

# FABIO PREVIDI

## GENERALITA'

Nato a Milano il 22 agosto 1968.

Residente a Milano, via Giambellino, 117.

Sposato con Alessandra Masini dal 26 aprile 1997.

Padre di Luca nato il 19 febbraio 2002.

Tel. 02/422290166 (ufficio Dalmine: 035/2052357– ufficio Politecnico: 02/23993456 – cell: 339/8643359).

E-mail: [previdi@unibg.it](mailto:previdi@unibg.it)

Web: <http://193.204.253.55/previdi/index.html>

## ATTUALE POSIZIONE

Ricercatore non confermato del raggruppamento ING/INF-04-Automatica dal 18 febbraio 2002, presso il Dipartimento di Ingegneria Gestionale e dell'Informazione dell'Università di Bergamo.

## POSIZIONI PRECEDENTEMENTE RICOPERTE

- 1996-1998. Dottorato di Ricerca in Ingegneria Informatica ed Automatica presso il Politecnico di Milano.
- 1998-2002. Assegnista di ricerca presso il Politecnico di Milano.
- 1999-2000. Research Assistant presso il Center for Systems and Control della University of Glasgow (UK).

## FORMAZIONE

- Diploma di Maturità Scientifica – Liceo Scientifico Leone XIII di Milano – Luglio 1987
- Laurea in Ingegneria Elettronica (indirizzo Automatica) – Politecnico di Milano – Ottobre 1993. Tesi: “Identificazione di modelli dinamici usando reti neurali”. Relatore: Prof. M. Sami
- Dottorato di Ricerca in Ingegneria Informatica e Automatica – Politecnico di Milano – Febbraio 1999. Tesi: “Identificazione e controllo mediante modelli lineari locali. Relatore: Prof. S. Bittanti.
- Principali corsi post-laurea seguiti
  - ✓ Reti neurali per il controllo (Giornata di studio ANIPLA, giugno 1992 – 8 ore)
  - ✓ Learning Systems (E. Aved'jan, Novembre 1993 – 20 ore)
  - ✓ Learning Theory (M. Vidyasagar, Maggio 1996 – 20 ore)
  - ✓ La testabilità locale nei linguaggi e nelle strutture (S. Crespi Reghizzi, settembre 1996 – 20 ore)
  - ✓ Logica (M. Colombetti, novembre 1996 – 20 ore)
  - ✓ Continuous time supervision: fault detection and isolation (Ecole d'Eté d'Automatique de Grenoble, 2-6 Settembre 1996 – 5 giorni)
  - ✓ Robust Identification and Control (Ecole d'Eté d'Automatique de Grenoble, 1-5 Settembre 1997 – 5 giorni)
  - ✓ Problemi di filtraggio con modelli a variabili di stato (P. Bolzern, P. Colaneri, maggio 1997 – 24 ore)
  - ✓ Fuzzy sets e logica fuzzy: teoria e applicazioni al controllo e alla modellistica (A. Bonarini, ottobre 1997 – 20 ore)

- ✓ Interaction between identification and control: Closed loop identification (Ecole d'Été d'Automatique de Grenoble, 31 Agosto-4 Settembre 1998 – 5 giorni)
- ✓ Recent Results in Nonlinear Adaptive Control (Tutorial workshop organizzato dalla rete europea NACO, Valencia, settembre 2000 – 2 giorni)

## ATTIVITA' SCIENTIFICA

### Identificazione di modelli

#### *Identificazione di modelli non lineari e parametro-varianti*

Scopo di questa attività di ricerca è lo sviluppo di algoritmi per l'identificazione di modelli parametro-varianti, sia lineari che non lineari. A tal fine è stata proposta una nuova classe di modelli tempo-varianti, che sono lineari nei parametri, i quali a loro volta variano secondo una legge dinamica non lineare modellata mediante una rete neurale. E' stato infine messo a punto un algoritmo di identificazione basato sui minimi quadrati separabili

#### *Identificazione e controllo di modelli non lineari mediante reti di modelli lineari locali*

La ricerca in questo campo è focalizzata sullo studio di reti di modelli lineari locali. Esse sono modelli non lineari il cui stato è ottenuto come combinazione lineare degli stati di un insieme finito di modelli affini. Questi approssimano il comportamento del sistema nell'intorno di un insieme finito di punti di lavoro. I coefficienti della combinazione lineare sono determinati da funzioni non lineari a loro volta dipendenti dallo stato del modello. Sulla base di tale modello è possibile progettare un controllore non lineare di tipo gain-scheduling. L'azione di controllo è la combinazione lineare delle azioni di controllo di un insieme di controllori lineari progettati sulla base dei modelli locali. I coefficienti della combinazione lineare per il controllore sono determinati dalla medesima legge usata nel modello. Attualmente è oggetto di studio la stabilità di questo schema di controllo con controllori locali Receding Horizon. Si può dimostrare che la stabilità è garantita a patto che le funzioni coefficienti della combinazione rispettino alcune condizioni di regolarità.

### Identificazione e controllo in ingegneria biomedica

#### *Identificazione di modelli dinamici per applicazioni della Stimolazione Elettrica Funzionale (FES)*

La Stimolazione Elettrica Funzionale è una tecnologia riabilitativa utilizzata in paraplegia ed in tetraplegia. Mediante stimolazione elettrica dei muscoli appropriati è possibile muovere le articolazioni degli arti di soggetti che, a causa di lesioni della colonna vertebrale, non possono più comandare volontariamente i propri arti. Il progetto riguarda l'identificazione di modelli dinamici della relazione tra la stimolazione elettrica del muscolo e la posizione dell'articolazione ad esso associata. Specificamente, il progetto è stato applicato all'articolazione del ginocchio comandata dal muscolo quadricipite. I modelli ottenuti e validati sperimentalmente sono di due tipi :“a scatola nera” ottenuti mediante reti neurali e modelli polinomiali; “a scatola grigia” ottenuti mediante modellazione meccanica della dinamica del movimento dell'articolazione e usando reti neurali per identificare la sola componente di generazione di coppia meccanica come effetto della contrazione muscolare. La stima dello stato del sistema è quindi svolta mediante filtro di Kalman esteso.

#### *Controllo del moto di articolazioni e della postura in paraplegici mediante stimolazione elettrica funzionale (FES)*

Scopo della ricerca è progettare algoritmi di controllo in retroazione per controllare il movimento di un'articolazione mediante stimolazione elettrica del muscolo di comando. Sono state progettate ed implementate due strategie di controllo: controllore gain-scheduling basato su un modello non lineare del sistema ottenuto mediante tecniche “a scatola nera”; controllore progettato direttamente dai dati mediante la tecnica del Virtual Reference Feedback Tuning (VRFT).

### *Identificazione di modelli del comportamento dinamico di tessuti biologici molli*

Scopo della ricerca è l'identificazione di modelli dinamici non lineari della funzione di rilassamento di tessuti biologici molli a partire da misure acquisite in esperimenti di rilassamento da stress su campioni di pericardio bovino. Data la peculiarità dei dati disponibili (di fatto un insieme di risposte a scalino di diverse ampiezze) è stato elaborato un apposito algoritmo iterativo per l'identificazione dei parametri di modelli di Wiener. La scelta di questa famiglia di modelli è stata dettata dal fatto che la loro semplice struttura consente di dare un'interpretazione dei risultati particolarmente significativa dal punto di vista dell'ingegneria dei materiali.

### **Diagnostica dei guasti**

#### *Metodi per la diagnostica dei guasti a partire da misure ingresso/uscita*

Questa attività ha lo scopo di elaborare e validare sperimentalmente metodi di diagnostica dei guasti non basati su modelli dell'impianto in esame. Specificamente, è stato progettato un metodo basato sulla stima in linea della funzione di coerenza spettrale tra i segnali di ingresso e di uscita del sistema. Molto frequentemente, un sistema controllato ha un comportamento pressoché lineare e l'occorrenza di un guasto può provocare la deviazione verso dinamiche non lineari. La funzione di coerenza spettrale, stimata attraverso un algoritmo di stima a minimo bias appositamente creato, è un buon indicatore della presenza di componenti non lineari nella dinamica del sistema. Queste, sotto opportune ipotesi, possono essere ricondotte all'evento di guasto. Lo studio per il problema dell'isolamento è attualmente in corso.

#### *Diagnostica ed isolamento dei guasti per sistemi dinamici non lineari stocastici a tempo continuo*

Il metodo sviluppato si basa sulla disponibilità di ricostruttori non lineari dello stato di un sistema non lineare stocastico a tempo continuo. Questo consente di focalizzare l'attenzione sul monitoraggio in linea dell'andamento del residuo della stima per evidenziare eventuali guasti. Tale metodo consente anche l'isolamento dei guasti mediante analisi con modelli multipli.

#### *Diagnostica ed isolamento dei guasti in reti elettriche di potenza*

L'obiettivo della ricerca è la diagnosi di guasti in reti elettriche di potenza a partire da misure fasoriali di tensione e corrente dislocate in nodi predefiniti. I possibili guasti sono i cortocircuiti delle linee di trasmissione della potenza che possono avvenire per cause accidentali. Come conseguenza, i sistemi di protezione aprono la linea ed interrompono il flusso di potenza su di essa, sbilanciando pericolosamente il transito di potenza sulle altre linee con il conseguente rischio di avere l'apertura di più linee con un effetto "domino". Il metodo di diagnostica dei guasti si basa su un insieme di modelli semplificati del sistema che ne descrivono il funzionamento in condizioni nominali e nelle possibili condizioni di guasto. Sulla base dei dati di questi modelli vengono generati dei residui il cui comportamento dinamico consente di eseguire la diagnosi e l'isolamento dei cortocircuiti.

### **Identificazione e controllo nei sistemi di trasporto**

#### *Stabilizzazione del moto longitudinale di sottomarini*

Questo progetto, svolto in collaborazione con Gaymarine (Turate-CO), ha l'obiettivo di stabilizzare l'assetto di un sottomarino ROV (Remote Operated Vehicle), utilizzato per ispezione dei fondali ed operazioni di sminamento. Il problema di controllo è stato risolto attraverso due fasi: una fase di modellistica "a scatola grigia" del veicolo, che ha permesso di comprendere le ragioni di alcuni fenomeni di instabilità osservati sperimentalmente ad elevate velocità; una seconda fase in cui, sulla base delle indicazioni suggerite dal modello, è stato aggiunto un sensore di inclinazione ed è stato implementato un algoritmo di controllo in cascata che ha permesso di rendere stabile il moto longitudinale del veicolo, anche alla massima velocità di avanzamento.

### *Dynamic Positioning di veicoli marini di superficie sottoattuati*

Questo progetto è svolto in collaborazione con Gaymarine (Turate-CO). Il problema consiste nel far mantenere una posizione assoluta, o far inseguire una traiettoria, ad un veicolo marino di superficie con un sistema di propulsione insufficiente a garantire la regolazione di posizione ed angolo di bussola della nave. In particolare, il progetto è stato sviluppato per un catamarano di grandi dimensioni destinato alla navigazione oceanica. L'imbarcazione è dotata di un motore ausiliario posto sulla prua di uno degli scafi. Il sistema di controllo sfrutta l'eventuale presenza del vento opponendogli la prua della nave ed effettua una regolazione volta a minimizzare la distanza dal punto prefissato.

### *Controllo e coordinamento di un cambio a variazione continua (CVT) di tipo power-split per macchine agricole di elevata potenza*

Il progetto è svolto in collaborazione con Same-DeutzFahr-Lamborghini Group (Treviglio-BG). Lo scopo è progettare un sistema di controllo che regoli il funzionamento di una trasmissione a variazione continua di tipo "power split", in cui la coppia trasmessa alle ruote viene ripartita tra una trasmissione classica di tipo meccanico a gamme ed una trasmissione idraulica. La coppia trasmessa è la composizione di due componenti: una che varia in modo discontinuo, proveniente dal ramo meccanico, l'altra che varia in modo continuo, proveniente dal ramo idraulico. Il sistema di controllo si articola in tre sottosistemi: la regolazione della corrente di comando dell'attuatore idraulico; il controllo del rapporto di trasmissione dell'attuatore idraulico; il coordinamento tra la parte idraulica e la parte meccanica. Il controllore progettato è stato testato su un banco di prova con una trasmissione di trattore ed ha raggiunto l'obiettivo di trasmettere con continuità la coppia alle ruote in modo omogeneo e regolare.

### *Servo-controllori per impianti frenanti ad attuazione elettromeccanica (brake-by-wire)*

Il progetto è svolto in collaborazione con la Brembo (Curno-BG). L'obiettivo è progettare un sistema di controllo di un freno interamente elettromeccanico, in cui cioè la forza frenante è generata dalla compressione del disco mediante una pinza azionata da un motore elettrico. Il progetto è attualmente in fase di sviluppo. Scopo del progetto è la realizzazione di un sistema di controllo della forza erogata dalla pinza frenante.

## **Modellistica ed identificazione per la fisica dei fasci e la biofisica**

### *Identificazione di modelli lineari per un sensore ottico*

In questo lavoro è stato studiato il problema della caratterizzazione dinamica di un sensore ottico nella banda infrarossa, sulla base di misure sperimentali della sua risposta impulsiva. In particolare, sono state applicate tecniche di identificazione a sottospazi per stimare modelli dinamici in variabili di stato per il dispositivo. I modelli ottenuti sono stati impiegati per la valutazione della linearità e del range dinamico del sensore, parametri utili nelle applicazioni fisiche.

### *Modellistica di sistemi complessi mediante automi cellulari*

Scopo della ricerca è trovare modelli dinamici innovativi per descrivere l'interazione tra radiazione e materia che è alla base di fenomeni quali l'emissione laser. Gli automi cellulari consentono di modellare tale relazione direttamente in forma quantistica, descrivendo le interazioni microscopiche elementari di scambio energetico tra i fotoni e la matrice materiale in cui essi si muovono. Analizzando la densità di fotoni in funzione del tempo si ottengono informazioni di tipo macroscopico sul comportamento del fascio laser generato. In particolare, tali modelli si prestano ad una descrizione efficiente di laser a semiconduttore e dell'interazione tra laser di potenza e plasmi. Un automa cellulare è in grado di descrivere fenomeni quali il comportamento a soglia dell'emissione laser, la selezione dei modi di emissione da parte della cavità risonante e l'autofocalizzazione nell'interazione laser-plasma.

### *Analisi dei dati in esperimenti di irraggiamento di cellule con radiazioni non ionizzanti*

Obiettivo del progetto, ormai concluso, era lo studio delle modificazioni del metabolismo di cellule eucariote elementari dovute all'irraggiamento con raggi X molli. Questo tipo di radiazione non ionizzante interagisce con gli strati esterni della cellula (membrana e citoplasma), senza perturbare il nucleo cellulare sede del DNA. Il metabolismo era monitorato mediante misura della pressione dell'anidride carbonica prodotta dalle cellule come effetto della componente aerobica del metabolismo. L'andamento della pressione nel tempo mostra differenze dipendenti dal tipo di nutriente usato e dalla dose con cui sono state irraggiate le cellule. L'analisi dei dati è stata fatta mediante analisi spettrale dei segnali di pressione e clustering delle frequenze rilevanti nei diversi segnali acquisiti. È stata notata una sensibile variazione delle componenti armoniche dominanti nei segnali dovute all'irraggiamento, a riprova della modificazione del metabolismo cellulare che diminuisce sensibilmente di efficienza in seguito all'esposizione a radiazioni non ionizzanti.

### **Altre applicazioni**

#### *Identificazione della relazione di afflusso-deflusso delle acque piovane in bacini di drenaggio urbani*

Il progetto è volto all'elaborazione di nuove procedure per la calibrazione di modelli cosiddetti "concettuali" che descrivono la relazione afflussi-deflussi in un bacino di drenaggio delle acque piovane in ambiente urbano. La procedura di stima avviene in due stadi: prima viene stimato, a partire dai dati, un modello dinamico "a scatola nera" della relazione afflussi-deflussi; poi, sulla base di questo, vengono stimati i parametri da utilizzare nei modelli concettuali. Il metodo elaborato fornisce stime più accurate per i parametri dei modelli concettuali rispetto alle tecniche di calibrazione che sono state proposte nella letteratura dell'ingegneria idraulica negli ultimi anni.

### **ATTIVITA' DI RICERCA SVILUPPATA PRESSO CENTRI DI RICERCA ESTERI**

- Settembre 1999 – Marzo 2000 e Giugno 2000 – Agosto 2000 e Agosto 2001  
Centre for Systems and Control, Department of Mechanical Engineering, University of Glasgow, UK.  
Durante queste visite ho sviluppato lavori di ricerca nell'ambito dell'identificazione e del controllo in ingegneria della riabilitazione.

### **ATTIVITA' DIDATTICA ISTITUZIONALE**

#### **Incarichi di insegnamento ufficiali**

<b>Anno Accademico</b>	<b>Insegnamento</b>	<b>Corso di Studi</b>	<b>Ateneo</b>	<b>Crediti</b>
2003/2004	Automazione Industriale	Laurea Ing. Informatica N.O.	Università di Bergamo	5
2003/2004	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Informatica N.O.	Università di Bergamo	10
2002/2003	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O. Laurea in Ing. Meccanica V.O.	Università di Bergamo	10
2002/2003	Automazione Industriale	Laurea Ing. Informatica N.O.	Università di Bergamo	5

2002/2003	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Informatica N.O.	Università di Bergamo	10
2001/2002	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O. Laurea in Ing. Meccanica V.O.	Università di Bergamo	10
2001/2002	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Informatica N.O.	Università di Bergamo	10
2000/2001	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O.	Università di Bergamo	10
2000/2001	Automazione Industriale	Diploma Ing. Logistica V.O.	Università di Bergamo	5
2000/2001	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O.	Università di Bergamo	10
1999/2000	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O.	Università di Bergamo	10

### Collaborazioni ad attività didattica di insegnamenti ufficiali

Anno Accademico	Insegnamento	Corso di Studi	Ateneo	Ore
2000/2001	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O.	Politecnico di Milano	30
1998/1999	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O.	Politecnico di Milano	30
1998/1999	Fondamenti di Automatica	Diploma Ing. Elettrica V.O.	Politecnico di Milano	20
1997/1998	Fondamenti di Automatica	Laurea Ing. Gestionale V.O.	Politecnico di Milano	30
1996/1997	Controlli Automatici	Laurea Ing. Informatica V.O.	Politecnico di Milano	30

### SUPERVISIONE TESI DI LAUREA

Lavori di tesi di laurea di cui sono stato *correlatore*.

1. *Identificazione a scatola nera di modelli afflussi-deflussi in bacini di drenaggio urbano*  
A.A. 1995/96  
Autori: Fabio Bigliardi - Davide Cagnin  
Relatore: Sergio Bittanti
2. *Geometrie e materiali per il controllo di dinamiche non lineari nei laser a semiconduttore*  
A.A. 1996/97  
Autore: Paola Abbati  
Relatore: Sergio Bittanti
3. *Studio di fattibilità di una fibra ottica autofocalizzante realizzata con F.I.B.E.*  
A.A. 1996/97  
Autore: Matteo Crugnola  
Relatore: Sergio Bittanti
4. *Modellistica dell'interazione dente-parodonto in terapia ortodontica*  
A.A. 1996/97  
Autori: Luca Benvegnù - Andrea Bosetti

Relatore: Sergio Bittanti

5. *Metodo agli elementi finiti per la simulazione dei movimenti in terapia ortodontica*  
A.A. 1996/97  
Autore: Ernesto De Ruggiero  
Relatore: Sergio Bittanti
6. *Misura della concentrazione dei gas in atmosfera mediante un sistema integrato e automatizzato basato su diodo laser*  
A.A. 1996/97  
Autore: Antonio Cirone  
Relatore: Sergio Bittanti
7. *Identificazione di modelli lineari e non lineari della trasformazione afflussi-deflussi in reti di drenaggio urbane*  
A.A. 1996/97  
Autore: Cesare Cirillo  
Relatore: Paolo Bolzern
8. *Modelli neurali di memorie associative basate su array di laser a cavità verticale*  
A.A. 1996/97  
Autore: Sonia Lazzati  
Relatore: Sergio Bittanti
9. *Irraggiamento di cellule di lievito con una sorgente XUV laser-plasma*  
A.A. 1996/97  
Autore: Lorenzo Rebonato  
Relatore: Sergio Bittanti
10. *Modellistica di un laser a semiconduttore a cavità verticale (VCSEL) usando automi cellulari*  
A.A. 1997-98  
Autori: Laura Rozzoni, Roberto Lazzarini  
Relatore: Sergio Bittanti
11. *Impiego degli automi cellulari per la modellistica dinamica di un laser a semiconduttore*  
A.A. 1997-98  
Autore: Antonio Formaggio  
Relatore: Sergio Bittanti
12. *Identificazione di modelli neurali per il controllo della stimolazione artificiale del quadricipite femorale*  
A.A. 1997-98  
Autore: Marco Terenziani  
Relatore: Sergio Bittanti
13. *Identificazione e controllo con modelli lineari locali per la stimolazione artificiale dei muscoli*  
A.A. 1997-98  
Autori: Diego Rusnighi; Maurizio Scarani  
Relatore: Sergio Bittanti
14. *Modellistica di un laser ad azoto con circuito di scarica di tipo Blumlein*  
A.A. 1997-98  
Autori: Andrea Cortese; Giorgio Crugnach  
Relatore: Sergio Bittanti
15. *Modellistica di attuatori a memoria di forma per sistemi di controllo*  
A.A. 1998-99  
Autore: Stefano Zampieri  
Relatore: Sergio Bittanti
16. *Modellistica dell'interazione laser-plasma mediante automi cellulari*  
A.A. 1998-99  
Autore: Sabrina Biava

Relatore: Sergio Bittanti

17. *Identificazione Multi-Livello e controllo adattativo per sistemi FES (Multi-Level Identification and Adaptive Control In Functional Electrical Stimulation Systems)*  
A.A. 1999-00  
Autore: Alessio Ronchi  
Relatore: Sergio Bittanti (tesi svolta presso l'Università di Glasgow)
18. *Stabilizzazione della dinamica di moto longitudinale di un sottomarino R.O.V.*  
A.A. 2000-01  
Autore: Alessandro Dester  
Relatori: Sergio Bittanti; Sergio Savaresi
19. *Controllo di una trasmissione CVT power-split per trattore agricolo*  
A.A. 2000-01  
Autore: Paolo Rottigni  
Relatori: Sergio Bittanti; Sergio Savaresi
20. *Identificazione in anello chiuso della risposta stabilizzante della caviglia a perturbazioni note: applicazione del metodo diretto ed analisi di coerenza (Closed loop identification of the stabilizing ankle response after standardized perturbations: application of the direct method and coherence analysis)*  
A.A. 2001-02  
Autore: Francesco Gianferrari Pini, Francesca Magri  
Relatore: Sergio Bittanti
21. *Efficienza metabolica della pedalata indotta da Stimolazione Elettrica Funzionale nei paraplegici – taratura del sistema di controllo mediante ottimizzazione dell'efficienza metabolica (Metabolic efficiency of cycling induced by Functional Electrical Stimulation in paraplegics – control system improvement by means of physiological efficiency optimization)*  
A.A. 2001-02  
Autori: Chiara Ferrario, Silvia Del Torchio  
Relatore: Claudio Frigo (tesi svolta presso l'Università di Glasgow)
22. *Simulazione di un sistema elettrico per il progetto di controlli in emergenza*  
A.A. 2001-02  
Autore: William Nicoli  
Relatore: Sergio Bittanti
23. *Analisi dei pattern di attivazione elettromiografici di bicipite e tricipite in soggetti sani durante arm cranking per l'ottimizzazione del controllo di forza mediante FES in pazienti tetraplegici (Analysis of biceps and triceps EMG activation patterns in healthy subjects during arm cranking for the optimization of FES assisted ergometry in tetraplegia)*  
A.A. 2001-02  
Autore: Ilaria Carpinella, Gaia Monti  
Relatore: Sergio Bittanti (tesi svolta presso l'Università di Glasgow)
24. *Diagnostica ed isolamento dei guasti in reti elettriche ad alta tensione*  
A.A. 2001-02  
Autore: Paolo Donadeo  
Relatore: Sergio Bittanti
25. *Sviluppo di un sistema di controllo della stimolazione elettrica per il sollevamento di pazienti paraplegici*  
A.A. 2001-02  
Autori: Elisabetta Romagnoli, Martino Vaglio  
Relatore: Sergio Bittanti



## **COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE CON ENTI ED INDUSTRIE**

### **Titolare dei seguenti contratti di ricerca**

- ❑ Contratto di ricerca fra l'Università degli Studi di Bergamo e Gaymarine S.p.A. (Turate-CO) "Analisi e sviluppo di un sistema basato su PC per il controllo semi-autonomo di un veicolo sottomarino di tipo ROV" (2003).
- ❑ Contratto di ricerca fra l'Università degli Studi di Bergamo e Brembo S.p.A. (Curno-BG) "Identificazione e controllo di freni elettrici per applicazioni brake-by-wire" (2003).

### **Collaboratore Scientifico nei seguenti contratti di ricerca**

- ❑ Contratto di ricerca tra il Politecnico di Milano e LGL Electronics S.p.A. (Gandino-BG) "Analisi e sviluppo di un sistema di controllo attivo per la frenatura della trama in telai a pinza" (2003 – titolare: prof. S. Savaresi)
- ❑ Contratto di ricerca tra il Politecnico di Milano e LGL Electronics S.p.A. (Gandino-BG) "Analisi del sistema di attuazione e misura per la realizzazione di un sistema di controllo attivo per la frenatura della trama in telai a pinza" (2003 – titolare: prof. S. Bittanti)
- ❑ Contratto di ricerca fra il Politecnico di Milano e Gaymarine S.p.A. (Turate-CO) "Analisi e sviluppo di un sistema basato su PC per il controllo semi-autonomo di un veicolo sottomarino di tipo ROV" (2003 – titolare: prof. S. Bittanti).
- ❑ Contratto di ricerca tra il Politecnico di Milano e Same-DeutzFahr Italia S.p.A. (Treviglio-BG) "Analisi e sviluppo di un simulatore attivo per l'analisi ed il test di centraline di controllo di trasmissioni controllate elettronicamente" (2003 – titolare: prof. S. Bittanti)
- ❑ Contratto di ricerca fra il Politecnico di Milano e Gaymarine S.p.A. (Turate-CO) "Sviluppo di un controllore per la tenuta-punto di un catamarano sottoattuato di grandi dimensioni" (2001 – titolare: prof. S. Bittanti).
- ❑ Contratto di ricerca tra il Politecnico di Milano e Same-DeutzFahr Italia S.p.A. (Treviglio-BG) "Realizzazione di un sistema di controllo di trasmissioni a variazione continua (CVT) per impiego trattoristico" (2001 – titolare: prof. S. Bittanti)
- ❑ Contratto di ricerca fra il Politecnico di Milano e Gaymarine S.p.A. (Turate-CO) "Stabilizzazione longitudinale del veicolo subacqueo Pluto Gigas" (1999 – titolare: prof. S. Bittanti)
- ❑ Contratto di ricerca fra il Politecnico di Milano e CESI (Milano) "Diagnostica dei guasti in reti elettrica di potenza" (2002 – titolare: prof. S. Bittanti)

## **SERVIZI PRESTATI NEGLI ATENEI E NEGLI ENTI DI RICERCA ITALIANI E STRANIERI**

- ❑ 2002-2003. Membro della Commissione per la stesura del Piano degli Studi della nascente Laurea Specialistica in Ingegneria Informatica dell'Università degli Studi di Bergamo.

## **ATTIVITA' IN GRUPPI DI RICERCA**

- ❑ Ho partecipato al progetto di ricerca MURST nazionale "Identification and Control of Industrial Systems" nel biennio 1998-1999.
- ❑ Ho partecipato al progetto di ricerca MIUR nazionale "New methods for identification and Adaptive Control for Industrial Systems nel biennio 2000-2002.
- ❑ Ho partecipato al programma di ricerca HCM europeo "Differential two-colour X-ray radiobiology of membrane/cytoplasm yeast cells" nel triennio 1994-1997.
- ❑ Ho partecipato al programma di ricerca HCM europeo "Nonlinear and Adaptive Control 2" nel triennio 1998-2001.

## ORGANIZZAZIONE DI EVENTI SCIENTIFICI IN SEDE NAZIONALE ED INTERNAZIONALE

- Membro del NOC all'IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing ALCOSP2001, Como (ITA)

## ATTIVITA' EDITORIALE E CONTRIBUTI A ORGANIZZAZIONI SCIENTIFICHE INTERNAZIONALI

- *Revisore* per Automatica, Control Engineering Practice, IEEE Trans. Automatic Control, IEEE Trans. Control Systems Technology, IEEE Trans. Rehabilitation Engineering, IEEE Trans. Biomedical Engineering, IEEE Trans. Signal Processing, International Journal of Control, International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, European Journal of Control, International Journal of System Science, European Physics Journal.

## ELENCO E PRESENTAZIONE DEI 10 ARTICOLI PIU' SIGNIFICATIVI

1. Savaresi S.M., A. Taroni, F. Previdi, S. Bittanti  
*On the Design and Tuning of the Controllers in a Power-Split CVT for High-Power Agricultural Tractors.*  
Journal of Automobile Engineering (Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, part D), accepted.

*Questo articolo descrive il progetto di un sistema di controllo per regolare l'erogazione di coppia di una trasmissione a variazione continua di tipo "power split", in cui la coppia trasmessa alle ruote viene ripartita tra una trasmissione classica di tipo meccanico a gamme ed una trasmissione idraulica. La coppia trasmessa è la somma di due componenti: una che varia in modo discontinuo, proveniente dal cambio meccanico, l'altra che varia in modo continuo, proveniente dal cambio idrostatico. Il sistema di controllo si articola in tre sottosistemi: la regolazione della corrente di comando dell'attuatore idraulico; il controllo del rapporto di trasmissione dell'attuatore idraulico; il coordinamento tra la parte idraulica e la parte meccanica. L'articolo include i risultati di prove sperimentali su un banco di prova con una trasmissione di trattore.*

2. Previdi F.  
*Identification of black-box nonlinear models for lower limb movement control using Functional Electrical Stimulation.*  
Control Engineering Practice, Vol. 10, N° 1, 2002, pp 91-99.
3. Previdi F., T. Schauer, S.M. Savaresi, K.J. Hunt  
*Data-Driven Control Design for Neuroprostheses: a Virtual Reference Feedback Tuning Approach*  
IEEE Transactions on Control Systems Technology, accepted
4. Previdi F., E. Carpanzano.  
*Design of a Gain Scheduling Controller for Knee-Joint Angle Control by using Functional Electrical Stimulation.*  
IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 11, N° 3, 2003, pp 310-324.

*Questi articoli riguardano temi di identificazione e controllo in problemi di riabilitazione mediante Stimolazione Elettrica Funzionale. Nell'articolo (2) si affronta il problema dell'identificazione di modelli dinamici a scatola nera della relazione tra la stimolazione elettrica del quadricipite e la posizione angolare*

dell'articolazione del ginocchio. Sono stati identificati modelli NARX implementati mediante reti neurali feed-forward e mediante modelli polinomiali. Per entrambe le famiglie di modelli sono stati proposti metodi per una rapida identificazione della complessità dei modelli e per la validazione dei modelli ottenuti. Gli articoli (3) e (4) affrontano il problema del progetto di un controllore per il sistema sopra descritto mediante due tecniche alternative: una basata sul modello, l'altra guidata dai dati. Nell'articolo (3) viene implementato e testato un controllore gain-scheduling mediante interpolazione di controllori locali e se ne analizzano e discutono le proprietà in relazione a quelle dei singoli controllori. Nell'articolo (4) è affrontato il problema del progetto di un controllore non lineare direttamente dai dati mediante il metodo VRFT. Tutti i modelli ed i controllori realizzati negli articoli sono stati progettati e testati sia su soggetti sani che su soggetti paraplegici.

5. Previdi F., M. Lovera.

*Identification of a class of nonlinearly time-varying models*

International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, Vol. 17, 2003, pp 33-50.

*Questo articolo propone una famiglia di modelli lineari parametro-varianti e fornisce un algoritmo per l'identificazione dei parametri. Il modello proposto è lineare nei parametri, i quali a loro volta variano secondo una legge nonlineare modellata mediante una rete neurale. Per l'identificazione è stato messo a punto un algoritmo iterativo che è in grado di trarre vantaggio dalla specifica struttura del modello. Il metodo è stato testato su dati reali acquisiti in un esperimento biomedico.*

6. Quaglini V., F. Previdi, R. Contro, S. Bittanti.

*A Discrete-Time Nonlinear Wiener Model for The Relaxation of Soft Biological Tissues.*

Medical Engineering & Physics, Special Issue on "Non-Linear Analysis in Biosignals", Vol. 24, N°1, 2002, pp 9-19.

*L'articolo riguarda l'identificazione di modelli dinamici non lineari della funzione di rilassamento di tessuti biologici molli a partire da misure acquisite in esperimenti di rilassamento da stress su campioni di pericardio bovino. Data la peculiarità dei dati disponibili (di fatto un insieme di risposte a scalino di diverse ampiezze) è stato elaborato un algoritmo per l'identificazione dei parametri di modelli di Wiener. La scelta di questa famiglia di modelli è stata dettata dal fatto che la loro semplice struttura consente di dare un'interpretazione dei risultati particolarmente significativa dal punto di vista dell'ingegneria dei materiali.*

7. Previdi F., T. Parisini.

*Model-Free Fault Detection: a Spectral Estimation Approach Based on Coherency Functions.*

International Journal of Control, Vol. 74, N° 11, 2001, pp 1107-1117.

*L'articolo propone un metodo di diagnostica dei guasti non basato su modelli dell'impianto. Specificamente, è stato progettato un metodo basato sulla stima in linea della funzione di coerenza spettrale tra i segnali di ingresso ed uscita del sistema in esame. La funzione di coerenza spettrale, stimata attraverso un algoritmo a minimo bias appositamente creato, è un buon indicatore della presenza di componenti non lineari nella dinamica del sistema. Queste, sotto opportune ipotesi, possono essere ricondotte all'evento di guasto. Il metodo è stato testato su un sistema idraulico.*

8. Lovera M., F. Previdi.

*Identification of Linear Models for the dynamics of a photodetector.*

Control Engineering Practice, Vol. 8, N° 11, 2000, pp. 1149-1158.

*Il problema analizzato in questo lavoro è quello della caratterizzazione dinamica di un sensore ottico a partire da misure della risposta all'impulso. In particolare viene mostrato come gli algoritmi di realizzazione a sottospazi permettano di arrivare a modelli semplici e accurati per il sensore; inoltre, è possibile caratterizzare in modo semplice ed efficiente l'incertezza associata a questi modelli mediante tecniche bootstrap.*

9. Previdi F., M. Lovera, S. Mambretti.  
*Identification of the rainfall-runoff relationship in urban drainage networks.*  
Control Engineering Practice, Vol. 7, N° 12, 1999, pp. 1489-1504.

*La caratterizzazione sperimentale della dinamica delle reti di drenaggio e' un problema di grande interesse nell'ingegneria idraulica. In letteratura sono disponibili numerosi modelli semplificati per le reti di drenaggio, insieme ad algoritmi e tecniche per la taratura dei parametri a partire da misure sul campo. In questo lavoro viene proposto un approccio basato sull'identificazione a scatola nera (sia lineare, sia nonlineare) al problema della taratura dei modelli semplificati. A partire dai dati vengono identificati modelli dinamici per la rete di drenaggio, sia lineari, sia nonlineari. Le caratteristiche dei modelli semplificati possono quindi essere facilmente ottenute a partire dai modelli così stimati. La tecnica proposta fornisce buoni risultati sulla base di dati sperimentali.*

10. Batani D., S. Biava, S. Bittanti, F. Previdi.  
*A Cellular Automaton Model of Laser-Plasma Interactions.*  
Laser and Particle Beams, Vol. 19, N° 4, 2001, pp 631-642.

*In questo articolo viene proposto un modello dinamico dell'interazione laser-plasma realizzato mediante un automa cellulare. Le leggi dinamiche dell'automa descrivono la focalizzazione dei fotoni attraverso una lente, la propagazione dei fotoni nel plasma, l'interazione dei fotoni con gli elettroni del plasma e l'interazione degli elettroni tra loro. Il reticolo dell'automa rappresenta una regione dello spazio occupata da plasma, un gas fortemente ionizzato ad elevata temperatura. Il modello, basato su leggi che descrivono il comportamento microscopico del sistema, fornisce predizioni sul comportamento macroscopico, ovvero sulla densità di fotoni in ogni punto della regione occupata dal plasma, modellando correttamente complessi fenomeni di interazione tra radiazione e materia come l'autofocalizzazione.*

## ELENCO COMPLETO DELLE PUBBLICAZIONI

### Su riviste internazionali

1. Savaresi S.M., A. Taroni, F. Previdi, S. Bittanti  
*On the Design and Tuning of the Controllers in a Power-Split CVT for High-Power Agricultural Tractors.*  
Journal of Automobile Engineering (Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, part D), accepted.
2. Previdi F., T. Schauer, S.M. Savaresi, K.J. Hunt  
*Data-Driven Control Design for Neuroprosthes: a Virtual Reference Feedback Tuning Approach*  
IEEE Transactions on Control Systems Technology, in press
3. Previdi F., E. Carpanzano.  
*Design of a Gain Scheduling Controller for Knee-Joint Angle Control by using Functional Electrical Stimulation.*  
IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 11, N° 3, 2003, pp. 310-324.
4. Previdi F., M. Lovera.  
*Identification of a class of nonlinearly time-varying models*  
International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, Vol. 17, 2003, pp 33-50.
5. Quaglini V., F. Previdi, R. Contro, S. Bittanti.  
*A Discrete-Time Nonlinear Wiener Model for The Relaxation of Soft Biological Tissues.*  
Medical Engineering & Physics, Special Issue on "Non-Linear Analysis in Biosignals", Vol. 24, N°1, 2002, pp 9-19.
6. Previdi F.  
*Identification of black-box nonlinear models for lower limb movement control using Functional*

*Electrical Stimulation.*

Control Engineering Practice, Vol. 10, N° 1, 2002, pp 91-99.

7. Previdi F., T. Parisini.  
*Model-Free Fault Detection: a Spectral Estimation Approach Based on Coherency Functions.*  
International Journal of Control, Vol. 74, N° 11, 2001, pp 1107-1117.
8. Batani D., S. Biava, S. Bittanti, F. Previdi.  
*A Cellular Automaton Model of Laser-Plasma Interactions.*  
Laser and Particle Beams, Vol. 19, N° 4, 2001, pp 631-642.
9. Lovera M., F. Previdi.  
*Identification of Linear Models for the dynamics of a photodetector.*  
Control Engineering Practice, Vol. 8, N° 11, 2000, pp. 1149-1158.
10. Bortolotto F., D. Batani, F. Previdi, L. Rebonato, E. Turcu, R. Allott.  
*Study of a X-ray laser-plasma source for radiobiological experiments: microdosimetry analysis and plasma characterisation.*  
European Physics Journal-D, Vol. 11, N° 2, 2000, pp. 309-320.
11. Previdi F., M. Lovera, S. Mambretti.  
*Identification of the rainfall-runoff relationship in urban drainage networks.*  
Control Engineering Practice, Vol. 7, N° 12, 1999, pp. 1489-1504.
12. Batani D., A. Masini, F. Previdi.  
*Spectrophotometry techniques for the characterisation of yeast cell suspensions.*  
Physica Medica, Vol. 15, N° 2, 1999, pp. 76-86.
13. Masini A., D. Batani, F. Previdi, M. Milani, A. Pozzi, E. Turcu, S. Huntington, H. Takeyasu.  
*Yeast cell metabolism investigated by CO<sub>2</sub> production and soft X-ray irradiation.*  
European Physics Journal-Applied Physics, Vol. 5, N° 1, 1999, pp. 101-109.
14. Previdi F., M. Milani.  
*Cellular automaton approach to two-dimensional VCSEL array collective behaviour.*  
Il Nuovo Cimento, Vol. 20D, N° 11, 1998, pp. 1625-1634.
15. Abbati P., M. Milani, F. Previdi.  
*Optical feedback sustained self-pulsations in semiconductor lasers.*  
Il Nuovo Cimento, Vol. 20D, N° 11, 1998, pp. 1635-1644.
16. Batani D., A. Masini, A. Pozzi, M. Milani, F. Previdi, F. Cotelli, C. Lora Lamia Donin, M. Moret.  
*Characterisation of Saccharomyces cerevisiae yeast cells.*  
Physica Medica, Vol. 14, N° 4, 1998, pp. 1149-1158.
17. Batani D., M. Milani, G. Leoni, A. Conti, A. Masini, F. Previdi, R. Casati, R. Bonadio, N. Correale, M. Costato, A. Pozzi, E. Turcu, R. Allot, N. Lisi, F. Cotelli, C. Lora Lamia Donin, M. Moret.  
*Soft X-ray radiation effects on Saccharomyces Cerevisiae yeast cells.*  
Laser & Technology, Vol. 5, N° 3, 1997, pp. 81-99.

### **Su atti di congressi internazionali**

18. Previdi F., S. Sacone, T. Parisini  
A receding-horizon multiple model based control scheme for nonlinear systems  
Accepted for publication in Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control 2003 (CDC03), Maui (USA).
19. Previdi F., T. Parisini.  
*Model-free actuator fault detection using a spectral estimation approach: the case of the DAMADICS benchmark problem.*  
Proceedings of the IFAC Symposium on Fault Detection and Identification SAFEPROCESS 2003, Washington DC (USA).

20. Castillo A., P.J. Zufiria, M. Polycarpou, F. Previdi, T. Parisini.  
*Fault detection and isolation scheme in continuous time nonlinear stochastic dynamical systems*  
Proceedings of the IFAC Symposium on Fault Detection and Identification SAFEPROCESS 2003,  
Washington DC (USA).
21. Previdi F., M. Lovera.  
*Identification of nonlinear parametrically varying models using separable least squares*  
Proceedings of the IFAC Symposium on System Identification SYSID 2003, Rotterdam (NL).
22. Schauer T., F. Previdi, K.J. Hunt, E. Ferchland, N.O. Negard, J. Raisch  
*Online identification of the electrically stimulated quadriceps muscle group.*  
Proceedings of the IFAC Symposium on Modelling and Control in Biomedical Systems MCBS 2003,  
Melbourne (AUS).
23. Previdi F., M. Ferrarin, S.M. Savaresi, S. Bittanti  
*Closed loop control of FES supported standing up and sitting down using virtual reference feedback  
tuning: a simulation study.*  
Proceedings of the IFAC Symposium on Modelling and Control in Biomedical Systems MCBS 2003,  
Melbourne (AUS).
24. Savaresi S.M., F. Previdi, A. Dester, S. Bittanti, A. Ruggeri  
*Analysis of Pitch and Heave Dynamics in a ROV.*  
Proceedings of the 1<sup>st</sup> IFAC Workshop on Guidance and Control of Underwater Vehicles 2003, Newport  
(UK).
25. Previdi F., T. Schauer, S.M. Savaresi  
*Application of Virtual Reference Direct Design in Rehabilitation Engineering.*  
Proceedings of the 3rd Wismar Symposium on Automatic Control 2002, Wismar (GER).
26. Schauer T. , F. Previdi, N.-O. Negard and J. Raisch  
*Graybox-Modelling of Electrically Stimulated Musculoskeletal Systems in Paraplegia.*  
Proceedings of the 3rd Wismar Symposium on Automatic Control 2002, Wismar (GER).
27. Previdi F., K.J. Hunt  
*Applications of Control System Technology in Rehabilitation Engineering Involving Functional  
Electrical Stimulation.*  
Invited Session, Proceedings of the European Control Conference 2001, Porto (POR).
28. Previdi F., T. Schauer, A. Lecchini, S.M. Savaresi, K.J. Hunt  
*Virtual Reference Feedback Tuning for Knee Joint Position Control Using Functional Electrical  
Stimulation.*  
Proceedings of the European Control Conference 2001, Porto (POR).
29. Previdi F., V. Quaglini, S. Bittanti, R. Contro  
*Black-box characterization of soft connective biological tissues.*  
Proceedings of the European Control Conference 2001, Porto (POR).
30. Previdi F., M. Lovera  
*Identification of a class of nonlinear parametrically varying models.*  
Proceedings of the European Control Conference 2001, Porto (POR).
31. J. Diez, F. Previdi  
*Guaranteed Closed Loop Precision In Multiple Model Based Control.*  
Proceedings of the IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing 2001,  
pp. 139-144, Como (ITA)
32. M. Lovera, F. Previdi  
*Identification of Linear Parameter Varying Models using Kalman Filtering.*  
Proceedings of the IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing 2001,  
pp. 395-399, Como (ITA)
33. T. Schauer, M.H. Fraser, W. Stewart, K.J. Hunt, F. Previdi  
*Identification of a biomechanical system using neural networks.*

Proceedings of the IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing 2001, pp. 49-56, Como (ITA)

34. Previdi F.  
*A Cellular automaton model of radiation-matter interaction in semiconductor lasers.*  
Mathematical Theory of Networks and Systems MTNS 2000, Perpignan (FRA).
35. Batani D., S. Biava, S. Bittanti, F. Previdi.  
*A Cellular automaton model of laser-plasma interaction.*  
Mathematical Theory of Networks and Systems MTNS 2000, Perpignan (FRA).
36. Previdi F., T. Parisini.  
*Squared Coherency Function for Model-Free Fault Detection and Isolation.*  
IFAC Symposium on Fault Detection and Identification SAFEPROCESS 2000, Budapest (HUN).
37. Bittanti S., F. Previdi.  
*Identification of nonlinear models of Functional Electrical Stimulation.*  
IFAC Symposium on Modelling and Control in Biomedical Systems MCBS 2000, Greifswald (GER).
38. Batani D., A. Masini, S. Bittanti, F. Previdi.  
*Measurement and characterization of cellular metabolic activity by CO<sub>2</sub> production and soft X-ray irradiation.*  
IFAC Symposium on Modelling and Control in Biomedical Systems MCBS 2000, Greifswald (GER).
39. Previdi F., E. Carpanzano, C. Cirillo.  
*Application of a Gain Scheduling Control Strategy to Artificial Stimulation of the Quadriceps Muscle.*  
European Control Conference ECC 1999, Karlsruhe (GER).
40. Lovera M., F. Previdi.  
*Identification of linear models for the dynamics of a photodetector.*  
European Control Conference ECC 1999, Karlsruhe (GER).
41. Previdi F., M. Lovera.  
*Identification of a class of linear models with nonlinearly varying parameters.*  
European Control Conference ECC 1999, Karlsruhe (GER).
42. Abbati P., S. Bittanti, F. Previdi.  
*Forcing pulsatile behaviour in semiconductor lasers by periodic control.*  
IFAC World Congress 1999, Beijing (CHI).
43. Previdi F., M. Lovera, S. Mambretti.  
*Identification of urban drainage network rainfall-runoff black-box models.*  
IEEE International Conference on Control Application CCA'98, Trieste (ITA).
44. Masini A., D. Batani, F. Previdi, A. Conti, F. Pisani, C. Botto, F. Bortolotto, F. Torsiello, E. Turcu, R. Allot, N. Lisi, M. Milani, M. Costato, A. Pozzi, M. Koenig.  
*X-ray irradiation of yeast cells.*  
SPIE Optical Society International Annual Conference 1997, San Diego (USA).
45. Milani M., F. Previdi.  
*Cellular Automata analysis of the structure of carrier lifetime and its multicausal nonlinear dependence in semiconductor lasers.*  
SPIE Optical Society International Conference "Photonics China 96" , Beijing (CHI).
46. Costato M., A. Pozzi, D. Batani, A. Conti, A. Masini, M. Milani, F. Previdi.  
*Selective Soft X-rays interaction on the metabolism of eukaryotic cells.*  
International Conference on Medical Physics 96, Trieste (ITA).

### **Su atti di congressi nazionali**

47. Magni F., M. Milani, F. Previdi, L. Spinoglio.  
*Capacità predittive di un modello con Automi Cellulari per il miglioramento delle prestazioni di laser a*

*semiconduttore.*

FOTOMODEL II , Fermo (ITA), 1997. In italian.

### **Pubblicazioni didattiche**

48. Bolzern P., G. Guariso, L. Piroddi, F. Previdi.

*Fundamentals of Automatic Control*, 2001. In italian.

Textbook for e-learning (On-line course in Informatic Engineering).

49. Previdi F., N. Piovella, *Appunti di Istituzioni di Fisica Teorica*. CUSL Collana Scientifica, Milano 1996.  
In italian.

Textbook for the course in "Basics of Theoretical Physics", graduating course in Physics