

Тема 13 Транспортний потік та його різновиди

План теми

1. Аналітичний підхід до дослідження складних систем.....	1
2. Повнота моделі. Декомпозиція та агрегування	4
3. Прикладні методи дослідження транспортних потоків	7

1. Аналітичний підхід до дослідження складних систем.

Рух автотранспортних засобів (АТЗ) визначається поведінкою, як одного, так і колективу водіїв. Окремий водій, намагаючись досягти власного оптимального рішення, вступає в конфлікт з іншими, які взаємодіють з ним за допомогою обгонів, перестроювання, зміни смуги руху тощо. Така модель розглядається у рамках нівельованого підходу. Маневри кожного автомобілю можуть бути розцінені як ймовірнісні події.

Проте, у випадках, коли багато автомобілів рухається в групі, транспортний потік (ТП) може бути розглянутий як детермінований і безперервний. Застосування мікромоделей (як і будь-яке збільшення ступеню деталізації) спричиняє за собою збільшення точності опису і числа параметрів. Таким чином, з одного боку, при збільшенні міри деталізації опису об'єкту росте точність моделі, а з іншої - приріст параметрів веде до зменшення її точності. При рішенні багатовимірних оптимізаційних завдань управління зростають ресурсні витрати (час і протяжність), що утрудняють отримання прийняттого рішення.

Основні характеристики і діаграма транспортного потоку. Розрізняють наступні важливі характеристики транспортного потоку, а саме:

- інтенсивність транспортного потоку;
- щільність транспортного потоку;

середня швидкість потоку.

Ці параметри пов'язані наступним основним рівнянням:

$$v(t, x) = \frac{I(t, x)}{q(t, x)} \quad (1)$$

Розрізняють два види середньої швидкості транспортного потоку:

середню просторову швидкість v_s , і;

середню тимчасову швидкість v_t , які пов'язані наступним співвідношенням, визначеним для випадку руху по дорозі без перетинів:.

$$v_t = v_s \left(1 + \frac{\sigma_s^2}{v_s^2} \right) \quad (2)$$

де σ_s – дисперсія середньої просторової швидкості;

v_s – середня просторова швидкість, тобто середня швидкість n автомобілів, що знаходяться на заданій ділянці дороги в певний момент часу, км/год.;

v_t – середня тимчасова швидкість (середня швидкість n автомобілів, що проходять через заданий переріз дороги за певний проміжок часу).

Діаграма побудована у вигляді залежностей $v_s = f(I)$ і $I = f(k)$ для безперервного ТП, що рухається по дорозі без перетинів. Виділено три основні режими руху: вільний потік, груповий рух і насичений потік.

Вільний потік характеризується малими інтенсивностями руху, відсутністю взаємних перешкод руху між окремими автомобілями. Швидкість ТП характеризується швидкістю вільного руху v_0 . При невеликій щільності залежність між швидкістю і щільністю сповільнюється. З підвищенням інтенсивності руху до максимального значення I_c , що відповідає пропускну́й спроможності дороги, швидкість v_s змінюється до величини, яка визначається точкою С на основній діаграмі. У зоні В-С з'являються істотні взаємні

3

перешкоди руху автомобілів, внаслідок чого зменшується можливість вільного обгону, і утворюються групи автомобілів, що рухаються з приблизно однаковою швидкістю. Режим руху в цій зоні є нестійким, оскільки невелике збільшення груп в потоці може привести не лише до зменшення швидкості v_s , але і до переходу в область В - Г, тобто до зниження інтенсивності руху. Потік в області Г - Д прийнято називати насиченим.

Характерною рисою насиченого колективного потоку є сильне розгалуження величини прискорень (сповільнення) відносно середнього значення.

Критична щільність потоку k_c - це значення, до якого зі збільшенням щільності k зростає інтенсивність I . При зміні щільності потоку від k_c до k_J - щільність потоку в умовах затору - інтенсивність зменшується від максимального значення пропускної спроможності I_c до нуля. Швидкість кінематичної хвилі при щільності затору визначається функціональною формою залежності між швидкістю і щільністю. В області критичної щільності може існувати точка розриву функції, що призводить до стрибкоподібної зміни швидкості руху. Тангенс кута (нахилу вектору, проведеного з початку координат до точки, що лежить на кривій, відповідає фізичному значенню швидкості v_s в цій точці.

Класифікація фаз руху ТП заснована на різних фазах стану речовини: «газоподібне, рідке, тверде».

Вільний потік. Транспортна мережа не завантажена, і водії дотримуються бажаної швидкості, вільно міняючи смугу руху. На цій стадії РС порівняють з потоком вільних часточок.

Синхронізований потік. Транспортна мережа стає переповненою, водії втрачають можливість вільного маневру і вимушені погоджувати свою швидкість зі швидкістю потоку. Ця стадія подібна до потоку води.

Переміщувані широкі затори. Транспортні засоби і їх групи подібні до «шматочків льоду», що рухаються у потоці рідини.

4

Рух «старт-стоп». При великому скупченні транспортних засобів, рух ТП набуває переривчастого характеру. На цій стадії транспортний потік можна уподобати до потоку замерзаючої води - транспортні засоби стають на певний проміжок часу такими, що як би «примерзнули» до цієї точки вулично-дорожньої мережі.

Механізм утворення затору. Транспортний затор - це скупчення на дорозі транспортних засобів, що рухаються з середньою швидкістю, значно меншою, ніж нормальна швидкість для цієї ділянки дороги. При утворенні затору значно (до 20 разів і більше) знижується пропускна спроможність ділянки дороги. Якщо потік транспорту, що прибуває, перевищує пропускну спроможність ділянки дороги, затор росте лавиноподібно. Дорожні затори з'являються по всьому світу як результат автомобілізації, що має властивість збільшуватись, урбанізуватись, а також як зростання кількості населення, так і щільності заселення території, що збільшується. Дорожні затори зменшують ефективність дорожньо-транспортної інфраструктури, збільшуючи таким чином час в дорозі, витрата палива і рівень забруднення довкілля.

В умовах затору різко зростає вірогідність дорожньо-транспортної події (ДТП). Обмеження і регулювання інтенсивності руху може впливати на кількість ДТП.

План теми

2. Повнота моделі. Декомпозиція та агрегування

Інтенсивність транспортного потоку (інтенсивність, розміри руху) - це кількість транспортних засобів, що прослідують через умовний відрізок дороги за одиницю часу. В якості розрахункового періоду часу для визначення інтенсивності руху приймають рік, місяць, добу, годину і більш короткі

5

проміжки часу (хвилини, секунди) залежно від поставленого завдання спостереження та засобів вимірювання.

Структура транспортного потоку – це кількісна характеристика середньої чисельності типів транспортних засобів, вантажних модулів та ін. в загальному транспортному потоці.

Структура транспортного потоку значно впливає на інтенсивність руху та пропускну спроможність транспортних систем.

Щільність транспортного потоку – вимірюється кількістю транспортних засобів на одиницю протяжності (1 км) дороги.

Різновидами даного показника є:

вантажонапруженість – кількість тонн вантажів, що припадає на 1 км. дороги за певний період часу.

пасажиронапруженість – кількість пасажирів, що припадає на 1 км. дороги за певний період часу.

Швидкість руху – є найважливішим показником, тому що являє цільову функцію дорожнього руху. Найбільш об'єктивною характеристикою транспортного засобу на дорозі може служити графік зміни його швидкості протягом всього маршруту руху. Однак отримання таких просторових характеристик для безлічі рухомих автомобілів є складним, оскільки вимагає безперервної автоматичного запису швидкості на кожному з них. У практиці організації руху прийнято оцінювати швидкість руху транспортних засобів миттєвими її значеннями, зафіксованими в окремих типових перетинах (точках) дороги.

Швидкість сполучення є вимірником швидкості доставки вантажів і пасажирів і визначається як відношення відстані між точками повідомлення до часу знаходження транспортного засобу в дорозі (часу повідомлення). Цей же показник застосовується для характеристики швидкості по окремих ділянках доріг.

Темп руху є показником, зворотним швидкості повідомлення, і вимірюється часом в секундах, витрачається на подолання одиниці довжини шляху в кілометрах.

Цей показник дуже зручний для розрахунків часу доставки пасажирів і вантажів на різні відстані. Миттєва швидкість транспортного засобу і відповідно швидкість повідомлення залежать від багатьох факторів і схильні до значних коливань.

Інтенсивність пішохідного потоку коливається в дуже широких межах залежно від функціонального призначення вулиці чи дороги і від розташованих на них об'єктів тяжіння. Особливо висока інтенсивність руху пішоходів спостерігається на головних і торгових вулицях великих міст, а також у зоні транспортних пересадочних вузлів (вокзалів, станцій метрополітену). Обсяг пішохідного потоку в обох напрямках уздовж великих міських магістралей в години пік може досягати 15-20 тис. люд.-год.

Щільність пішохідного потоку так само, як і інтенсивність, коливається в широких межах і впливає на швидкість руху пішоходів і пропускну здатність пішохідних шляхів. Так само, як і для транспортного потоку, гранична щільність пішохідного потоку визначається відповідними габаритними розмірами рухомих об'єктів. Так, людина в статичному положенні в літньому одязі займає площу $0,1 \dots 0,2 \text{ м}^2$, в зимовому одязі – $0,25 \text{ м}^2$, а при наявності ручної поклажі – до $0,5 \text{ м}^2$.

Швидкість пішохідного потоку обумовлена швидкістю пересування пішоходів у потоці. Швидкість руху людини спокійним кроком коливається в середньому в межах $0,5 \dots 1,5 \text{ м/с}$ і залежить від віку і стану здоров'я, мети пересування, дорожніх умов (рівності, поздовжнього ухилу і слизькості покриття), стану навколишнього середовища (видимості, опадів, температури повітря). Швидкість на пішохідних переходах через проїзну частину вулиць може змінюватися залежно від типу і стану дорожнього покриття приблизно в 2,2 рази, від віку - в 1,7, від довжини переходу - в 1,4 рази. Характерно, що на

7

переходах більшої довжини швидкість пішоходів ставала вище. Тут проявляється психологічний вплив зростання небезпеки конфлікту з транспортним потоком. Пересування пішоходів може також характеризуватися показником, зворотним швидкості - темпом руху, вимірюваним в секундах, ділених на метри (с/м).

План теми

3. Прикладні методи дослідження транспортних потоків

Всі етапи розробки моделі - проекція реального світу на світ моделей, вибір рівня абстракції і вибір мови моделювання - менш стандартизовані, ніж процес використання моделей для вирішення задач. Моделювання досі більше мистецтво, ніж наука.

Залежно від поставленого завдання, способу розробки і предметної області розрізняють безліч типів моделей. Ключовим для оцінки транспортних процесів і системи є математичне моделювання. Формальна класифікація математичних моделей ґрунтується на класифікації використовуваних математичних засобів.

Взагалі під потоком заявок слід розуміти процес послідовного надходження заявок (поїздів, інформаційних повідомлень, вагонів, машин, пасажирів, контейнерів) в пункти їх обробки або переробки (залізничні станції, вантажні термінали, пасажирські вокзали і тому подібне) в одиницю часу. Характеризується потік заявок параметрами: інтенсивність (заявок в одиницю часу), середній інтервал між заявками, детермінований або стохастичний.

Детермінований потік заявок – це послідовність заявок зі строго фіксованими не випадковими моментами часу між будь-якими сусідніми подіями (заявками). Простіше кажучи потік з одним інтервалом надходження заявок:

$$t_i = \{10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; 10; \dots; 10\} \text{ хв.},$$

$$t_{\text{ср.}} = 10 \text{ хв.}$$

Головна властивість детермінованих потоків полягає у тому, що **кожен** конкретний інтервал надходження заявки (t_i) **дорівнює середньому** значенню надходження заявки ($t_{\text{ср.}}$):

$$t_i = t_{\text{ср.}}$$

Стохастичний (імовірнісний) потік - це послідовність заявок, в якій проміжки часу між подіями (заявками) є випадковими величинами. Простіше кажучи потік з різними (варіативними) інтервалами надходження заявок:

$$t_i = \{1; 7; 15; 7.1; 8.2; 20.7; 16.1; 10.0; 19.1; 0.2; 15.1; 7.6; \dots; 15.9\} \text{ хв.}$$

$$t_{\text{ср.}} = 10 \text{ хв.}$$

Головна властивість стохастичних потоків: **кожен** конкретний інтервал надходження (t_i) заявки як правило **не дорівнює середньому** значенню надходження заявки ($t_{\text{ср.}}$):

$$t_i \neq t_{\text{ср.}}$$

Тому *планові* технологічні відмови та ризики технологічних процесів різного виду є причиною:

- простою заявок в чергах, в очікуванні обслуговування;
- простою елементів обслуговування в очікуванні надходження заявок.

План теми