні w_i^k , $i \in N, k \in K$, що вказує час, з якого транспортний засіб k починає обслуговування вершини i . Нехай $\delta^+(i) = \{j : (i, j) \in A\}$, $\delta^-(j) = \{i : (i, j) \in A\}$. Потім завдання може бути викладена наступним чином (Дезрочерз, 1988):

$$\text{мінімізувати } \sum_{k \in K} \sum_{(i, j) \in A} c_{ij}^k x_{ij}^k \quad (1)$$

при цьому

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in \delta^+(i)} x_{ij}^k = 1, \quad i \in N, \quad (2)$$

$$\sum_{j \in \delta^+(0)} x_{0j}^k = 1, \quad k \in K, \quad (3)$$

$$\sum_{j \in \delta^-(j)} x_{ij}^k - \sum_{j \in \delta^+(j)} x_{ij}^k = 0, \quad k \in K, j \in N, \quad (4)$$

$$\sum_{j \in \delta^-(n+1)} x_{i,n+1}^k = 1, \quad k \in K, \quad (5)$$

$$x_{ij}^k (w_i^k + s_i + t_{ij} - w_j^k) \leq 0, \quad k \in K, (i, j) \in A, \quad (6)$$

$$a_i \leq w_i^k \leq b_i, \quad k \in K, i \in V, \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} q_i \sum_{j \in \delta^+(i)} x_{ij}^k \leq Q, \quad k \in K, \quad (8)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}, \quad k \in K, (i, j) \in A. \quad (4)$$

Цільова функція (1) мінімізує загальну вартість маршрутизації. Обмеження (2) стверджують, що кожного клієнта відвідують точно один раз, а обмеження (3) - (5) переконайтеся, що кожен транспортний засіб використовується точно один раз і що це збереження потоку задоволені на кожній вершині клієнта. Консистенція тимчасових змінних w_i^k забезпечується через обмеження (6), тоді як часові вікна накладаються (7).

Ці обмеження також усувають субтюри. Нарешті, обмеження (8) забезпечують виконання обмеження пропускної спроможності транспортного засобу. Постановка (1) - (9) нелінійна через обмеження (6). Однак ці обмеження можуть бути лінеаризовані наступним чином:

$$w_j^k \geq w_i^k + s_i + t_{ij} - M_{ij}(1 - x_{ij}^k), \quad k \in K, (i, j) \in A, \quad (10)$$

де $M_{ij} = \max\{0, b_i + s_i + t_{ij} - a_j\}$ константа. Як запропонував Дезрочерз і Лапорте (1991), межі часу змінних b_i^k також можна посилити:

$$w_i^k \geq a_i + \sum_{j \in \delta^-(i)} \max\{0, a_j - a_i + s_j + t_{ij}\} x_{ij}^k, \quad k \in K, i \in V, \quad (11)$$

$$w_i^k \leq b_i - \sum_{j \in \delta^+(i)} \max\{0, b_i - b_j + s_j + t_{ij}\} x_{ij}^k, \quad k \in K, i \in V.$$

Як і для більшості інших проблем маршрутизації транспортних засобів, важко вирішити цю проблему саме за допомогою класичних симплексних методів розподілення і прив'язки, навіть для невеликих випадків. Це значною мірою пояснюється тим, що релаксація задачі лінійного програмування (LP) забезпечує слабку нижню межу. Перший алгоритм оптимізації для VRPTW можна віднести до

Колінса (1987), який використовував динамічне програмування в поєднанні з релаксацією простору станів (Крістофідес., 1981б), щоб обчислити нижчі межі в алгоритмі, пов'язаному з відгалуженням. Екземпляри з n 15 були вирішені за допомогою цього підходу. Більшість наступних алгоритмів покладаються або на генерацію дійсних нерівностей для посилення релаксації LP або на математичні методи розкладання. У цьому розділі розглядаються три основні доступні підходи: лагранжева апроксимації, генерування стовпців і розподілень. Додаткові посилання на підходи можна знайти в огляді Кордеу (2002а).

Через складність VRPTW та його високу практичну актуальність, існує справжня потреба у розробці швидких алгоритмів, здатних виробляти якісні рішення в короткі обчислювальні часи. Евристику можна також використовувати для забезпечення верхніх меж точних алгоритмів, описаних у попередньому розділі. Цей розділ описує три основні класи евристики для VRPTW: конструкторська евристика, евристики вдосконалення, і мета-евристика.

В третьому розділі проводиться вирішення транспортної задачі обраними методами та підходами. Проблема маршрутизації транспортного засобу (VRP) може бути піддана різним обмеженням, таким як обмеження на вантажомісткість транспортного засобу та часові вікна прибуття. Ми розглянемо конкретний випадок VRP – Проблема з маршрутизацією транспортних засобів з часовими вікнами та обмеженою вантажомісткістю. Ми можемо описати проблему таким чином: вантажі повинні доставлятися до місць доставки кількома транспортними засобами, що відправляються з центрального депо. Транспортні засоби повинні забирати всі вантажі з депо протягом певного часового вікна. Аналогічно, кожний транспортний засіб повинен прибути в кожне місце доставки протягом певного часового вікна, що відповідає цій точці. Кожен транспортний засіб має обмежену вантажомісткість і кожна доставка має певний розмір. Мета полягає в тому, щоб визначити графік маршруту, який мінімізує пройденої відстань, враховуючи наступні обмеження:

1. Кожен транспортний засіб починає свій маршрут на депо.
2. Загальний розмір вантажів, призначених для конкретного водія, не може перевищувати вантажомісткості транспортного засобу.

3. Кожне місце доставки повинна обслуговуватися одним і лише одним транспортним засобом.

4. Кожна доставка повинна бути завершена протягом заданого часового вікна.

Існує N шляхів доставки, які можна відвідати максимально з M транспортних засобів. Припустимо, що депо є вузлом 0. Розмір кожної доставки $i, i \in [1, 2, 3, \dots, N]$, визначається як q_i , тоді як часове вікно - $[e_i, l_i]$. Час навантаження в депо $[e_0, l_0]$. Кожен транспортний засіб $k, k \in [1, 2, 3, \dots, M]$ має максимальну вантажомісткість Q_k . Визначимо час руху між вузлами i та j для транспортного засобу k як $t_{i,j}^k$, а $d_{i,j}^k$ - відстань між вузлами i та j для транспортного засобу k . Як і в нашому випадку, ми не змушуємо транспортні засоби повертатися назад до депо, встановлюємо $t_{i,0}^k = 0$. Ми можемо описати проблему математично (Жето, Ву і Хокб 2011) як:

$$\text{Мінімізувати } \sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N d_{i,j}^k x_{i,j}^k \quad (12)$$

З обмеженнями:

$$x_{i,j}^k = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i \neq 0 \text{ і } j \neq 0 \text{ і } i \neq j \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (13)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N x_{i,j}^k = 1 \text{ для } j \in [1, 2, 3, \dots, N], \quad (14)$$

$$\sum_{k=1}^M \sum_{i=0}^N x_{i,j}^k = 1 \text{ для } i \in [1, 2, 3, \dots, N], \quad (15)$$

$$\sum_{i=0}^N x_{i,l}^k - \sum_{j=0}^N x_{l,j}^k = 0 \text{ для } k \in [1, 2, 3, \dots, M], l \in [1, 2, 3, \dots, N], \quad (16)$$

$$\sum_{j=0}^N q_j \left(\sum_{i=0}^N x_{i,j}^k \right) \leq Q_k \text{ для } k \in [1, 2, 3, \dots, M], \quad (17)$$

$$e_i \leq a_i \leq l_i \text{ для } i \in [1, 2, 3, \dots, N], \quad (18)$$

$$e_0 \leq p_k \leq l_0 \text{ для } k \in [1, 2, 3, \dots, M], \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^N x_{0,j}^k \leq 1 \text{ для } k \in [1, 2, 3, \dots, M], \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{i,0}^k \leq 1 \quad \forall k \in [1, 2, 3, \dots, M], \quad (22)$$

де N – кількість поставок, M – кількість транспортних засобів, a_i – час прибуття транспортного засобу на вузол i і p_k – час перебування транспортного засобу k на депо. Цільова функція у формулі (12), щоб мінімізувати загальну пройдену відстань для всіх транспортних засобів. Обмеження: (14) і (15) для того, щоб переконатися, що один і тільки один транспортний засіб відповідно прибуває і відходить від кожного з вузлів; (16) забезпечує безперервність маршруту; (17) гарантує, що загальний розмір вантажу, що приймаються транспортним засобом, не перевищує його вантажомісткості; (18) і (19) переконатися, що часові вікна виконані; (20) і (21) переконатися, що кожен транспортний засіб використовується не більше одного разу.

Hours of Service (HOS) правила видані Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA), які регулюють робочий час будь-якого діючого комерційного автомобіля (CMV) у Сполучених Штатах. Ці правила застосовуються до водіїв вантажівок, водіїв комерційних і міських автобусів, а також до водіїв шкільних автобусів, які експлуатують CMV. Ці правила обмежують кількість щоденних та щотижневих годин, витрачених на водіння та роботу, і регулюють мінімальний обсяг часу, який водії повинні провести у спокої між робочими змінами. Для внутрішньодержавної торгівлі застосовуються відповідні державні правила.

Алгоритм пошуку із заборонами, показує самі кращі показники в порівнянні з розглянутими евристичними алгоритмами. Пошук чергується між двома околиця і включає в себе процедуру інтенсифікації спрямоване на усунення маршрутів лише кілька клієнтів. Пошук із заборонами використовує околиці, засновану на обмін клієнтів між маршрутами. Адаптивна пам'ять визначається записуванням кращих маршрутів, отриманих в ході пошуку. Ця пам'ять потім використовуються для побудови нових вихідних рішень для пошуку із заборонами. І реактивний пошук із заборонами, що динамічно коригує свої значення параметрів на основі поточного статусу пошуку. Цей підхід застосовується до багатьох різних типів проблем з

часовими вікнами, в тому числі CVRPTW. Його надійність виходить від простої структура околиці, яка може бути легко адаптована до різних проблеми. А саме, кожен клієнт видаляється і перевставляється повторно в деяких інших місцях в поточному рішенні.

З метою підвищення ефективності процесу пошуку, потрібно стежити не тільки за локальною інформацією (наприклад, поточне значення цільової функції), але і за деякою інформацією, пов'язаною з процесом розвідки. Це систематичне використання пам'яті є істотною функцією пошуку із заборонами(TS). Цієї ролі буде приділятися особлива увага в подальшому. У той час як більшість пошукових методів тримають в пам'яті значення $f(i^*)$ найкращого рішення i^* відвіданих до цього, TS буде також зберігати інформацію про маршрут через останні відвідані рішення. Така інформація буде використана, щоб направляти рух від i до наступного рішення j , що повинні бути обрані в $N(i)$. Роль пам'яті буде обмежити вибір для деякої підмножини $N(i)$, забороняючи, наприклад, рух до деяких сусідніх рішень.

Точніше, зауважимо, що структура околиці $N(i)$ рішення i буде насправді змінено від ітерації до ітерації. Тому було б більш доцільно включити TS в клас процедур, що називаються методи динамічного пошуку околиць.

Четвертий розділ присвячений програмній реалізації ІС. Структуру БД умовно розділемо на три блоки. Перший блок предстляє мобою спрощену струтуру компанії. Таблиця «organization» необхідна для відокремлення структури програми для декількох компаній, тобто система буде давати можливість незалежної взаємодії різним компаніям в багатокористувацькому режимі. Кожна компанія має вантажівки, причеи і водіїв (Рис. 1).

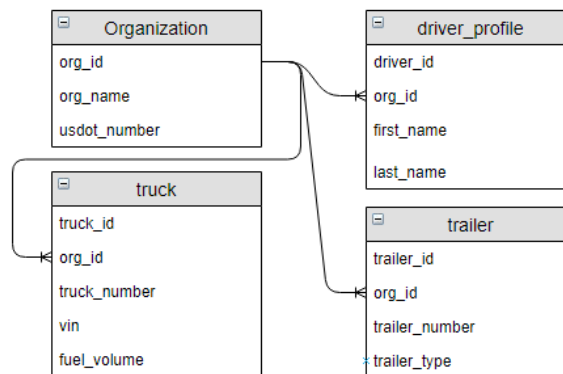


Рис. 1. Структура компанії

Другий блок представляє собою водія компанії (Рис. 2). В кожного водія існують події робочої діяльності, що представляють собою HOS дані в таблиці «eld_event». Додатково для водія існують заплановані робочі події, які представлені в таблиці «planned_eld_event».

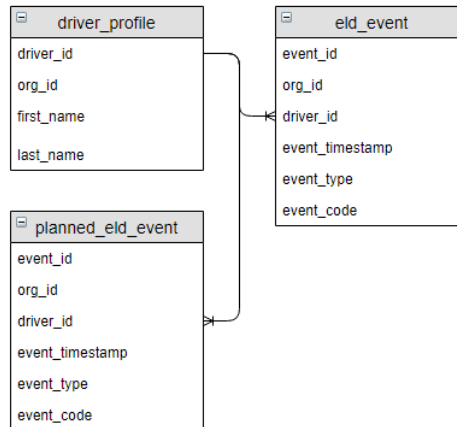


Рис. 2. Структура водія

Третій блок представляє спрощену схему запланованого маршрута для водія з декількома замовленнями (Рис. 3). В маршрута є свої зупинки, свого роду місця навантаження і розвантаження, до яких прив'язуються декілька замовлень, кожне з яких має свої місця навантаження і розвантаження.



Рис. 3. Структура маршрута з замовленнями

Гібридна система планування та оптимізації транспортних перевезень в реальному часі представлена у вигляді СППР. Розробка програмного продукту

виконана в середовищі розробки IntelliJ IDEA на мові програмування Java 8. Інтерфейс користувача побудовано за допомогою технологій AngularJS/Bootstrap 3.

ІС розроблена таким чином, щоб бути легко інтегрованою в будь-яку HOS систему, як окремий модуль. Для інтеграції, як модуля потрібні деякі налаштування та зміни.

Перший розділ ІС «Orders» («Замовлення») дає можливість створювати нові та переглядати існуючі замовлення. Інтерфейс користувача представлений у вигляді двох блоків (Рис. 4). Зліва безпосередньо представлено список замовлень, яким може керувати оператор системи. Також в системі можлива інтеграція із диспетчерськими системами для автоматичної синхронізації замовлень. В майбутньому планується інтеграція із платформами замовлень для більшої автономності та продуктивності.

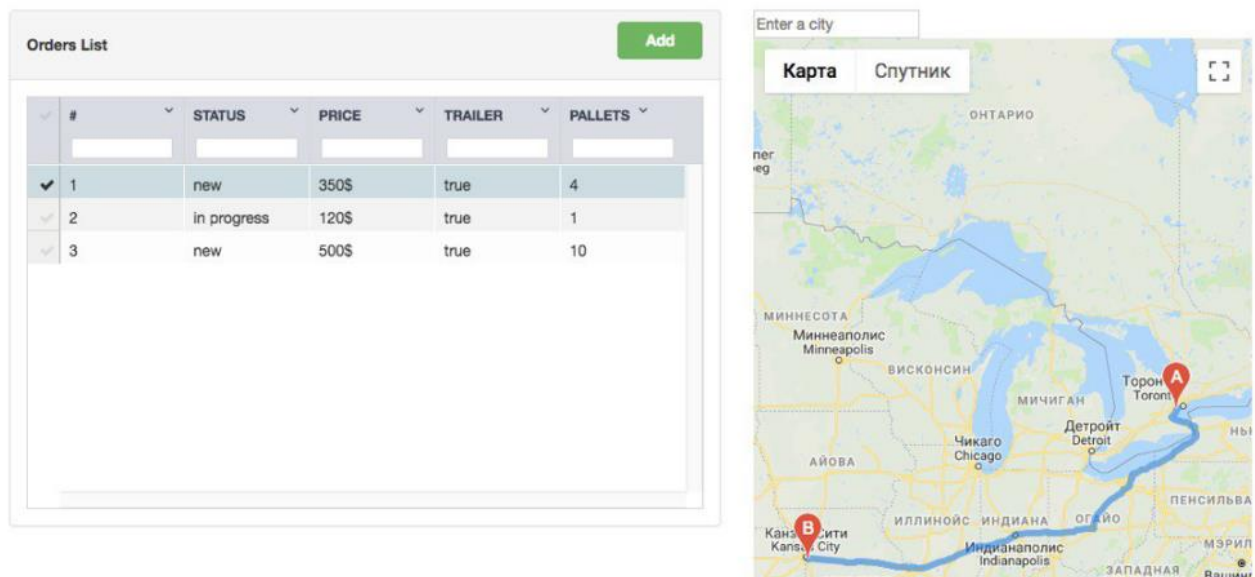


Рис. 4. Розділ керування замовленнями

Другий розділ ІС «ELD» призначений для перегляду HOS даних водіїв. Користувач повинен вибрати водія зі списку існуючих, по натисканню на якого відкриється вікно перегляду HOS даних водія (Рис. 5). Розділ несе чисто інформативний характер для розуміння якості роботи водіїв.

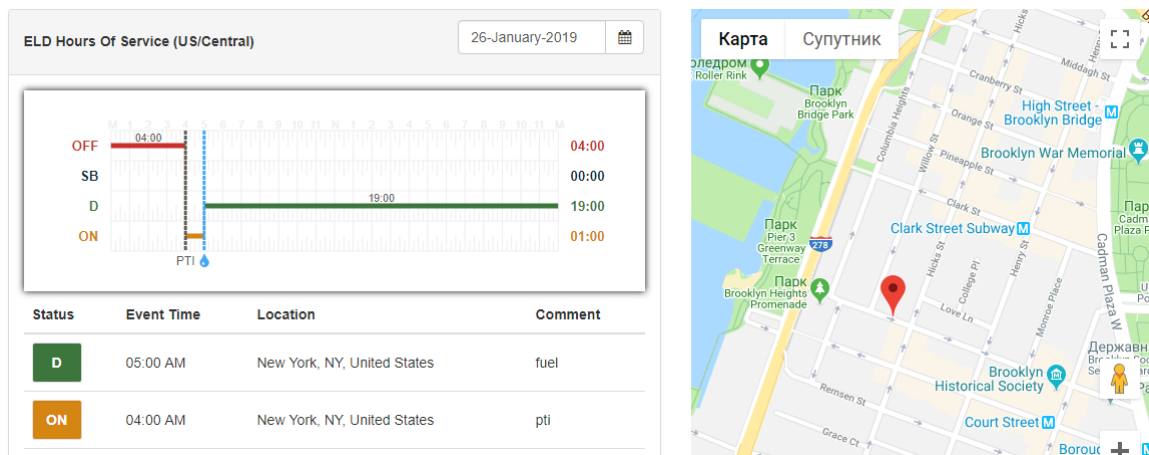


Рис. 5. Вікно перегляду HOS даних водія

Третій розділ «Order Search» («Пошук замовлень») є спрощеною візуальною реалізацією алгоритму для пошуку оптимального шляху (Рис. 6). Повноцінна реалізація алгоритму на даний час не має візуальної частини, оскільки представляє собою потужний диспетчерський комплекс, який активно розробляється наразі.

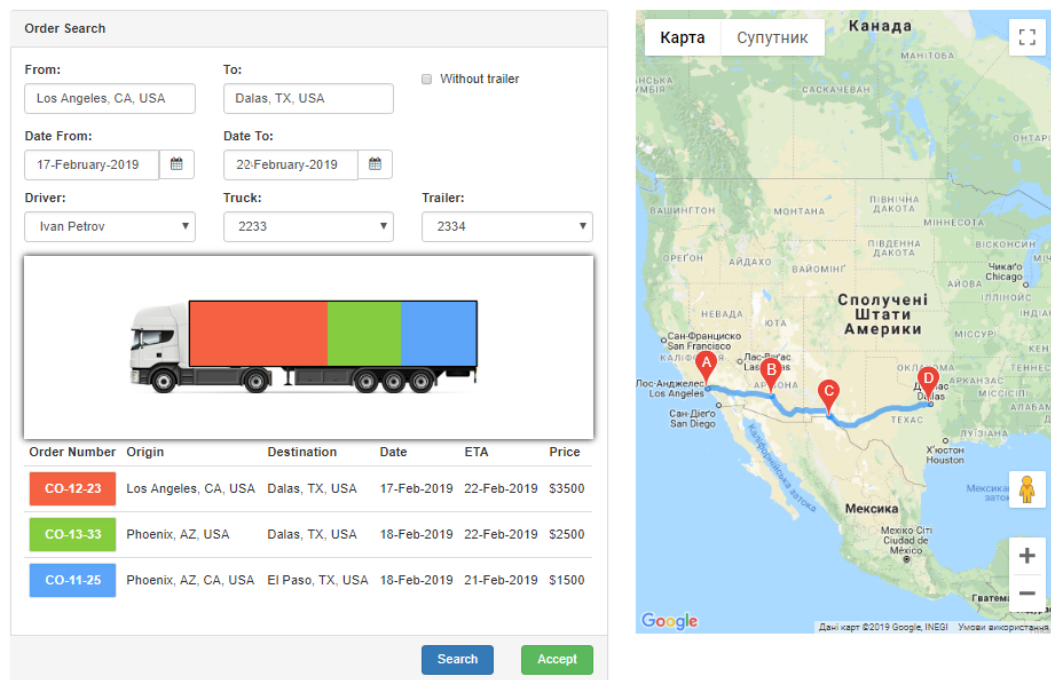


Рис. 6. Інтерфейс пошуку замовлення та формування маршруту

Четвертий розділ «ELD Planner» є результатом роботи третього розділу ІС і несе інформативний характер (Рис. 7). Відповідно до третього розділу ІС формується маршрут із замовленнями, які потрібно виконати, а також плануються ELD події водія, яких потрібно притримуватися для успішного виконання замовлень.

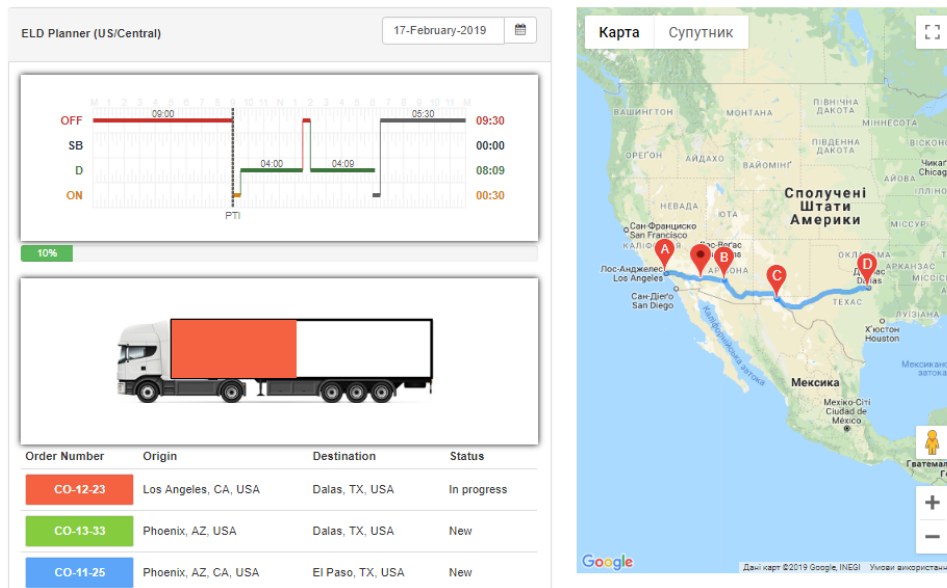


Рис. 7. Вікно перегляду прогресу виконання

У висновках проводиться аналіз проведеної роботи та отриманих результатів. ІС на даний час знаходиться в активній розробці, так як має необхідність і актуальність у використанні, тому що може заощадити купу часу і максимізувати прибуто логістичної компаніях. Планується по факту закінчення розробки даної системи інтегрувати її, як окремий модуль, в ІС «TrackEnsure», яка на даний момент нараховує тисячі клієнтів в Північній Америці. Модель розробленої ІС максимально приближений до моделі «TrackEnsure», і може бути з мінімальними втратами інтегрована для використання даних безпосередньо із системи «TrackEnsure».

В спеціальній частині "Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях" проаналізовано виробниче освітлення та мікрокліматичні умови на робочому місці в обраному підприємстві. Розроблено та продемонстровано структура БД з детальним описом кожної сутності. Наведена діаграма класів розробленої інформаційної системи. Змодельована розроблена інформаційну систему для виявлення та усунення пробілів в логіці роботи та взаємодії з користувачу

В спеціальній частині "Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях" надано рекомендації щодо покращення умов праці працівників в приміщенні ІТ-компанії «TrackEnsure LLC». Створено інструктаж для працівників на випадок надзвичайної ситуації.

В методичній частині до магістерської наукової роботи розроблено лекцію на тему «Види систем управління на основі IoT» та розроблено вказівку до виконання практичної роботи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Планування маршрутів вантажоперевезень є між організаційною проблемою координації; проблема планування не така складна, в її природі планування, як в її природі координації інформації. Технології для підтримки і включення повинні бути зосереджені на координації через спілкування, а не на одній тільки оптимізації.

Запропоновано багатокроковий двох режимний алгоритм планування та оптимізації транспортних перевезень в реальному часі, в основу якого покладено унікальне поєднання робочого часу водіїв та оптимальної побудови маршрутів з одночасним плануванням не тільки маршруту, але й плануванням оптимального графіка роботи водіїв, для успішного виконання запланованих маршрутів, з оцінкою ризиків, та переплануванням в режимі реального часу, що забезпечує максимізацію прибутків логістичних компаній.

Результатом виконання є унікальна гібридна система планування та оптимізації транспортних перевезень в реальному часі. Система має зрозумілий інтерфейс та легкість у використанні. Реалізація запропонованого багатокрокового гібридного алгоритму дозволяє швидко виконувати поставлені цілі, а врахування NOS, для кожного водія індивідуально, дозволяє оцінювати ризики автоматично та за необхідності динамічно змінювати, виключати та підбирати замовлення. Така автоматичність та динамічність робить дану систему системою реального часу.

Планується інтегрувати ІС, як окремий модуль, в ІС «TrackEnsure», яка на даний момент нараховує тисячі клієнтів в Північній Америці. Модель розробленої ІС максимально приближений до моделі «TrackEnsure», і може бути з мінімальними втратами інтегрована для використання даних безпосередньо із системи «TrackEnsure».

АНОТАЦІЯ

Омельяненко Станіслав Володимирович. Гібридна система планування та оптимізації транспортних перевезень в реальному часі. – На правах рукопису.

Магістерська наукова робота на здобуття освітньої кваліфікації «Магістр комп'ютерних наук». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2019.

Дана магістерської наукової роботи спрямовано на дослідження та розробку гібридної системи, яка не тільки буде вирішувати транспортні задачі з урахуванням часових вікон і обмежень вантажомісткості, але й буде враховувати і планувати в реальному часі події робочого процесу, дотримуючись яких водії і компанії отримують більший прибуток і зменшать транспортні затрати дотримуючись всіх законів держав і мінімізуючи ризики пов'язані цим.

Мета дослідження – динамічне планування та оптимізація в реальному часі транспортних маршрутів.

Об'єкт дослідження – методи та технології планування маршрутів.

Предмет дослідження – методи планування транспортних маршрутів в реальному часі.

Створена інформаційна система є унікальна гібридна система планування та оптимізації транспортних перевезень в реальному часі. Система має зрозумілий інтерфейс та легкість у використанні. Реалізація запропонованого багатокрокового гібридного алгоритму дозволяє швидко виконувати поставлені цілі, а врахування НОС, для кожного водія індивідуально, дозволяє оцінювати ризики автоматично та за необхідності динамічно змінювати, виключати та підбирати замовлення. Така автоматичність та динамічність робить дану систему системою реального часу.

Ключові слова: vehicle routing problem, vehicle routing problem with time windows, capacitated vehicle routing problem, Hours of Service, ELD

ABSTRACT

This master's research work focuses on the research and development of a hybrid system that not only solves traffic problems, taking into account time windows and constraints on cargo capacity, but will also take into account and plan real-time events in the work process, which adheres to which drivers and companies receive more profit and reduce transport costs by adhering to all laws of the states and minimizing the risks associated with it.

The purpose of the research is to dynamically plan and optimize real-time transport routes.

Object of research – methods and technologies of route planning.

Subject of research – methods of planning of transport routes in real time.

The created information system is a unique hybrid system of planning and optimization of transport in real time. The system has a clear interface and ease of use. The implementation of the proposed multistage hybrid algorithm allows you to quickly accomplish your goals, and HOS, for each driver individually, allows you to automatically assess the risks and, if necessary, dynamically change, exclude and pick up orders. This automatic and dynamic system makes this system a real-time system.

Keywords: vehicle routing problem, vehicle routing problem with time windows, capacitated vehicle routing problem, Hours of Service, ELD