

Yuqori tartibli transport oqimi nazariyasi

“Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.”

Ekologik kelishuv doirasida barqaror transport (SPHERE)
Tanlov (Call): ERASMUS-EDU-2023-CBHE-STRAND-2
Loyiha raqami: 101128065

Kirish

So‘nggi bir necha o‘n yilliklar davomida transport oqimi nazariyasi sezilarli darajada rivojlandi. Mikroskopik, mezoskopik va makroskopik asosiy modellar transport oqimining xatti-harakatlarini tushinishda muhim vosita bo‘lib xizmat qilsa-da, ular to‘xtash–harakatlanish to‘lqinlari, kutilmagan tirbandliklar, haydovchilarning oldindan vaziyatni baholash xususiyatlari, harakatlanish yo‘laklarini almashtirish dinamikasi hamda ulangan va avtonom transport vositalarining ta’siri kabi murakkab transport hodisalarini to‘liq va aniq tavsiflay olmaydi.

Mazkur cheklovlarni bartaraf etish maqsadida transport sohasidagi tadqiqotchilar **ilg‘or transport oqimi nazariyalari (advanced traffic flow theories)**, ya’ni **yuqori tartibli transport oqimi nazariyalari (high-order traffic flow theories)** ni ishlab chiqdilar. Ushbu nazariyalar yo‘l sharoitlari va haydovchilarning xatti-harakatlari turlicha bo‘lgan vaziyatlarda transport oqimining dinamik xususiyatlarini aniqroq ifodalash uchun qo‘shimcha o‘zgartirishlar hamda yanada murakkab matematik bog‘liqliklardan foydalanadi.

Bugungi kunda yuqori tartibli transport oqimi modellari **intellektual transport tizimlari, aqlli shaharlar**, avtonom transport vositalari bo‘yicha tadqiqotlar, transport oqimini prognozlash hamda real vaqt rejimida transport harakatini boshqarish tizimlarida keng qo‘llanilmoqda.

Transport oqimi modellarining rivojlanishi

Transport oqimi modellari vaqt o'tishi bilan bir necha rivojlanish bosqichlarini bosib o'tdi.

Birinchi tartibli modellar (First-Order Models)

Birinchi tartibli modellar transport oqimini faqat bitta saqlanish tenglamasi (conservation equation) yordamida, transport oqimi zichligi va o'rtacha tezlikka asoslangan holda tavsiflaydi. Ushbu modellar haydovchilar transport oqimi zichligiga qarab o'z tezligini darhol moslashtiradi, degan farazga asoslanadi.

Bunday modellarga quyidagilar kiradi:

Lighthill / Whitham modeli Richards modeli / Greenshields modeli

Hisoblash nuqtai nazaridan sodda bo'lishiga qaramay, birinchi tartibli modellar transport oqimida kuzatiladigan ko'plab real hodisalarni yetarli aniqlikda ifodalay olmaydi.

Yuqori tartibli modellarga ehtiyoj

Tadqiqotchilar birinchi tartibli modellarning bir qator cheklovlarini aniqladilar:

haydovchilarning reaksiya vaqtini hisobga ololmasligi;

tezlikning bir zumda moslashishini nazarda tutuvchi noreal farazga asoslanishi;

transport oqimining beqarorligini yetarli darajada bashorat qila olmasligi;

to'xtash-harakatlanish rejimidagi transport oqimini modellashtirishdagi qiyinchiliklar;

transport vositalarining tezlanishi va sekinlashishini cheklangan darajada ifodalashi.

Mazkur muammolarni bartaraf etish maqsadida **ikkinchi tartibli (second-order)** hamda **yuqori tartibli (higher-order)** transport oqimi modellari ishlab chiqildi.

Yuqori tartibli transport oqimi nazariyasi ta'rifi Yuqori tartibli transport oqimi nazariyasi an'anaviy makroskopik transport oqimi modellarini quyidagi qo'shimcha holat o'zgaruvchilarini kiritish orqali kengaytiradi:

transport vositasining tezlanishi;
haydovchining reaksiya vaqti;
transport oqimi bosimi;
tezlik dispersiyasi (velocity variance);
haydovchining vaziyatni oldindan baholashi (anticipation);
relaksatsiya (moslashish) ta'sirlari.

Transport oqimi zichligini tavsiflash bilan cheklanib qolmasdan, ushbu modellar transport vositalari tezligining vaqt va makon bo'yicha qanday o'zgarishini ham ifodalaydi. Natijada transport oqimining xatti-harakati yanada realistik tarzda modellashtiriladi hamda yo'l sharoitlaridagi o'zgarishlarga nisbatan sezgir va moslashuvchan bo'ladi.

Yuqori tartibli modellardagi asosiy o'zgarishlar

Birinchi tartibli modellardan farqli ravishda, yuqori tartibli transport oqimi nazariyalari transport oqimini tavsiflashda bir nechta asosiy o'zgartiruvchilardan foydalanadi.

Transport oqimi zichligi (k)

Yo'lining bir kilometr qismida harakatlanayotgan transport vositalari sonini ifodalaydi. O'lchov birligi: transport vositasi/km
vehicles/km

O'rtacha tezlik (v)

Transport vositasining o'rtacha tezligini ifodalaydi.

O'lchov birligi:

km/soat

Transport oqimi intensivligi (q) zichlik (k) o'rtacha tezlik (v)

Bir soat davomida ma'lum bir nuqtadan o'tadigan transport vositalari sonini bildiradi.

Formula: $q = k \times v$

Yuqori tartibli transport oqimi modellari

A. Payne–Whitham Modeli

Payne–Whitham modeli ikkinchi tartibli transport oqimi modellarining eng dastlabki namunalaridan biri hisoblanadi va quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Saqlanish tenglamasi
2. Impuls (harakat miqdori) tenglamasi

Xususiyatlari:

- transport vositalarining tezlanishini hisobga oladi;
- haydovchilarning reaksiya vaqtini modellashtiradi;
- transport oqimi bosimi tushunchasini o'z ichiga oladi;
- transport tirbandligining shakllanishi va rivojlanishini modellashtiradi.

Afzalliklari:

- birinchi tartibli modellarga nisbatan ancha takomillashtirilgan;
- transport oqimining dinamik xususiyatlarini yanada aniqroq ifodalaydi.

Cheklovlari:

- ayrim sharoitlarda transport vositalarining haqiqiy holatga mos kelmaydigan (noreal) tezlik qiymatlarini hosil qilishi mumkin.

Transport oqimining dinamikasi

Transport oqimining dinamikasi transport harakati sharoitlari vaqt o'tishi bilan uzluksiz ravishda o'zgarib turishini ifodalaydi. Transport oqimi dinamikasiga ta'sir etuvchi asosiy omillar quyidagilardan iborat:

- ob-havo sharoitlari;
- yo'l-transport hodisalari;
- yo'l qurilishi va ta'mirlash ishlari;
- tig'iz (pik) soatlardagi transport talabi;
- haydovchilarning xatti-harakati;
- svetoforlarning ishlash rejimi (signal vaqtlarini boshqarish);
- ommaviy tadbirlar va maxsus tadbirlar.

Yuqori tartibli transport oqimi modellari ushbu o'zgarishlarni hisobga olish maqsadida transport oqimining asosiy o'zgaruvchilarini doimiy ravishda yangilab boradi.

· Transport oqimidagi zarba to'lqinlari

Transport oqimidagi zarba to'lqinlari transport vositalari tezligining keskin o'zgarishi natijasida hosil bo'lib, transport oqimi bo'ylab orqaga qarab tarqaladigan to'lqinlarni anglatadi. Bunday holatlarga quyidagilar misol bo'la oladi:
to'satdan tormozlash

Yuqori tartibli modellarda haydovchilarning xatti-harakati

Oddiy transport oqimi modellaridan farqli ravishda, ilg'or transport oqimi nazariyalari haydovchilarning xatti-harakatlarini alohida omil sifatida hisobga oladi.

Asosiy omillar quyidagilardan iborat:

Haydovchining reaksiya vaqti

Haydovchilarga transport oqimidagi vaziyatni idrok etish va yuz bergan o'zgarishlarga javob qaytarish uchun ma'lum vaqt talab etiladi. Yuqori tartibli modellar ushbu reaksiya vaqtini transport oqimini modellashtirishda hisobga oladi.

Haydovchining vaziyatni oldindan baholashi

Haydovchilar odatda faqat o'zidan oldingi transport vositasinigina emas, balki undan oldinda harakatlanayotgan bir nechta transport vositalarining harakatini ham kuzatadi va shunga mos ravishda qaror qabul qiladi.

Turli haydovchilar transport vositasini turlicha boshqaradi:

turli tezlikda tezlanadi;

turli darajada tormozlaydi;

oldinda harakatlanayotgan transport vositasigacha bo'lgan masofani turlicha saqlaydi.

Istalgan harakat tezligi

Har bir haydovchi o'zi uchun ma'qul bo'lgan harakat tezligiga ega bo'ladi. Ushbu tezlik quyidagi omillarga bog'liq:
yo'l sharoitlari;

transport vositasining turi;

ob-havo sharoitlari;

haydovchining shaxsiy afzalliklari va haydash uslubi.

Birinchi tartibli va yuqori tartibli modellar o'rtasidagi taqqoslash

Xususiyat	Birinchi tartibli modellar	Yuqori tartibli modellar
O'zgaruvchilar	Faqat transport oqimi zichligi	Transport oqimi zichligi, tezlik, tezlanish, transport oqimi bosimi
Haydovchi xatti-harakati	Soddalashtirilgan tarzda ifodalanadi	Aniq va alohida hisobga olinadi
Transport oqimidagi to'liqlar	Cheklangan darajada ifodalanadi	Yuqori aniqlik bilan modellashtiriladi
Tirbandlikni modellashtirish	Asosiy (oddiy) darajada	Rivojlangan (murakkab) darajada
Transport oqimining dinamikasi	Cheklangan	Har tomonlama tavsiflanadi
Hisoblash murakkabligi	Past	Yuqori
Aniqlik	O'rtacha	Yuqori
ITS (Intellectual transport tizimlari)dagi qo'llanilishi	Cheklangan	Keng qo'llaniladi

Xulosa

Ilgʻor transport oqimi nazariyalari anʻanaviy transport oqimi modellarini transport vositalarining tezlanishi, haydovchilarning reaksiya vaqti, vaziyatni oldindan baholash hamda transport oqimi bosimi kabi yuqori tartibli dinamik xususiyatlarni hisobga olish orqali kengaytiradi. Birinchi tartibli modellardan farqli ravishda, ular transport oqimining xatti-harakatini yanada realistik tarzda ifodalaydi hamda transport tirbandliklari, zarba toʻlqinlari (shock waves) va toʻxtash-harakatlanish hodisalarini yuqori aniqlik bilan modellashtirish imkonini beradi.

Payne–Whitham, Aw–Rascle–Zhang, gaz-kinetik (gas-kinetic) va uzluksiz muhit (continuum) modellari kabi yuqori tartibli transport oqimi modellari zamonaviy transport muhandisligida muhim oʻrin tutadi. Ular intellektual transport tizimlari (ITS), aqlli shaharlar (Smart Cities) konsepsiyasi, avtomobil yoʻllarini loyihalash hamda avtonom transport vositalari texnologiyalarini rivojlantirishda keng qoʻllaniladi. Ushbu modellar katta hisoblash resurslarini va puxta kalibrlashni talab qilsa-da, ularning yuqori prognozlash aniqligi bugungi kunda transport tizimlarida uchraydigan murakkab muammolarni hal etishda ularni ajralmas vositaga aylantiradi.

E'TIBORINGIZ UCHUN RAHMAT!