

## DIDATTICA EROGATA 2022/2023

### Scienze Computazionali (LM-40)

Dipartimento: MATEMATICA E FISICA

Codice CdS: 104653

#### INSEGNAMENTI

##### Primo semestre

#### 20410593 - AC310-ANALISI COMPLESSA ( - MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410593 AC310-ANALISI COMPLESSA in Matematica L-35 BESSI UGO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410593 AC310-ANALISI COMPLESSA in Matematica L-35 BESSI UGO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410593 AC310-ANALISI COMPLESSA in Matematica L-35 BESSI UGO | 72  |        |

#### 20410408 - AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE ( - MAT/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 PAPPALARDI FRANCESCO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TOLLI FILIPPO        | 12  |        |
| Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 PAPPALARDI FRANCESCO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TOLLI FILIPPO        | 12  |        |
| Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 PAPPALARDI FRANCESCO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TOLLI FILIPPO        | 12  |        |

#### 20410409 - AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE ( - MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA | 72  |        |
| Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA | 72  |        |
| Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA | 72  |        |

#### 20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1 ( - MAT/08 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO | 72  |        |

#### 20410757 - AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( - MAT/05 - 3 CFU - 30 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO | 30  |        |

**20410757 - AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( - MAT/05 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO | 30  |        |

**20410756 - AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( - MAT/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 FEOLA ROBERTO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 FEOLA ROBERTO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 FEOLA ROBERTO | 30  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE | 30  |        |

**20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ ( - MAT/06 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20410414 CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ in Matematica L-35 CANDELLERO ELISABETTA | 72  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410414 CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ in Matematica L-35 CANDELLERO ELISABETTA | 72  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410414 CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ in Matematica L-35 CANDELLERO ELISABETTA | 72  |        |

**20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI ( - MAT/08 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| TERESI LUCIANO | 60  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO | 60  |        |

**20410457 - CP430 - CALCOLO STOCASTICO ( - MAT/06 - 6 CFU - 10 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410457 CP430 - CALCOLO STOCASTICO in Matematica LM-40 CANDELLERO ELISABETTA | 10  |        |
| Mutuato da: 20410457 CP430 - CALCOLO STOCASTICO in Matematica LM-40 CANDELLERO ELISABETTA | 10  |        |
| Mutuato da: 20410457 CP430 - CALCOLO STOCASTICO in Matematica LM-40 CANDELLERO ELISABETTA | 10  |        |

**20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo       | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|------------------|-----|------------------|--------|
| MEROLA FRANCESCA | 60  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410625-1 CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A in Scienze Computazionali LM-40 MEROLA FRANCESCA | 60  |        |

**20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B ( - MAT/02 - 3 CFU - 12 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo  | Ore | Tipo incarico | Canale |
|-------------|-----|---------------|--------|
| ONOFRI ELIA | 12  | Contratto     |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410625-2 CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B in Scienze Computazionali LM-40 Onofri Elia | 12  |        |

**20410428 - CR510 – CRITTO SISTEMI ELLITTICI ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo   | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|--------------|-----|------------------|--------|
| TURCHET AMOS | 60  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410428 CR510 – CRITTO SISTEMI ELLITTICI in Scienze Computazionali LM-40 TURCHET AMOS | 60  |        |

**20410410 - FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA ( - MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA | 72  |        |
| Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA | 72  |        |
| Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA | 72  |        |

**20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA ( - FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 LUBICZ VITTORIO   | 60  |        |
| Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 TARANTINO CECILIA | 60  |        |
| Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 LUBICZ VITTORIO   | 60  |        |
| Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 TARANTINO CECILIA | 60  |        |

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 LUBICZ VITTORIO   | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 TARANTINO CECILIA | 60  |        |

### 20410437 - FS430- TEORIA DELLA RELATIVITÀ ( - FIS/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 FRANZIA DARIO | 48  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 FRANZIA DARIO | 48  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 FRANZIA DARIO | 48  |        |

### 20410435 - FS440 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI ( - FIS/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo | 60  |        |

### 20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO ( - FIS/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo           | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------------|-----|------------------|--------|
| FRANCESCHINI ROBERTO | 60  | Carico didattico |        |

### 20410411 - GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE ( - MAT/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 SCHAFFLER LUCA          | 12  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 SCHAFFLER LUCA          | 12  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 SCHAFFLER LUCA          | 12  |        |

### 20410465 - GE450 - TOPOLOGIA ALGEBRICA ( - MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410465 GE450 - TOPOLOGIA ALGEBRICA in Matematica LM-40 CAPORASO LUCIA | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410465 GE450 - TOPOLOGIA ALGEBRICA in Matematica LM-40 CAPORASO LUCIA | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410465 GE450 - TOPOLOGIA ALGEBRICA in Matematica LM-40 CAPORASO LUCIA | 60  |        |

### 20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 ( - MAT/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 LOPEZ ANGELO    | 66  |        |
| Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 VIVIANI FILIPPO | 6   |        |
| Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 LOPEZ ANGELO    | 66  |        |
| Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 VIVIANI FILIPPO | 6   |        |
| Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 LOPEZ ANGELO    | 66  |        |
| Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 VIVIANI FILIPPO | 6   |        |

**20410567 - GE470-SUPERFICI DI RIEMANN ( - MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410567 GE470-SUPERFICI DI RIEMANN in Matematica LM-40 VIVIANI FILIPPO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410567 GE470-SUPERFICI DI RIEMANN in Matematica LM-40 VIVIANI FILIPPO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410567 GE470-SUPERFICI DI RIEMANN in Matematica LM-40 VIVIANI FILIPPO | 60  |        |

**20410560 - MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON ( - INF/01 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo  | Ore | Tipo incarico | Canale |
|-------------|-----|---------------|--------|
| CELIO PAOLA | 30  | Contratto     |        |

**20410560 - MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB ( - INF/01 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo   | Ore | Tipo incarico | Canale |
|--------------|-----|---------------|--------|
| Da assegnare | 30  | Bando         |        |
| Da assegnare | 30  | Bando         |        |
| Da assegnare | 30  | Bando         |        |

**20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ ( - MAT/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| PEDICINI MARCO | 72  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410417 IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO | 108 |        |

**20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA ( - INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| PEDICINI MARCO | 60  | Carico didattico |        |

**20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO ( - INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo        | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-------------------|-----|------------------|--------|
| CIANFRIGLIA MARCO | 72  | Carico didattico |        |

**20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE ( - INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo      | Ore | Tipo incarico              | Canale |
|-----------------|-----|----------------------------|--------|
| LOMBARDI FLAVIO | 72  | Affidamento in convenzione |        |

**20410432 - IN550 – MACHINE LEARNING ( - INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo        | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-------------------|-----|------------------|--------|
| BONIFACI VINCENZO | 60  | Carico didattico |        |

**20410773 - IN570 – QUANTUM COMPUTING ( - MAT/09 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| PEDICINI MARCO | 72  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410773 IN570 – QUANTUM COMPUTING in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO | 132 |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410773 IN570 – QUANTUM COMPUTING in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO | 132 |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410773 IN570 – QUANTUM COMPUTING in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO | 132 |        |

**20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A ( - MAT/01 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO | 48  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO | 48  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO | 48  |        |

**20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B ( - MAT/01 - 3 CFU - 24 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO | 24  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO | 24  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO | 24  |        |

**20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA ( - MAT/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO | 60  |        |

### 20410555 - ST410-STATISTICA ( - MAT/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo       | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|------------------|-----|------------------|--------|
| MARTINELLI FABIO | 60  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO | 60  |        |
| Mutuato da: 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO | 60  |        |

## Secondo semestre

### 20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA ( - MAT/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA | 72  |        |
| Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA | 72  |        |
| Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA | 72  |        |

### 20410746 - AL440 - TEORIA DEI GRUPPI ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410746 AL440 - TEORIA DEI GRUPPI in Matematica LM-40 MEROLA FRANCESCA | 30  |        |
| Mutuato da: 20410746 AL440 - TEORIA DEI GRUPPI in Matematica LM-40 TOLLI FILIPPO    | 30  |        |
| Mutuato da: 20410746 AL440 - TEORIA DEI GRUPPI in Matematica LM-40 MEROLA FRANCESCA | 30  |        |
| Mutuato da: 20410746 AL440 - TEORIA DEI GRUPPI in Matematica LM-40 TOLLI FILIPPO    | 30  |        |
| Mutuato da: 20410746 AL440 - TEORIA DEI GRUPPI in Matematica LM-40 MEROLA FRANCESCA | 30  |        |
| Mutuato da: 20410746 AL440 - TEORIA DEI GRUPPI in Matematica LM-40 TOLLI FILIPPO    | 30  |        |

### 20410609 - AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 ( - MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 CHIERCHIA LUIGI | 60  |        |
| Mutuato da: 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE   | 12  |        |
| Mutuato da: 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 CHIERCHIA LUIGI | 60  |        |
| Mutuato da: 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE   | 12  |        |
| Mutuato da: 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 CHIERCHIA LUIGI | 60  |        |
| Mutuato da: 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE   | 12  |        |

### 20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE ( - MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO | 72  |        |

**20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2 ( - MAT/08 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo       | Ore | Tipo incarico                 | Canale |
|------------------|-----|-------------------------------|--------|
| FERRETTI ROBERTO | 72  | Affidamento a titolo gratuito |        |
| FERRETTI ROBERTO | 48  | Carico didattico              |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Mutuato da: 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO | 72  |        |
| Mutuato da: 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO | 72  |        |

**20410441 - CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI ( - MAT/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo       | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|------------------|-----|------------------|--------|
| CAPUTO PIETRO    | 54  | Carico didattico |        |
| MARTINELLI FABIO | 6   | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Mutuato da: 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 CAPUTO PIETRO    | 54  |        |
| Mutuato da: 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO | 6   |        |
| Mutuato da: 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 CAPUTO PIETRO    | 54  |        |
| Mutuato da: 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO | 6   |        |
| Mutuato da: 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 CAPUTO PIETRO    | 54  |        |
| Mutuato da: 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO | 6   |        |

**20410437 - FS430- TEORIA DELLA RELATIVITÀ ( - FIS/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| Fruito da: 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 FRANZIA DARIO | 48  |        |
| Fruito da: 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 FRANZIA DARIO | 48  |        |
| Fruito da: 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 FRANZIA DARIO | 48  |        |

**20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A ( - MAT/07 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| Fruito da: 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus | 30  |        |

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus | 30  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus | 30  |        |

**20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B ( - MAT/07 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 GIULIANI ALESSANDRO           | 30  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus | 30  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 GIULIANI ALESSANDRO           | 30  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus | 30  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 GIULIANI ALESSANDRO           | 30  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus | 30  |        |

**20410434 - FS450 - ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA ( - FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20401806 ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA in Fisica L-30 N0 RAIMONDI ROBERTO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20401806 ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA in Fisica L-30 N0 RAIMONDI ROBERTO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20401806 ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA in Fisica L-30 N0 RAIMONDI ROBERTO | 60  |        |

**20410571 - FS520 – RETI COMPLESSE ( - FIS/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| CAMISASCA GAIA | 60  | Carico didattico |        |

**20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA ( - FIS/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 LA FRANCA FABIO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 MATT GIORGIO    | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 LA FRANCA FABIO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 MATT GIORGIO    | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 LA FRANCA FABIO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 MATT GIORGIO    | 60  |        |

**20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI ( - MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo                     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|--------------------------------|-----|------------------|--------|
| MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA | 60  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410425 GE460 - TEORIA DEI GRAFI in Scienze Computazionali LM-40 MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA | 60  |        |

### 20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING ( - MAT/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo          | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|---------------------|-----|------------------|--------|
| TERESI LUCIANO      | 60  | Carico didattico |        |
| GIULIANI ALESSANDRO | 12  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410557 GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO      | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410557 GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO | 12  |        |

### 20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE ( - INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo        | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|-------------------|-----|------------------|--------|
| BONIFACI VINCENZO | 72  | Carico didattico |        |

### 20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA ( - MAT/09 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico                             | Canale |
|----------------|-----|---|--------|
| LIVERANI MARCO | 72  | Esperto di alta qualificazione retribuito |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 LIVERANI MARCO | 72  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 LIVERANI MARCO | 72  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 LIVERANI MARCO | 72  |        |

### 20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA ( - INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo     | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|----------------|-----|------------------|--------|
| PEDICINI MARCO | 60  | Carico didattico |        |

### 20410568 - IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA ( - INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo    | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|---------------|-----|------------------|--------|
| PISTONE PAOLO | 60  | Carico didattico |        |

### 20410529 - LM510 - TEORIE LOGICHE 1 ( - MAT/01 - 6 CFU - 36 ore - ITA )

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 20710091 TEORIE LOGICHE 1 - LM in Scienze filosofiche LM-78 MAIELI ROBERTO | 36  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20710091 TEORIE LOGICHE 1 - LM in Scienze filosofiche LM-78 MAIELI ROBERTO | 36  |        |
| <b>Fruito da:</b> 20710091 TEORIE LOGICHE 1 - LM in Scienze filosofiche LM-78 MAIELI ROBERTO | 36  |        |

**20410438 - MF410 - FINANZA COMPUTAZIONALE ( - SECS-S/06 - 9 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio   | Ore | Canale |
|---|-----|--------|
| <b>Fruito da:</b> 21201730 FINANZA COMPUTAZIONALE in Finanza e impresa LM-16 CESARONE FRANCESCO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 21201730 FINANZA COMPUTAZIONALE in Finanza e impresa LM-16 CESARONE FRANCESCO | 60  |        |
| <b>Fruito da:</b> 21201730 FINANZA COMPUTAZIONALE in Finanza e impresa LM-16 CESARONE FRANCESCO | 60  |        |

**20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA ( - MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Docenti:**

| Nominativo          | Ore | Tipo incarico    | Canale |
|---------------------|-----|------------------|--------|
| GIULIANI ALESSANDRO | 72  | Carico didattico |        |

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO | 72  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO | 72  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO | 72  |        |

**20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO | 60  |        |

**20410766 - TN520 - ALTEZZE ED EQUAZIONI DIOFANTEE ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

**Mutuazioni:**

| Dettaglio  | Ore | Canale |
|--|-----|--------|
| <b>Mutuato da:</b> 20410766 TN520 - ALTEZZE ED EQUAZIONI DIOFANTEE in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410766 TN520 - ALTEZZE ED EQUAZIONI DIOFANTEE in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO | 60  |        |
| <b>Mutuato da:</b> 20410766 TN520 - ALTEZZE ED EQUAZIONI DIOFANTEE in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO | 60  |        |

## INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA

| Nominativo                     | Tot.Ore     | Tipo incarico                             | Ore | Attività didattica   |
|--------------------------------|-------------|---|-----|--|
| BONIFACI VINCENZO              | 132         | Carico didattico                          | 72  | 20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE                |
|                                |             | Carico didattico                          | 60  | 20410432 - IN550 - MACHINE LEARNING                        |
| CAMISASCA GAIA                 | 60          | Carico didattico                          | 60  | 20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE                          |
| CAPUTO PIETRO                  | 54          | Carico didattico                          | 54  | 20410441 - CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI       |
| CELIO PAOLA                    | 30          | Contratto                                 | 30  | 20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB       |
| CIANFRIGLIA MARCO              | 72          | Carico didattico                          | 72  | 20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO         |
| FERRETTI ROBERTO               | 72          | Carico didattico                          | 48  | 20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2                      |
|                                |             | Affidamento a titolo gratuito             | 72  | 20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2                      |
|                                |             | Carico didattico                          | 48  | 20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2                      |
|                                |             | Affidamento a titolo gratuito             | 72  | 20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2                      |
| FRANCESCHINI ROBERTO           | 60          | Carico didattico                          | 60  | 20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO                       |
| GIULIANI ALESSANDRO            | 84          | Carico didattico                          | 12  | 20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING |
|                                |             | Carico didattico                          | 72  | 20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA                      |
| LIVERANI MARCO                 | 72          | Esperto di alta qualificazione retribuito | 72  | 20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA             |
| LOMBARDI FLAVIO                | 72          | Affidamento in convenzione                | 72  | 20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE             |
| MARTINELLI FABIO               | 66          | Carico didattico                          | 6   | 20410441 - CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI       |
|                                |             | Carico didattico                          | 60  | 20410555 - ST410-STATISTICA                                |
| MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA | 60          | Carico didattico                          | 60  | 20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI                        |
| MEROLA FRANCESCA               | 60          | Carico didattico                          | 60  | 20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA            |
| ONOFRI ELIA                    | 12          | Contratto                                 | 12  | 20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA            |
| PEDICINI MARCO                 | 204         | Carico didattico                          | 72  | 20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ               |
|                                |             | Carico didattico                          | 60  | 20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA            |
|                                |             | Carico didattico                          | 72  | 20410773 - IN570 - QUANTUM COMPUTING                       |
| PISTONE PAOLO                  | 60          | Carico didattico                          | 60  | 20410568 - IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA   |
| TERESI LUCIANO                 | 120         | Carico didattico                          | 60  | 20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI            |
|                                |             | Carico didattico                          | 60  | 20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING |
| TURCHET AMOS                   | 60          | Carico didattico                          | 60  | 20410428 - CR510 - CRITTO SISTEMI ELLITTICI                |
| DOCENTE NON DEFINITO           | 90          | Bando                                     | 30  | 20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB       |
|                                |             | Bando                                     | 30  | 20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB       |
|                                |             | Bando                                     | 30  | 20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB       |
| <b>Totale ore</b>              | <b>1440</b> |   |     |  |

## CONTENUTI DIDATTICI

### 20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

( AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI )

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

#### Italiano

##### Prerequisiti

Teoria di Lebesgue e spazi  $L^p$

##### Programma

Definizione e proprietà elementari degli spazi di Sobolev  $W^{1,p}(\Omega)$ . Operatori di prolungamento. Disuguaglianze di Sobolev. Lo spazio  $W^{1,p}_0(\Omega)$ . Formulazione variazionale di alcuni problemi ellittici ai limiti. Esistenza di soluzioni deboli. Regolarità delle soluzioni deboli.

##### Testi

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

##### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

##### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

##### Modalità di valutazione

Seminario su un argomento da concordare.

#### English

##### Prerequisites

Lebesgue's theory and  $L^p$  spaces

##### Programme

Definition and basic properties of the Sobolev spaces  $W^{1,p}(\Omega)$ . Extension operators. Sobolev inequalities. The space  $W^{1,p}_0(\Omega)$ . Variational formulation of some elliptic boundary value problems. Existence of weak solutions. Regularity of weak solutions.

##### Reference books

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

##### Reference bibliography

-

##### Study modes

-

##### Exam modes

-

### 20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

( AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI )

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

#### Italiano

##### Prerequisiti

Calcolo differenziale in più variabili, teorema della divergenza.

##### Programma

Preliminari: definizione di iper-superficie, integrazione su iper-superfici, il teorema della divergenza; l'equazione di Laplace: le disuguaglianze di valor medio, il principio del minimo e del massimo, la disuguaglianza di Harnack, la rappresentazione di Green, l'integrale di Poisson, teoremi di convergenza, stime interne sulle derivate, il metodo di Perron per il problema di Dirichlet.

##### Testi

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

##### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

### Modalità di valutazione

Seminario su un argomento da concordare.

### English

#### Prerequisites

Differential calculus in several variables, divergence's theorem.

#### Programme

Preliminaries: definition of hyper-surface, integration on hyper-surfaces, the divergence theorem; the Laplace equation: the mean value inequalities, the minimum and maximum principle, the Harnack inequality, the Green representation, the Poisson integral, convergence's theorems, interior estimates on the derivatives, the Perron method for the Dirichlet problem.

#### Reference books

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ

**Docente:** CANDELLERO ELISABETTA

### Italiano

#### Prerequisiti

E' preferibile che lo studente abbia compreso ed assimilato i contenuti principali dei corsi CP210, AM110, AM120, AM210, AM220, AM300/AM310. Non e' richiesto che tali esami siano stati verbalizzati, tuttavia nel corso verranno utilizzati strumenti introdotti in tali corsi.

#### Programma

Processo di ramificazione. Introduzione alle Sigma algebre, spazi misurabili, spazi di probabilita'. Costruzione della misura di Lebesgue. Pi-sistemi, Lemma di Dynkin, Lemma di unicita' della misura. Prime proprieta' della misura, limite inferiore e superiore di eventi. Funzioni misurabili. Variabili aleatorie. Lemmi di Borel-Cantelli. Legge e funzione di distribuzione di una variabile aleatoria. Indipendenza. Convergenza in probabilita' e convergenza quasi certa. Teorema di rappresentazione di Skorokhod. Legge 0-1 di Kolmogorov. Definizione generale di integrale e prime proprieta'. Teoremi di passaggio al limite sotto il segno di integrale. Valore atteso di una variabile aleatoria, fattorizzazione del valore atteso per variabili indipendenti. Disuguaglianze di Markov, Jensen, Hoelder. Spazi  $L^p$ . Teorema di Weierstrass con polinomi di Bernstein. Spazi di misura prodotto e misure prodotto. Teorema di Fubini. Leggi congiunte. Attesa condizionata e sue proprieta'. Martingale. Processi prevedibili. Tempi di arresto e processi arrestati. Teorema di optional stopping di Doob. Applicazioni alle passeggiate aleatorie. Teorema di convergenza per martingale limitate in  $L^1$  e per martingale limitate in  $L^2$ . Legge forte con momento secondo. Legge forte dei grandi numeri di Kolmogorov. Disuguaglianze di Doob per sub-martingale e applicazioni. Teorema di inversione. Trasformata di Fourier in  $L^1$  e funzione caratteristica. Equivalenza tra convergenza in distribuzione e convergenza di funzioni caratteristiche. Teorema del limite centrale.

#### Testi

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

#### Bibliografia di riferimento

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

La prova scritta (in alternativa, le prove in itinere) consistiranno di soli esercizi. Per la prova orale si inizierà con domande relative agli eventuali errori commessi nello scritto e successivamente verranno richieste alcune delle dimostrazioni dei risultati fondamentali visti in classe.

### English

#### Prerequisites

Students should have understood and be familiar with the main concepts introduced in the courses CP210, AM110, AM120, AM210, AM220, AM300/AM310. However, students are not required to have passed such exams to attend CP410.

## Programme

Branching processes, introduction to Sigma-algebras, measure spaces and probability spaces. Construction of Lebesgue measure. Pi-systems, Dynkin's lemma. Properties of measures, sup and inf limits of events, measurable functions and random variables. Borel-Cantelli lemmas. Law and distribution of a random variable. Concept of independence. Convergence in probability and almost sure convergence. Skorokhod's representation theorem. Kolmogorov's 0-1 law. Integrals, their properties and related theorems. Expectation of random variables. Markov, Jensen and Hoelder's inequalities.  $L^p$  spaces. Weierstrass' Theorem. Product measures, Fubini's theorem and joint laws. Conditional expectation and its properties. Martingales, predictable processes. Stopping times and stopped processes. Optional stopping theorem, applications to random walks. Theorems about convergence of martingales. Strong law of large numbers. Doob's inequalities for martingales and sub-martingales, applications. Characteristic functions and inversion theorem. Fourier transform in  $L^1$ . Equivalence between convergence in distribution and convergence of characteristic functions. Central limit theorem.

## Reference books

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

## Reference bibliography

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410441 - CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI

**Docente:** MARTINELLI FABIO

## Italiano

### Prerequisiti

Un corso base di teoria della probabilita'

### Programma

1. Passeggiate aleatorie e Catene di Markov Successioni di variabili aleatorie. Passeggiate aleatorie. Catene di Markov a tempo discreto e tempo continuo. Misura invariante, time-reversal e reversibilita' 2. Esempi e modelli classici. Passeggiate aleatorie su grafi. Processi di nascita e morte. Processi di esclusione. Metodo Monte Carlo: algoritmi di tipo Metropolis e dinamiche di Glauber per il modello di Ising, colorazioni di un grafo e altri sistemi interagenti. 3. Convergenza all'equilibrio I. Distanza in variazione, tempi di mixing. Teoremi ergodici. Tecniche di accoppiamento. Tempi stazionari forti. Applicazioni al problema del "coupon collector" e al mescolamento di un mazzo di carte. 4. Convergenza all'equilibrio II. Gap spettrale e stime dei tempi di rilassamento. Disuguaglianza di Cheeger, conduttanza e metodo dei cammini. Metodo della "comparazione". Gap spettrale per il processo di esclusione sul toro d-dimensionale. Convergenza all'equilibrio in termini di entropia e disuguaglianze di Sobolev logaritmiche. Esempi. 5. Altri argomenti scelti. Dinamica di Glauber per il modello di Ising: transizione di fase dinamica per il modello di campo medio e per il modello su reticolo. Il fenomeno del "cut-off". Disuguaglianze di Sobolev logaritmiche e convergenza all'equilibrio. Algoritmi per la "simulazione perfetta".

### Testi

Non ci sono testi in italiano

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Colloquio orale di circa 45 minuti

## English

### Prerequisites

A basic course in probability theory

### Programme

1. Random walks and Markov Chains. Sequence of random variables, random walks, Markov chains in discrete and continuous time. Invariant measures, reversibility. 2. Classical examples. Random walks on graphs, Birth and death chains, exclusion process. Markov Chain Monte Carlo: Metropolis and Glauber dynamics for the Ising model, colorings and other interacting particle systems. 3. Convergence to equilibrium I. Variation distance and mixing time. Ergodic theorems and coupling techniques. Strong stationary times. The coupon collector problem and card shuffling. 4. Convergence to equilibrium II. Spectral gap and relaxation times. Cheeger inequality, conductance and canonical paths. Comparison method and spectral gap for the exclusion process. Logarithmic Sobolev inequality. 5. Other topics: Glauber dynamics for the Ising model, phase transition, cutoff phenomenon, perfect simulation.

### Reference books

D. Levine, Y. Peres, E. Wilmer, Markov chains and mixing times.. AMS bookstore, (2009).

### Reference bibliography

-  
**Study modes**

-  
**Exam modes**

**20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA**

( CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B )

**Docente:** Onofri Elia

**Italiano**

**Prerequisiti**

Conoscenza di base del linguaggio C (o C++) e dei sistemi operativi UNIX-based, nonché dell'interfaccia da linea di comando (CLI)

**Programma**

Il corso si articola in sei lezioni di laboratorio e tratterà l'implementazione degli algoritmi studiati nel Modulo A, nonché di argomenti di crittografia applicata dalla letteratura recente. Saranno inoltre fornite le basi per la programmazione scientifica in linguaggio C e per l'utilizzo della libreria di aritmetica a precisione arbitraria GMP.

**Testi**

Si veda la Bibliografia del Modulo A per ulteriori dettagli.

**Bibliografia di riferimento**

<https://gmplib.org/manual/>

**Modalità erogazione**

Lezioni in presenza: ci sarà la possibilità di seguire online; la presenza è caldamente consigliata

**Modalità di valutazione**

Gli studenti dovranno preparare un progetto teorico o/e implementativo relativo ad uno degli argomenti trattati nel corso o su un argomento di crittografia applicata della letteratura recente (da concordarsi anticipatamente con il docente).

**English**

**Prerequisites**

Basic knowledge of the C (or C++) programming language and of the UNIX-based operative systems, as well as of the command line interface (CLI)

**Programme**

The course is made of 6 lab lectures and will cover the implementation of some of the algorithm introduced in lectures from Module A, as well as some topics in real-world cryptography from recent literature. The course also covers the basics of scientific programming in C language and, in particular, it introduces the usage of the multiple precision arithmetic library GMP.

**Reference books**

See Bibliography from Module A for further details.

**Reference bibliography**

<https://gmplib.org/manual/>

**Study modes**

-  
**Exam modes**

**20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA**

( CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A )

**Docente:** MEROLA FRANCESCA

**Italiano**

**Prerequisiti**

Conoscenze di base di algebra.

**Programma**

Introduzione alla crittografia. Cenni storici. Definizione di crittosistema. Cifrari classici. Introduzione alla crittoanalisi. Introduzione alla crittografia a chiave pubblica. Il crittosistema RSA. Test di primalità. Algoritmi di fattorizzazione. Alcuni attacchi all'RSA. Il problema del logaritmo discreto. Scambio della chiave di Diffie-Hellman. Il crittosistema di Elgamal. il crittosistema di Massey-Omura. Firma digitale. Cenni su alcuni protocolli crittografici.

## Testi

Baldoni, Ciliberto, Piacentini: Aritmetica, crittografia e codici D. Stinson: Cryptography - theory and practice

## Bibliografia di riferimento

Testi da definire

## Modalità erogazione

Testi da definire

## Modalità di valutazione

prova scritta: di norma 4 esercizi teorico/pratici, durata di norma 2 ore e 30. prova orale: facoltativa per una votazione  $\leq 26$

## English

## Prerequisites

Basic knowledge of algebra.

## Programme

Introduction to cryptography. Classic ciphers. Introduction to cryptanalysis. Introduction to public-key cryptography. The RSA cryptosystem. Primality tests. Factorization algorithms. Some attacks on the RSA. The discrete logarithm problem. Diffie-Hellman key exchange. Elgamal cryptosystem. Massey-Omura cryptosystem. Digital signatures. Overview of some cryptographic protocols.

## Reference books

Baldoni, Ciliberto, Piacentini: Aritmetica, crittografia e codici D. Stinson: Cryptography - theory and practice

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ

**Docente:** PEDICINI MARCO

## Italiano

### Prerequisiti

Non ci sono prerequisiti.

### Programma

1) Computabilità, complessità e rappresentabilità: - Introduzione ai problemi di decisione, procedure algoritmiche e non algoritmiche, computazioni deterministiche, procedure discrete, nozione di alfabeto, di parola. Decidibilità e semidecidibilità di un insieme. Computazioni deterministiche, finitarie e discrete. Algoritmi formali: definizione formale di algoritmo, configurazioni di input, di output, funzione di transizione. Esempio di formalizzazione di un algoritmo. Decidibilità per automa finito. Rappresentazione degli automi mediante matrici. Monoide libero delle parole. Semianelli formali. Automi Finiti Non-deterministici. Linguaggi Regolari. Equivalenza tra automi deterministici e quelli non-deterministici. - Macchine di Turing: definizione, decidibilità per macchina di Turing, tempo di arresto, spazio di arresto. Costo della computazione. Complessità: caso peggiore e caso medio. Indipendenza del tempo di decisione da un numero finito di configurazioni di input. Funzioni di complessità, classi di complessità DTIME e DSPACE (deterministic time e space). Inclusioni  $DTIME(T(n)) \# DSPACE(T(n)) \# DTIME(2^{cT(n)})$ . Pumping Lemma per gli insiemi decidibili in tempo lineare. Simulazione di algoritmi, simulazione della macchina di Turing a seminastro, simulazione di una macchina multinastro. Macchine di Turing speciali. Teorema di Speedup lineare per macchine di Turing con alfabeto esteso. Valutazione del coefficiente di accelerazione in relazione agli alfabeti. Decidibilità di insiemi di numeri naturali. Indipendenza dalla rappresentazione. Considerazioni sulla complessità. - Turing calcolabilità: definizione di funzione Turing calcolabile, funzioni caratteristiche di insiemi Turing decidibili, la classe delle funzioni Turing calcolabili è chiusa per composizione, coppia, ricorsione primitiva e minimizzazione. Esempi di funzioni Turing calcolabili. Funzioni Ricorsive: equivalenza tra Turing computabilità e funzioni ricorsive. Funzione di Ackermann ([1] capp. 1,2,3,4,5 e [4] cap. 1). - Funzioni costruibili in tempo. Nozione di T-orologio. Esempi di alcune funzioni costruibili in tempo. Chiusura per composizione. - Macchine di Turing non-deterministiche: caratterizzazione mediante la decidibilità di insiemi proiezione. Definizione della classe delle funzioni non-deterministiche polinomiali. Problemi NP-completi. 2) Lambda calcolo e programmazione funzionale: - Programmazione dichiarativa: cenni storici sul lambda calcolo, definizioni di base, i termini del lambda calcolo, la sostituzione semplice. Relazioni sui lambda termini. Congruenze, passaggio al contesto. #-equivalenza. L#-equivalenza passa al contesto. Chiusura transitiva di una relazione, proprietà di Church-Rosser. Quozientamento dei lambda-termini rispetto all'alpha equivalenza. - Definizione di beta-redosso e di beta-riduzione. Teorema di Church-Rosser per la beta-riduzione. Forme normali per beta-riduzione. Strategie di beta-riduzione. Strategia normalizzante: riduzione di sinistra (left most-outer most). Riduzione di testa. Termini Risolubili. Forme Normali di Testa. Teorema di caratterizzazione della risolubilità. - Rappresentazione delle funzioni ricorsive: teorema di lambda definibilità. Esistenza del punto fisso per il lambda termini. Punto Fisso di Church ed punto fisso di Curry. - Rappresentazione di altri tipi di dato nel lambda-calcolo: coppie, liste, alberi, soluzione di equazioni ricorsive su lambda-termini ([2] capp. 1, 2, 5).

### Testi

[1] DEHORNOY, P., COMPLEXITÉ ET DECIDABILITÉ. SPRINGER-VERLAG, (1993). [2] KRIVINE, J.-L., LAMBDA CALCULUS: TYPES AND MODELS. #ELLIS HORWOOD, (1993). [3] SIPSER, M., INTRODUCTION TO THE THEORY OF COMPUTATION. THOMSON COURSE TECHNOLOGY, (2006).

## Bibliografia di riferimento

G. Lolli, Hilbert e la logica, *Le Matematiche*, [S.l.], v. 55, n. 3, p. 93-126, mar. 2005. ISSN 2037-5298. Dexter C. Kozen, *Theory of Computation*, Springer-Verlag (2006). G. Ausiello, G. Gambosi, F. d'Amore Linguaggi, Modelli, Complessità Aho, Hopcroft, Ullman, *Design and Analysis of Computer Programming*. A. Bernasconi, B. Codenotti, *Introduzione alla complessità computazionale*, Springer-Verlag. H. Hermes, *Enumerability, Decidability, Computability*, *Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen*, n. 127, Springer-Verlag. F. Cardone and J. R. Hindley, *History of Lambda-calculus and Combinatory Logic*, from Swansea University Mathematics Department Research Report No. MRRS-05-06.

## Modalità erogazione

Lezione frontale in aula.

## Modalità di valutazione

L'esame consiste di due parti: un esame scritto, sostituibile con due prove in itinere (il voto finale viene calcolato pesando la prima prova al 35% e la seconda al 65%) e una prova orale opzionale, prevista per supplire alle insufficienze lievi (a partire dal 15, compreso) o per migliorare il voto ottenuto allo scritto.

## English

### Prerequisites

There is no required background.

### Programme

1) Computability, complexity and representability: - Introduction to decision problems, algorithmic and non-algorithmic procedures, deterministic computations, discrete procedures, the notion of alphabet, of speech. Decidability and semi-decidability of a set. Deterministic, finitary and discrete computations. Formal algorithms: formal definition of algorithm, configurations of input, output, transition function. Example of formalization of an algorithm. Decidability for finished automata. Representation of the automata by matrices. Free Monoid of words. Formal semi-rings. Non-deterministic finite automata. Regular Languages. Equivalence between deterministic and non-deterministic automata. - Turing machines: definition, decidability for Turing machine, stopping time, stopping space. Cost of computation. Complexity: worst-case and average case. Independence of decision time from a finite number of input configurations. Complexity functions, complexity classes DTIME and DSPACE (deterministic time and space). Inclusion  $DTIME(T(n)) \# DSPACE(T(n)) \# DTIME(2^{cT(n)})$ . Pumping Lemma. Simulation of algorithms, simulation of the half tape Turing machine, simulation of a multi-tape machine. Special Turing machines. Linear Speedup theorem for Turing machines with an extended alphabet. Evaluation of acceleration coefficient in relation to alphabets. Decisions of natural number sets. Independence from representation. Considerations concerning complexity. - Turing computability: definition of Turing computable function, characteristic functions of Turing decidable sets, the class of Turing computable functions is closed by composition, concatenation, primitive recursion and minimization. Examples of Turing computable functions. Recursive Functions: equivalence between Turing computability and recursive functions. Ackermann function ([1] chapter 1,2,3,4,5 and [4] chapter 1). - Time-constructible functions. The notion of T-clock. Examples of some time constructible function. Closure by composition. - Non-deterministic Turing machines: characterization through the decidability of projection sets. Definition of the class of polynomial non-deterministic functions. NP-complete problems. 2) Lambda calculus and functional programming: - Declarative programming: a historical outline on the lambda calculus, basic definitions, the terms of the lambda calculus, the simple substitution. Relations on the lambda terms. Congruences, transition to the context. #-equivalence. alpha-equivalence passes to the context. The transitive closure of a relationship, owned by Church-Rosser. Listing of lambda-terms concerning alpha-equivalence. - Definition of beta-reduction and beta-equivalence. Church-Rosser's theorem for beta-reduction. Normal forms for beta-reduction. Beta-reduction strategies. Normalizing strategy: left reduction (left most-outer most). Head reduction. Soluble Terms. Head Normal Forms. Solvability characterization theorem. - Representation of the recursive functions: lambda definability theorem. Existence of the fixed point for the lambda terms. Church Fixed Point and Curry fixed point. - Representation of other data types in the lambda-calculus: pairs, lists, trees, the solution of recursive equations on lambda-terms ([2] chapters 1, 2, 5).

### Reference books

[1] DEHORNOY, P., COMPLEXITÉ ET DECIDABILITÉ. SPRINGER-VERLAG, (1993). [2] KRIVINE, J.-L., LAMBDA CALCULUS: TYPES AND MODELS. #ELLIS HORWOOD, (1993). [3] SIPSER, M., INTRODUCTION TO THE THEORY OF COMPUTATION. THOMSON COURSE TECHNOLOGY, (2006).

### Reference bibliography

G. Lolli, Hilbert e la logica, *Le Matematiche*, [S.l.], v. 55, n. 3, p. 93-126, mar. 2005. ISSN 2037-5298. Dexter C. Kozen, *Theory of Computation*, Springer-Verlag (2006). G. Ausiello, G. Gambosi, F. d'Amore Linguaggi, Modelli, Complessità Aho, Hopcroft, Ullman, *Design and Analysis of Computer Programming*. A. Bernasconi, B. Codenotti, *Introduzione alla complessità computazionale*, Springer-Verlag. H. Hermes, *Enumerability, Decidability, Computability*, *Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen*, n. 127, Springer-Verlag. F. Cardone and J. R. Hindley, *History of Lambda-calculus and Combinatory Logic*, from Swansea University Mathematics Department Research Report No. MRRS-05-06.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE

**Docente:** BONIFACI VINCENZO

### Italiano

### Prerequisiti

Elementi di probabilità discreta.

## Programma

1. Introduzione alla teoria dell'informazione Trasmissione affidabile dell'informazione. Contenuto informativo secondo Shannon. Misure di informazione. Entropia, mutua informazione, divergenza informazionale. Compressione dati. Correzione d'errore. Teoremi di elaborazione dei dati. Disuguaglianze fondamentali. Diagrammi d'informazione. Divergenza informazionale e massima verosimiglianza. 2. Codifica di sorgente e compressione dati Sequenze tipiche. Tipicità in probabilità. Proprietà di equipartizione asintotica. Codifica a blocco e a lunghezza variabile. Tasso di codifica. Teorema della codifica di sorgente. Compressione dati senza perdita. Codice di Huffman. Codici universali. Compressione Ziv-Lempel. 3. Codifica di canale Capacità di canale. Canali discreti senza memoria. Informazione trasportata da un canale. Criteri di decodifica. Teorema della codifica di canale con rumore. 4. Ulteriori codici ed applicazioni Spazio di Hamming. Codici lineari. Matrice generatrice e matrice di controllo. Codici ciclici. Codici hash.

## Testi

Francesco Fabris. Teoria dell'informazione, codici, cifrari. Bollati Boringhieri, 2001.

## Bibliografia di riferimento

Thomas M. Cover, Joy A. Thomas. Elements of Information Theory. Wiley, 1991. Venkatesan Guruswamy, Atri Rudra, Madhu Sudan. Essential Coding Theory. Bozza disponibile online, 2019. Richard E. Blahut. Algebraic Codes for Data Transmission. Cambridge University Press, 2003. Timothy C. Bell, John G. Cleary, Ian H. Witten. Text Compression. Prentice-Hall, 1990.

## Modalità erogazione

Lezioni frontali con esercitazioni frontali.

## Modalità di valutazione

Esame orale.

## English

## Prerequisites

Elements of discrete probability.

## Programme

1. Introduction to information theory. Reliable transmission of information. Shannon's information content. Measures of information. Entropy, mutual information, informational divergence. Data compression. Error correction. Data processing theorems. Fundamental inequalities. Information diagrams. Informational divergence and maximum likelihood. 2. Source coding and data compression Typical sequences. Typicality in probability. Asymptotic equipartitioning property. Block codes and variable length codes. Coding rate. Source coding theorem. Lossless data compression. Huffman code. Universal codes. Ziv-Lempel compression. 3. Channel coding Channel capacity. Discrete memoryless channels. Information transmitted over a channel. Decoding criteria. Noisy channel coding theorem. 4. Further codes and applications Hamming space. Linear codes. Generating matrix and check matrix. Cyclic codes. Hash codes.

## Reference books

David J. C. MacKay. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge University Press, 2004.

## Reference bibliography

Thomas M. Cover, Joy A. Thomas. Elements of Information Theory. Wiley, 1991. Venkatesan Guruswamy, Atri Rudra, Madhu Sudan. Essential Coding Theory. Online draft, 2019. Richard E. Blahut. Algebraic Codes for Data Transmission. Cambridge University Press, 2003. Timothy C. Bell, John G. Cleary, Ian H. Witten. Text Compression. Prentice-Hall, 1990.

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA

**Docente:** PEDICINI MARCO

## Italiano

## Prerequisiti

Nozioni elementari di teoria dei numeri, probabilità discreta ed algebra lineare, programmazione di base.

## Programma

1. Crittografia Classica - Crittosistemi di base: cifratura per sostituzione, per traslazione, per permutazione, affine, di Vigenère, di Hill. Cifratura a flusso (sincrona e asincrona), Linear feedback shift registers (LFSR) su campi finiti, Cifrario autokey. Cifrari prodotto. Crittoanalisi di base: classificazione degli attacchi; crittoanalisi per i cifrari affini, per la cifratura a sostituzione (analisi delle frequenze), per la cifratura di Vigenere: Kasiski test, indice di coincidenza; crittoanalisi del cifrario di Hill e degli LFSR: attacchi algebrici, cube attack. 2. Applicazione della Teoria di Shannon alla crittografia - Sicurezza dei cifrari: sicurezza computazionale, sicurezza dimostrabile, sicurezza incondizionata. Richiami di calcolo delle probabilità: variabili aleatorie discrete, probabilità congiunta, probabilità condizionata, variabili aleatorie indipendenti, Teorema di Bayes. Variabili aleatorie associate a crittosistemi. Sistemi di cifratura a sicurezza perfetta. Crittosistema di Vernam. Entropia. Codici di Huffman. Spurious Keys e Unicity distance. 3. Cifrari a blocchi - Schemi di cifratura iterativi; Reti di Sostituzione-Permutazione (SPN); Crittoanalisi lineare per SPN: Piling-Up Lemma, approssimazione lineare di S-boxes, attacchi lineari a S-boxes; Crittoanalisi differenziale per SPN; Cifrari di tipo Feistel; DES: descrizione e analisi; AES: descrizione; Cenni sui campi finiti: operazioni su campi finiti, algoritmo di Euclide generalizzato per il calcolo del mcd e degli inversi; Modi operativi per i cifrari a blocchi. 4. Funzioni Hash e Codici per l'autenticazione di messaggi - Funzioni di hash e integrità dei dati. Funzioni di hash sicure: resistenza alla controimmagine, resistenza alla seconda controimmagine, resistenza alla collisione. Il modello dell'oracolo random:

funzioni di hash ideali, proprietà di indipendenza. Algoritmi randomizzati, collisione sul problema della seconda controimmagine, collisione sul problema della controimmagine. Funzioni di hash iterate; la costruzione di Merkle-Damgard. Algoritmo di Hash Sicuro (SHA-1). Codici di Autenticazione (MAC): codici di autenticazione nidificati (HMAC).

## Testi

[1] Antoine Joux, Algorithmic Cryptanalysis, (2010) CRC Press. [2] Douglas Stinson, Cryptography: Theory and Practice, 3rd edition, (2006) Chapman and Hall/CRC. [3] Delfs H., Knebl H., Introduction to Cryptography, (2007) Springer Verlag.

## Bibliografia di riferimento

[-] Serge Vaudenay, A Classical Introduction to Cryptography, Applications for Communications Security (2006) Springer-Verlag. [-] Th. Baigneres, P. Junod, Y. Lu, J. Monnerat, S. Vaudenay A Classical Introduction to Cryptography Exercise Book Springer Verlag (2006). [-] S. Mangano, Mathematica Cookbook ISBN: 9789863470106 Publisher: O'Reilly (2014). [-] Schneier, Applied Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [-] Katz, Lindell, Introduction to Modern Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [-] Rudolf Lidl, Harald Niederreiter, Finite Fields, 2nd edition, In Encyclopedia of Mathematics and its Applications, (2007) Cambridge University Press.

## Modalità erogazione

Lezioni in aula e sessioni di programmazione al laboratorio informatico.

## Modalità di valutazione

Esame scritto e valutazione del progetto di programmazione.

## English

### Prerequisites

Basic number theory, basic discrete probability theory, basic linear algebra, basic computer programming.

### Programme

1. Classic Cryptography - Basic cryptosystems: encryption by substitution, by translation, by permutation, affine cryptosystem, by Vigenère, by Hill. Stream encryption (synchronous and asynchronous), Linear feedback shift registers (LFSR) on finite fields, Autokey cypher. Product cyphers. Basic cryptanalysis: classification of attacks; cryptoanalysis for affine cyphers, for substitution cypher (frequency analysis), for Vigenere cypher: Kasiski test, coincidence index; cryptoanalysis of Hill's cypher and LFSR: algebraic attacks, cube attack. 2. Application of Shannon theory to cryptography - Security of cyphers: computational security, provable security, unconditional security. Basics of probability: discrete random variables, joint probability, conditional probability, independent random variables, Bayes' theorem. Random variables associated with cryptosystems. Perfect secrecy for encryption systems. Vernam cryptosystem. Entropy. Huffman codes. Spurious Keys and Unicity distance. 3. Block cyphers - iterative encryption schemes; Substitution-Permutation Networks (SPN); Linear cryptanalysis for SPN: Piling-Up Lemma, linear approximation of S-boxes, linear attacks on S-boxes; Differential cryptanalysis for SPN; Feistel cyphers; DES: description and analysis; AES: description; Notes on finite fields: operations on finite fields, Euclid's generalized algorithm for the computation of the GCD and inverse; Operating modes for block cyphers. 4. Hash functions and codes for message authentication - Hash functions and data integrity. Safe hash functions: resistance to the pre-image, resistance to the second pre-image, collision resistance. The random oracle model: ideal hash functions, properties of independence. Randomized algorithms, collision on the problem of the second pre-image, collision on the problem of the pre-image. Iterated hash functions; the construction of Merkle-Damgard. Safe Hash Algorithm (SHA-1). Authentication Codes (MAC): nested authentication codes (HMAC).

### Reference books

[1] Antoine Joux, Algorithmic Cryptanalysis, (2010) CRC Press. [2] Douglas Stinson, Cryptography: Theory and Practice, 3rd edition, (2006) Chapman and Hall/CRC. [3] Delfs H., Knebl H., Introduction to Cryptography, (2007) Springer Verlag.

### Reference bibliography

[-] Serge Vaudenay, A Classical Introduction to Cryptography, Applications for Communications Security (2006) Springer-Verlag. [-] Th. Baigneres, P. Junod, Y. Lu, J. Monnerat, S. Vaudenay A Classical Introduction to Cryptography Exercise Book Springer Verlag (2006). [-] S. Mangano, Mathematica Cookbook ISBN: 9789863470106 Publisher: O'Reilly (2014). [-] Schneier, Applied Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [-] Katz, Lindell, Introduction to Modern Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [-] Rudolf Lidl, Harald Niederreiter, Finite Fields, 2nd edition, In Encyclopedia of Mathematics and its Applications, (2007) Cambridge University Press.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO

**Docente:** Cianfriglia Marco

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza del linguaggio C

#### Programma

- Introduzione al calcolo parallelo e distribuito - Concetti base: architetture hardware e gerarchie di memorie - Il linguaggio C - Modelli di programmazione parallela - MPI: Message Passing Interface - Calcolo parallelo con OpenMP: Open Multiprocessing - Input/Output parallelo - Introduzione alla programmazione general-purpose su Graphics Processing Unit (GPU) - CUDA e OpenCL

#### Testi

Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms, Trobec, Slivnik, Buli#, Robi#, Springer Programming on Parallel Machines, Norm Matloff

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso consiste in lezioni frontali ed esercitazioni al computer.

### Modalità di valutazione

L'esame consiste nella realizzazione di un progetto e nella presentazione e discussione di una breve relazione sul progetto stesso e delle scelte implementative.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of C language

#### Programme

- Introduction to parallel and distributed computing - Base concepts: hardware architectures and memory hierarchy - The C language - Parallel programming models - Message Passing Interface (MPI) - OpenMP - Introduction to general purpose programming on Graphics Processing Unit (GPU) - CUDA and OpenCL

#### Reference books

Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms, Trobec, Slivnik, Buli#, Robi#, Springer Programming on Parallel Machines, Norm Matloff

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410432 - IN550 – MACHINE LEARNING

**Docente:** BONIFACI VINCENZO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza del linguaggio di programmazione Python. Elementi di probabilità discreta, algebra lineare ed analisi matematica.

#### Programma

1. Apprendimento automatico. Tipi di apprendimento. Funzioni di costo. Minimizzazione del rischio empirico. Generalizzazione ed overfitting. 2. Ottimizzazione di modelli. Funzioni convesse. Discesa del gradiente. Discesa stocastica del gradiente. 3. Regressione. Regressione lineare. Basi di funzioni. Selezione dei predittori. Regolarizzazione. 4. Classificazione. Modelli generativi. Nearest neighbor. Regressione logistica. Support vector machines. Reti neurali. 5. Combinazione di modelli. Alberi di decisione. Boosting. Bagging. 6. Apprendimento non supervisionato. Clustering K-means. Clustering gerarchico. Analisi delle componenti principali. 7. Applicazione dei metodi nel linguaggio di programmazione Python. Esempi d'uso delle librerie NumPy, Pandas, SciKit-Learn, e TensorFlow.

#### Testi

J. Watt, R. Borhani, A. Katsaggelos. Machine Learning Refined. Cambridge University Press, 2nd edition, 2020.

#### Bibliografia di riferimento

A. Géron. Hands-On Machine Learning with SciKit-Learn, Keras, and Tensorflow. O'Reilly, 2nd edition, 2019. S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David. Understanding Machine Learning. Cambridge University Press, 2014. G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning. Springer, 2013. K.P. Murphy. Machine Learning. MIT Press, 2012. C.M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.

#### Modalità erogazione

Lezioni teoriche ed esercitazioni con software scientifico.

#### Modalità di valutazione

L'esame si compone di due parti: un progetto software ed un esame orale. Nella parte di progetto software, gli studenti identificheranno ed analizzeranno un dataset utilizzando le metodologie presentate durante le lezioni, preparando un quaderno Python interattivo (Jupyter) ed una presentazione. L'esame orale consisterà, oltre che nella discussione del progetto, in domande su tutto il programma del corso.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of the Python programming language. Elements of discrete probability, linear algebra and real analysis.

### Programme

1. Machine learning. Types of learning. Loss functions. Empirical risk minimization. Generalization and overfitting. 2. Model optimization. Convex functions. Gradient descent. Stochastic gradient descent. 3. Regression. Linear regression. Basis functions. Feature selection. Regularization. 4. Classification. Generative models. Nearest neighbor. Logistic regression. Support vector machines. Neural networks. 5. Ensemble methods. Decision trees. Boosting. Bagging. 6. Unsupervised learning. K-means clustering. Hierarchical clustering. Principal component analysis. 7. Application of the methods using the Python language. Examples using the NumPy, Pandas, SciKit-Learn, and TensorFlow libraries.

### Reference books

J. Watt, R. Borhani, A. Katsaggelos. Machine Learning Refined. Cambridge University Press, 2nd edition, 2020.

### Reference bibliography

A. Géron. Hands-On Machine Learning with SciKit-Learn, Keras, and Tensorflow. O'Reilly, 2nd edition, 2019. S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David. Understanding Machine Learning. Cambridge University Press, 2014. G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani. An Introduction to Statistical Learning. Springer, 2013. K.P. Murphy. Machine Learning. MIT Press, 2012. C.M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, 2006.

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410773 - IN570 – QUANTUM COMPUTING

**Docente:** PEDICINI MARCO

### Italiano

#### Prerequisiti

Linear Algebra. Computability and Complexity

#### Programma

Basic Linear Algebra: Hilbert Spaces, Products and Tensor Products, Matrices, Complex Spaces and Inner Products, Matrices, Graphs, and Sums Over Paths. Boolean Functions, Quantum Bits, and Feasibility: Feasible Boolean Functions, Quantum Representation of Boolean Arguments Quantum Feasibility. Special Matrices: Hadamard Matrices, Fourier Matrices, Reversible Computation and Permutation Matrices, Feasible Diagonal Matrices, Reflections. Tricks: Start Vectors, Controlling and Copying Base States, The Copy-Uncompute Trick, Superposition Tricks, Flipping a Switch, Measurement Tricks, Partial Transforms. Algorithms: Phil's Algorithm: Phil Measures Up, Quantum Mazes versus Circuits versus Matrices. Deutsch's Algorithm: Superdense Coding and Teleportation. The Deutsch-Jozsa Algorithm. Simon's Algorithm. Shor's Algorithm, Quantum Part of the Algorithm, Analysis of the Quantum Part, Continued Fractions. FactoringIntegers: Basic Number Theory, Periods Give the Order, Factoring. Grover's Algorithm: The binary case, the general case, with k Unknowns, Grover Approximate Counting. QuantumWalks: Classical Random Walks, Random Walks and Matrices, Defining Quantum Walks, Interference and Diffusion.

#### Testi

Richard J. Lipton, Kenneth W. Regan Introduction to Quantum Algorithms via Linear Algebra, Second Edition, ISBN 9780262045254, (2021), MIT Press;

#### Bibliografia di riferimento

Mika Hirvensalo Quantum Computing ISBN: 978-3-540-40704-1, 2nd edition, Springer-Verlag, (2004). Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information ISBN: 9781107002173, Cambridge University Press (2010). Eleanor G. Rieffel, Wolfgang H. Polak Quantum Computing: A Gentle Introduction (10th Anniversary Edition) ISBN: 9780262526678, MIT Press, (2014). Zdzislaw Meglicki Quantum Computing Without Magic: Devices ISBN:9780262288187, MIT Press (2008). Song Y. Yan, Quantum Computational Number Theory ISBN:978-3-319-25821-8, Springer-Verlag (2015).

#### Modalità erogazione

Lezione Frontale.

#### Modalità di valutazione

L'esame consiste di due parti: [-] di un esame scritto, sostituibile con attività seminariali di presentazione degli argomenti studiati. [-] Una prova orale è a completamento del voto ottenuto allo scritto.

### English

#### Prerequisites

Linear Algebra. Computability and Complexity

#### Programme

Basic Linear Algebra: Hilbert Spaces, Products and Tensor Products, Matrices, Complex Spaces and Inner Products, Matrices, Graphs, and Sums Over Paths. Boolean Functions, Quantum Bits, and Feasibility: Feasible Boolean Functions, Quantum Representation of Boolean Arguments Quantum Feasibility. Special Matrices: Hadamard Matrices, Fourier Matrices, Reversible Computation and Permutation Matrices, Feasible Diagonal Matrices, Reflections. Tricks: Start Vectors, Controlling and Copying Base States, The Copy-Uncompute Trick, Superposition Tricks, Flipping a Switch, Measurement Tricks, Partial Transforms. Algorithms: Phil's Algorithm:

Phil Measures Up, Quantum Mazes versus Circuits versus Matrices. Deutsch's Algorithm: Superdense Coding and Teleportation. The Deutsch-Jozsa Algorithm. Simon's Algorithm. Shor's Algorithm, Quantum Part of the Algorithm, Analysis of the Quantum Part, Continued Fractions. Factoring Integers: Basic Number Theory, Periods Give the Order, Factoring. Grover's Algorithm: The binary case, the general case, with k Unknowns, Grover Approximate Counting. Quantum Walks: Classical Random Walks, Random Walks and Matrices, Defining Quantum Walks, Interference and Diffusion.

### Reference books

Richard J. Lipton, Kenneth W. Regan Introduction to Quantum Algorithms via Linear Algebra, Second Edition, ISBN 9780262045254, (2021), MIT Press;

### Reference bibliography

Mika Hirvensalo Quantum Computing ISBN: 978-3-540-40704-1, 2nd edition, Springer-Verlag, (2004). Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information ISBN: 9781107002173, Cambridge University Press (2010). Eleanor G. Rieffel, Wolfgang H. Polak Quantum Computing: A Gentle Introduction (10th Anniversary Edition) ISBN: 9780262526678, MIT Press, (2014). Zdzislaw Meglicki Quantum Computing Without Magic: Devices ISBN:9780262288187, MIT Press (2008). Song Y. Yan, Quantum Computational Number Theory ISBN:978-3-319-25821-8, Springer-Verlag (2015).

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410438 - MF410 - FINANZA COMPUTAZIONALE

**Docente:** CESARONE FRANCESCO

### Italiano

#### Prerequisiti

#### Programma

MODULO 1 1 Una breve introduzione a MATLAB 1.1 Fondamenti di MATLAB: Elementi preliminari; Assegnamento di variabili; Workspace; Operazioni aritmetiche; Vettori e matrici; Operazioni standard di algebra lineare; Moltiplicazione e divisione elemento per elemento; Operatore due punti (:); Funzioni predefinite; Function inline; Anonymous Function. 1.2 M-file: Script e Function 1.3 Fondamenti di programmazione: schemi if, else, e elseif; cicli for; cicli while 1.4 Grafica in Matlab 1.5 Esercizi preliminari sulla programmazione 1.6 Esercizi sulle basi di valutazione finanziaria MODULO 2 2 Elementi preliminari di Teoria delle Probabilità e Statistica 2.1 Variabili aleatorie 2.2 Distribuzioni di probabilità 2.3 Variabile aleatoria continua 2.4 Momenti di ordine superiore e indici sintetici di una distribuzione 2.5 Alcune distribuzioni di probabilità: Uniforme, Normale, Log-normale, Chi-quadro, t di Student 3 Programmazione Lineare e Non-lineare 3.1 Alcune function incorporate in Matlab per problemi di ottimizzazione 3.2 Ottimizzazione Multi-obiettivo: Determinazione della frontiera efficiente 4 Ottimizzazione di Portafoglio 4.1 Portafoglio di azioni: Prezzi e rendimenti 4.2 Analisi rischio-rendimento: Media-Varianza; Effetti della diversificazione su un portafoglio equi-pesato; portafogli Media -MAD; Media -MinMax; VaR; Media -CVaR; Media -Gini 4.3 Immunizzazione di portafogli obbligazionari MODULO 3 5 Ulteriori elementi di Teoria delle Probabilità e Statistica 5.1 Introduzione alla simulazione Monte Carlo 5.2 Processi stocastici: Moto browniano; Lemma di Ito; Moto browniano geometrico 6 Prezzo di derivati con sottostante azionario 6.1 Modello binomiale (CRR): Replicazione di portafogli di azioni e obbligazioni; Calibrazione del modello; Caso multi-periodale 6.2 Modello Black-Scholes: Assunzioni del modello; Prezzo di una call europea; Equazione del prezzo di una call; Volatilità implicita 6.3 Pricing di opzioni con il metodo Monte Carlo: Soluzione in forma integrale; Derivati Path Dependent

#### Testi

F Cesarone (2020), Computational Finance. MATLAB oriented modeling, Routledge-Giappichelli Studies in Business and Management, ISBN 978-0-367-49303-5 <https://www.giappichelli.it/computational-finance>

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Le lezioni si terranno al Centro di Calcolo secondo il seguente calendario: Martedì 12:30-14:30 Mercoledì 15:00-17:00 Giovedì 10:30-12:30 Gli strumenti utilizzati saranno i seguenti: - slide; - lezione in presenza e in streaming con interazione diretta con gli studenti tramite voce e chat; - lavagna digitale; - programmazione live su Matlab (<https://www.uniroma3.it/servizi/software-in-convenzione/mathworks-campus/>); - libro di testo del docente: <http://host.uniroma3.it/docenti/cesarone/Books.htm>

#### Modalità di valutazione

L'esame si articola in una prova scritta ed una orale. La prova scritta consiste nella risoluzione su Matlab di tre esercizi, uno per ciascun modulo. La prova orale tratta tutti gli argomenti del programma e può comprendere sia domande di teoria sia esercizi. Alla prova orale sono ammessi gli studenti che abbiano riportato un punteggio non inferiore a 16/30 nella prova scritta. Gli studenti che abbiano riportato un punteggio non inferiore a 18/30 possono non sostenere la prova orale ed ottenere un voto all'esame corrispondente al voto della prova scritta con un limite superiore di 24/30 (in caso di voto alla prova scritta maggiore o uguale a 24/30); per ambire ad un voto superiore la prova orale è obbligatoria.

### English

#### Prerequisites

#### Programme

MODULE 1 1 A rapid introduction to MATLAB 1.1 MATLAB basics: Preliminary elements; Variable assignment; Workspace; Arithmetic operations; Vectors and matrices; Standard operations of linear algebra; Element-by-element multiplication and division; Colon (:) operator; Predefined function; inline Function; Anonymous Function. 1.2 M-file: Script and Function 1.3 Programming fundamentals: if, else, and elseif scheme; for loops; while loops 1.4 Matlab graphics 1.5 Preliminary exercises on programming 1.6 Exercises on the financial evaluation basics MODULE 2 2 Preliminary elements on Probability Theory and Statistics 2.1 Random variables 2.2 Probability distributions 2.3 Continuous random variable 2.4 Higher-order moments and synthetic indices of a distribution 2.5 Some probability distributions: Uniform, Normal, Log-normal, Chi-square, Student-t 3 Linear and Non-linear Programming 3.1 Some Matlab built-in functions for optimization problems 3.2 Multi-objective optimization: Determining the efficient frontier 4 Portfolio Optimization 4.1 Portfolio of equities: Prices and returns 4.2 Risk-return analysis: Mean-Variance; Effects of the diversification in an Equally Weighted portfolio; Mean-MAD; Mean-MinMax; VaR; Mean-CVaR; Mean-Gini portfolios 4.3 Bond portfolio immunization MODULE 3 5 Further elements on Probability Theory and Statistics 5.1 Introduction to the Monte Carlo simulation 5.2 Stochastic processes: Brownian motion; Ito's Lemma; Geometrical Brownian motion 6 Pricing of derivatives with an underlying security 6.1 Binomial model (CRR): A replicating portfolio of stocks and bonds; Calibration of the model; Multi-period case 6.2 Black-Scholes model: Assumptions of the model; Pricing of a European call; Pricing equation for a call; Implied Volatility 6.3 Option Pricing with Monte Carlo Method: Solution in integral form; Path Dependent Derivatives

### Reference books

F Cesarone (2020), Computational Finance. MATLAB oriented modeling, Routledge-Giappichelli Studies in Business and Management, ISBN 978-0-367-49303-5 <https://www.giappichelli.it/computational-finance>

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410555 - ST410-STATISTICA

**Docente:** MARTINELLI FABIO

### Italiano

#### Prerequisiti

Avere seguito un corso base di teoria della probabilita' e di analisi matematica in piu' variabili

#### Programma

Variabili casuali e la loro distribuzione, funzione generatrice dei momenti, media varianza e covarianza. Modello di campionamento casuale e modello statistico. Statistica: concetto, esempi, statistica sufficiente e minimale. Stimatori puntuali: definizione e propriet' a desiderata, mo- menti, massima verosimiglianza e Bayes. Metodi computazionali: Newton-Raphson, algoritmo EM Migliorare uno stimatore: Rao-Blackwell, stimatore UMVU, statistica completa, Lehman-Scheff #e II e Cramer- Rao Intervalli di confidenza: intuitivo, quantit' a pivotale, IC per Bayes e IC asintotico. Verifica d'ipotesi: rapporto di verosimiglianza, test via quantit' a pivotale (test Z e T), dualit' a con IC, test UMP, Neyman-Pearson e Karlin-Rubin. Metodi non parametrici: goodness-of-fit, tabella di contingenza, Kolmogorov-Smirnov e test tramite graduatoria. Analisi della varianza (ANOVA) e test F. Regressione: lineare, lineare multipla, lineare generalizzata e Logistica/Poisson

#### Testi

Introduzione alla Statistica, S.M. Ross, Apogeo - Maggioli Editore.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Esame scritto (30 punti), Progetto (opzionale, 3 punti), media dei fogli di esercizi (10 punti). Voto finale: max{voto esame scritto, 2/3 \* esame + fogli di esercizi + progetto, 30}.

### English

#### Prerequisites

A basic course in probability theory and in multivariable calculus

#### Programme

Random variables and their distribution, moment generating function, mean variance and covariance. Random sampling model and statistical model. Statistics: concept, examples, sufficient statistics. Point estimators: definition and desired properties, moments, maximum likelihood and Bayes. Computational methods: Newton-Raphson, EM algorithm Improving an estimator: Rao-Blackwell, UMVU estimator, full statistic, Lehman-Scheff #e II and Cramer-Rao Confidence intervals: intuitive, pivotal quantity, IC for Bayes and asymptotic IC. Hypothesis testing: likelihood ratio, pivotal quantity test (Z and T test), duality with IC, UMP, Neyman-Pearson and Karlin-Rubin tests. Non-parametric methods: goodness-of-fit, contingency table, Kolmogorov-Smirnov and ranking tests. Analysis of variance (ANOVA) and F. Regression: linear, multiple linear, generalized linear and Logistic / Poisson

### Reference books

Statistical Inference, Casella e Berger, 2nd Edition, Duxbury Advanced Series.

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410555 - ST410-STATISTICA

**Docente:** MARTINELLI FABIO

## Italiano

### Prerequisiti

Avere seguito un corso base di teoria della probabilità e di analisi matematica in più variabili

### Programma

Variabili casuali e la loro distribuzione, funzione generatrice dei momenti, media varianza e covarianza. Modello di campionamento casuale e modello statistico. Statistica: concetto, esempi, statistica sufficiente e minimale. Stimatori puntuali: definizione e proprietà desiderata, momenti, massima verosimiglianza e Bayes. Metodi computazionali: Newton-Raphson, algoritmo EM Migliorare uno stimatore: Rao-Blackwell, stimatore UMVU, statistica completa, Lehman-Scheff #e II e Cramer- Rao Intervalli di confidenza: intuitivo, quantità pivotale, IC per Bayes e IC asintotico. Verifica d'ipotesi: rapporto di verosimiglianza, test via quantità pivotale (test Z e T), dualità con IC, test UMP, Neyman-Pearson e Karlin-Rubin. Metodi non parametrici: goodness-of-fit, tabella di contingenza, Kolmogorov-Smirnov e test tramite graduatoria. Analisi della varianza (ANOVA) e test F. Regressione: lineare, lineare multipla, lineare generalizzata e Logistica/Poisson

### Testi

Introduzione alla Statistica, S.M. Ross, Apogeo - Maggioli Editore.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Testi da definire

### Modalità di valutazione

Esame scritto (30 punti), Progetto (opzionale, 3 punti), media dei fogli di esercizi (10 punti). Voto finale:  $\max\{\text{voto esame scritto}, 2/3 * \text{esame} + \text{fogli di esercizi} + \text{progetto}, 30\}$ .

## English

### Prerequisites

A basic course in probability theory and in multivariable calculus

### Programme

Random variables and their distribution, moment generating function, mean variance and covariance. Random sampling model and statistical model. Statistics: concept, examples, sufficient statistics. Point estimators: definition and desired properties, moments, maximum likelihood and Bayes. Computational methods: Newton-Raphson, EM algorithm Improving an estimator: Rao-Blackwell, UMVU estimator, full statistic, Lehman-Scheff #e II and Cramer-Rao Confidence intervals: intuitive, pivotal quantity, IC for Bayes and asymptotic IC. Hypothesis testing: likelihood ratio, pivotal quantity test (Z and T test), duality with IC, UMP, Neyman-Pearson and Karlin-Rubin tests. Non-parametric methods: goodness-of-fit, contingency table, Kolmogorov-Smirnov and ranking tests. Analysis of variance (ANOVA) and F. Regression: linear, multiple linear, generalized linear and Logistic / Poisson

### Reference books

Statistical Inference, Casella e Berger, 2nd Edition, Duxbury Advanced Series.

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-