Università di Pisa

Scuola di Ingegneria
Corso di Laurea Magistrale in "Ingegneria delle Infrastrutture Civili e dell'Ambiente "

A.A. 2023-24

Insegnamento di : ***Reti di Trasporto: Metodi e Modelli***

SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO

Codice: ***226HH***
CFU: 6
Docenti: **Marino Lupi e Alessandro Farina**
Periodo**: annuale**

Obiettivi e contenuti dell'insegnamento:
L'insegnamento di "Reti di Trasporto: Metodi e Modelli" ha come scopo principale quello di analizzare i metodi e i modelli per pianificare e progettare l'accessibilità al territorio tenendo conto dell'impatto ambientale sul territorio dei sistemi di trasporto. Nell'insegnamento sono studiati i metodi e i modelli riguardanti: la domanda e l'offerta nelle reti di trasporto, la loro interazione, la valutazione di progetti alternativi nel campo dei trasporti.

PROGRAMMA

LEZIONI

Parte prima: **I Sistemi di Trasporto**
Definizione di sistema di trasporto. Il sottosistema della domanda e il sottosistema dell'offerta . Interazione fra il sistema di trasporto e il sistema socioeconomico del territorio. Definizione di grafo e metodi di rappresentazione. Alcune caratteristiche dei grafi. Definizione di rete di trasporto: costi sugli archi e costi sugli itinerari. Funzioni di costo separabili e non separabili. Schematizzazione del sistema dell'offerta di trasporto come rete di trasporto: la classificazione delle strade urbane, i comparti ambientali, il rapporto Buchan . Strade di scorrimento nella rete stradale di Pisa. La modellizzazione delle intersezioni semaforizzate.

Parte seconda : **Funzioni di costo nel caso di flusso ininterrotto e interrotto**
Funzioni di costo in condizioni di flusso ininterrotto: autostrade e strade extra-urbane bidirezionali a due corsie. Funzioni di costo in condizioni di flusso interrotto: strade urbane con intersezioni semaforizzate. La formula di Webster, la formula di Whiting-Robertson. Il problema delle svolte

permesse: il "gap acceptance", la formula di Harders. Funzioni di costo di: intersezioni non semaforizzate, intersezioni a rotatoria. Lunghezza della coda e capacità di un arco ad una intersezione urbana (semaforizzata e non semaforizzata).

Parte terza: **Modelli di domanda di trasporto**
Classificazione dei modelli di domanda: modelli descrittivi e comportamentali. Fasi di messa a punto di un modello di domanda: specificazione, calibrazione, corroborazione. Esempi di modelli descrittivi: i macromodelli di domanda, i modelli gravitazionali. Elasticità della funzione di domanda. Modelli comportamentali: ipotesi fondamentali dei modelli di utilità aleatoria. La variabile aleatoria di Weibull-Gumbel. Il modello logit: probabilità di scelta di una alternativa. Osservazioni sulla specificazione di un modello logit. Esempi di modelli logit applicati alle scelta di trasporto. Difetti del modello logit.

Parte quarta: **Domanda di trasporto in area urbana: il modello a 4 stadi**
Il sistema di modelli a 4 stadi. Il modello di generazione degli spostamenti. Il modello di distribuzione degli spostamenti. Il modello di scelta modale. Il modello di scelta dell'itinerario. Assegnazione a costi costanti rispetto ai flussi. Assegnazione tutto o niente: l'algoritmo di Dijkstra e l'algoritmo di L-deque. Assegnazione stocastica di tipo probit: procedimento di simulazione. Il modello a 4 stadi utilizzato per la determinazione della domanda di media e lunga percorrenza.

Parte quinta: **Calcolo della domanda di trasporto.**
Il modello di regressione lineare per la stima dei coefficienti di un modello di domanda. Stima del vettore dei coefficienti del modello**:** l'estimatore dei minimi quadrati. Corroborazione di un modello di regressione lineare: il coefficiente di determinazione, il test "t di Student" sui singoli parametri del modello. Calibrazione di un modello di utilità aleatoria: metodo della massima verosimiglianza. Corroborazione di un modello di utilità aleatoria: statistica rho-quadro, test di ipotesi sui parametri del modello. Stima diretta della domanda di trasporto.

Parte sesta: **Equilibrio deterministico ed equilibrio probabilistico in una rete di trasporto nel caso di vettore di domanda noto.**
"User equilibrium" in una rete di trasporto nel caso di vettore di domanda noto ed approccio deterministico (DUE). Definizione di vettore di equilibrio come soluzione di una disequazione variazionale. Il paradosso di Braess. Assegnazione deterministica ad una rete di trasporto nel caso di domanda fissa e funzioni di costo separabili: il metodo di Frank e Wolfe. Assegnazione deterministica nel caso di funzioni di costo non separabili: il metodo di "diagonalizzazione". Equilibrio probabilistico (SUE) in una rete di trasporto nel caso di vettore di domanda noto: definizione. Funzione il cui minimo non vincolato corrisponde al vettore di equilibrio probabilistico. Il metodo delle medie successive (MSA) per il calcolo del vettore di equilibrio probabilistico nel caso di funzioni separabili. Estensione del metodo MSA al caso di funzioni non separabili. Classificazione degli algoritmi di assegnazione esaminati nell'insegnamento. Confronto fra una assegnazione di equilibrio deterministica e una probabilistica in un caso concreto.

Parte settima: **Utilizzo dei conteggi di traffico per la stima della domanda di trasporto.**
Utilizzo dei conteggi di traffico per la "correzione" di un esistente vettore di domanda. Utilizzo dei conteggi di traffico per la calibrazione di un modello di domanda. Determinazione della matrice di assegnazione.

Parte ottava: **Ancora sui modelli di utilità aleatoria**
Ancora sui modelli di utilità aleatoria: il modello nested logit; il modello mixed logit; un'applicazione

del modello mixed logit.

Parte nona: **Analisi Costi- Benefici e Analisi Multicriteria**
Il processo di pianificazione e programmazione delle infrastrutture in Italia. Origini dell'analisi costi-benefici . Basi teoriche dell'analisi costi-benefici: surplus e sua variazione. Attualizzazione dei costi e dei benefici. Orizzonte temporale di riferimento. Indicatori di redditività: Il Valore Attuale Netto (VAN); il Rapporto Benefici/Costi Attualizzati (RBCA); il Tasso Interno di Rendimento (TIR); il Pay Back Period (PBP). Analisi di sensibilità. Impatti interni nell'analisi costi-benefici: tempi e costi. Esempi di determinazione dei costi di costruzione, esercizio, manutenzione, di un opera di trasporto. Il valore residuo di un opera. Impatti esterni nell'analisi costi-benefici: congestione stradale, incidentalità, inquinamento atmosferico, inquinamento acustico, riscaldamento globale. I limiti dell'analisi costi-benefici. Analisi multicriteria: i diversi obiettivi che si pone il decisore, i criteri di giudizio. Matrice di valutazione. Matrice di paragone. Un metodo di analisi multicriteria: il metodo Electre I. Indici di concordanza e indici di discordanza. Un esempio di applicazione del metodo Electre I.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono in esempi ed applicazioni degli argomenti in programma.

TESTI CONSIGLIATI

● Lucidi presentati a lezione, scaricabili dal sito http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/ e dalla piattaforma Teams dell'insegnamento. I lucidi non costituiscono un libro di testo: sono di ausilio per seguire le lezioni . Non possono in alcun modo sostituire la presenza a lezione che è fortemente consigliata.

● Parti, riguardanti gli argomenti in programma, dei seguenti testi:

Ferrari P. : " Fondamenti di Pianificazione dei Trasporti", Pitagora, Bologna, 2001.
Pratelli A.: "Ingegneria dei Sistemi di Trasporto ", Pitagora, II edizione, Bologna, 2007.

Testi per la consultazione:
• Cascetta E. , "Modelli per i Sistemi di Trasporto – Teoria e Applicazioni", UTET Università, 2006.

ESAME

Esame orale

Note

- Gli studenti sono invitati a fare attenzione agli avvisi riportati sul sito docente: http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/ e/o sulla piattaforma Teams dell'insegnamento.

- Si ricorda che per essere ammessi a sostenere l'esame **è obbligatoria l'iscrizione sul portale** https://esami.unipi.it

LUCIDI PRESENTATI A LEZIONE

I Sistemi di Trasporto
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/sistemi_trasporto_modellizzazione_2023-24.pdf

Funzioni di costo nel caso di flusso ininterrotto e interrotto
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/funzioni_costo_2023-24.pdf

Modelli di domanda di trasporto
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/modelli_di_domanda_III_parte_23-24.pdf

Il modello a 4 stadi
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/modello_4_stadi_IV_parte_2023-24.pdf

Calcolo della domanda di trasporto: modelli descrittivi e modelli comportamentali
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/calcolo_domanda_descrittivi_comportamentali_2023-24.pdf

Calcolo della domanda di trasporto: stima diretta
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/calcolo_domanda_stima_diretta_2023-24.pdf

SECONDO SEMESTRE

Equilibrio deterministico in una rete di trasporto nel caso di vettore di domanda noto.
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/equilibrio_deterministico_VI_parteA_2023-24.pdf

Equilibrio probabilistico in una rete di trasporto nel caso di vettore di domanda noto.
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/equilibrio_probabilistico_VI_parteB_2023-24.pdf

Utilizzo dei conteggi di traffico per la stima della domanda di trasporto.
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/calcolo_domanda__conteggi_2023-24.pdf

Ancora sui modelli di utilità aleatoria
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/ancora_su_modelli_utilita_aleatoria_2023-24.pdf

Analisi benefici-costi - Parte A
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/analisi_costi_benefici_parteA_2023-24.pdf
Analisi benefici-costi - Parte B
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/analisi_costi_benefici_parteB_2023-24.pdf

Analisi multicriteria
http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/analisi_multicriteria_2023-24.pdf