



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### RETI DI TRASPORTO: METODI E MODELLI

#### MARINO LUPI

Anno accademico	2020/21
CdS	INGEGNERIA DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI E DELL'AMBIENTE
Codice	226HH
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
RETI DI TRASPORTO: METODI E MOD	ICAR/05	LEZIONI	60	MARINO LUPI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

L'insegnamento di "Reti di Trasporto: Metodi e Modelli" ha come scopo principale quello di individuare 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 per studiare: la domanda e l'offerta nelle reti di trasporto, la loro interazione, le metodologie per valutare progetti alternativi nel campo dei trasporti.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze finali dell'allievo sono verificate alla fine del corso attraverso un esame orale.

##### *Capacità*

Al termine del corso lo studente dovrà avere acquisito una capacità progettuale riguardante le reti di trasporto: con riguardo al sistema dell'offerta, al sistema della domanda e all'interazione domanda-offerta nei sistemi di trasporto.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Discussioni in aula durante le lezioni. Esame finale.

##### *Comportamenti*

Alla fine del corso l'allievo dovrà essere in grado di affrontare i problemi di progetto ed esercizio relativi alle reti di trasporto.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica generale verrà fatta durante l'esame finale .

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Per affrontare i contenuti dell'insegnamento di Reti di Trasporto: Metodi e Modelli, della Laurea Magistrale in Ingegneria delle Infrastrutture e dell'ambiente (WIV-LM) sono sufficienti le conoscenze acquisite in un corso triennale dell'Area dell'Ingegneria Civile. Essendo al secondo anno della Magistrale è fortemente consigliato affrontare prima lo studio dell'insegnamento di Tecnica dei Trasporti Terrestri, Marittimi e Aerei, insegnamento del settore disciplinate ICAR05-Trasporti al primo anno del corso di Laurea.

##### *Indicazioni metodologiche*

Il corso è strutturato in lezioni ed esercitazioni.

Durante le lezioni sono illustrate e discusse: le nozioni fondamentali sulle reti di Trasporto . Più specificamente : il sottosistema della offerta di trasporto ed il sottosistema della domanda, l'interazione domanda-offerta di trasporto.

Le lezioni frontali si svolgono con l'ausilio di diapositive.

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

I lucidi presentati a lezione sono scaricabili dal sito del docente: <http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/>

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.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### **LEZIONI**

Introduzione all'insegnamento di "Reti di Trasporto: Metodi e Modelli": argomenti trattati, esercitazioni, modalità esame, testi.

#### **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 degli archi e costi degli itinerari. Funzioni di costo separabili e non separabili. Schematizzazione del sistema dell'offerta di trasporto come rete di trasporto: i comparti ambientali, la classificazione delle strade urbane, la rappresentazione 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: intersezioni non semaforizzate, intersezioni a rotatoria. Il calcolo della capacità ambientale nel caso delle strade urbane: le emissioni di inquinanti, il modello canyon, il modello box.

#### **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 scelte 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.

#### **Parte quinta: Calcolo della domanda di trasporto.**

Il modello di regressione lineare per la stima dei parametri di un modello di domanda. Stima del vettore dei parametri 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.

#### **Parte sesta: Equilibrio nelle reti di trasporto e assegnazione della domanda alle reti di trasporto**

Le condizioni di equilibrio di Wardrop. Vettore di equilibrio in una rete di trasporto. Assegnazione deterministica ad una rete di trasporto nel caso di domanda fissa e funzioni di costo separabili: il metodo di Frank e Wolfe. Assegnazione nel caso di funzioni non separabili.

#### **Parte settima: Ancora sui modelli di utilità aleatoria**

Ancora sui modelli di utilità aleatoria: il modello nested logit; un'applicazione del modello mixed logit.

#### **Parte ottava: Analisi Costi- Benefici e Analisi Multicriteria**

Il processo di pianificazione e programmazione delle infrastrutture in Italia. L'analisi costi-benefici: surplus, attualizzazione, orizzonte temporale di riferimento, indicatori di redditività, analisi di sensibilità. Impatti interni nell'analisi costi-benefici: tempi e costi. Impatti esterni nell'analisi costi-benefici: congestione stradale, incidentalità, inquinamento atmosferico, inquinamento acustico, riscaldamento globale. L'analisi multicriteria: limite della analisi costi-benefici, analisi multi-obiettivo, matrice di valutazione; metodo Electre I, indici di concordanza e indici di discordanza.

#### **Parte nona: Utilizzo dei conteggi di traffico nella 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. Utilizzo dei conteggi di traffico per la calibrazione di un modello di domanda.

#### **ESERCITAZIONI**

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

### Bibliografia e materiale didattico

- Lucidi presentati a lezione; scaricabili dal sito <http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/>

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.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Testi per la consultazione:

- Cascetta E. , "Modelli per i Sistemi di Trasporto – Teoria e Applicazioni", UTET Università, 2006.

### Indicazioni per non frequentanti

La frequenza dell'insegnamento non è obbligatoria, ma fortemente consigliata.

### Modalità d'esame

#### Esame orale

### Altri riferimenti web

Pagina web del docente:

<http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/>

Registro delle lezioni

<https://unimap.unipi.it/registri/registri.php?ri=006048&tmpl=principale.tpl&aa=2018>

### Note

- Il prof. Lupi invita gli studenti a fare attenzione agli avvisi riportati sul sito docente: <http://www.dic.unipi.it/marino.lupi/>
- Il prof. Lupi ricorda che per essere ammessi a sostenere l'esame è **obbligatoria l'iscrizione sul portale** <https://esami.unipi.it>

*Ultimo aggiornamento 21/08/2020 00:14*