

Marcello Sanguineti

Curriculum dell'attività scientifica, didattica e istituzionale

Indice

1	Informazioni generali	3
2	Formazione e carriera	3
2.1	Studi, posizioni ricoperte e titoli conseguiti	3
2.2	Periodi di specializzazione all'estero	4
2.3	Borse di studio	4
3	Attività di ricerca in sintesi	5
3.1	Il contesto	5
3.2	Tematiche principali	7
3.3	Sedi di pubblicazione	8
3.4	Dati bibliometrici	10
4	Attività didattica	10
4.1	Docenza in Corsi di Laurea	10
4.2	Docenza in Corsi di Dottorato	13
4.3	Docenza in Scuole di Specializzazione	13
4.4	Docenza nell'ambito di Scuole Nazionali	13
4.5	Docenza in Corsi di Master	14
4.6	Docenza nell'Università della Terza Età	14
4.7	Tesisti, Dottorandi e Assegnisti	14
4.8	Altre attività connesse alla didattica	14
5	Attività istituzionale	14
5.1	Commissioni di Dipartimento e di Scuola/ex-Facoltà	14
5.2	Attività istituzionale in Dottorati e Scuole di Dottorato	15
5.3	Commissioni di valutazione	16
5.4	Commissioni di valutazione di Dottorato e di Laurea	16
5.5	Altro	16
6	Progetti	17
6.1	Coordinamento di progetti internazionali	17
6.2	Partecipazione a progetti europei	18
6.3	Partecipazione ad altri progetti internazionali	20
6.4	Finanziamenti nazionali per ricerca di base	20
6.5	Coordinamento di progetti nazionali	20
6.6	Partecipazione a progetti nazionali	20
6.7	Progetti locali	21
6.8	Trasferimento in ambito tecnologico di competenze scientifiche	22
6.9	Finanziamenti per ospitare visiting professor stranieri	22

7	Altre attività scientifiche e organizzative	22
7.1	Collaborazioni scientifiche in corso con gruppi di ricerca stranieri	22
7.2	Collaborazioni scientifiche in corso con gruppi di ricerca italiani esterni all'Università di Genova	23
7.3	Keynote speech, invited talk, tutorial e altri interventi	23
7.4	Periodi trascorsi come visiting scientist	25
7.5	Attività editoriale	25
7.6	Attività organizzativa in conferenze	25
7.7	Organizzazione di seminari internazionali presso l'Università di Genova	27
7.8	Attività in centri inter-universitari, associazioni scientifiche e consorzi di ricerca	28
7.9	Valutatore di progetti	28
7.10	Valutatore di posizioni Post-Doc e di altre posizioni di ricerca	29
7.11	Referaggio per riviste e conferenze	29
7.12	Attività in laboratori di ricerca	30
8	Attività di ricerca in dettaglio	30
8.1	Apprendimento computazionale neurale e con metodi kernel: complessità e trattabilità	30
8.2	Metodologie per la risoluzione di problemi di programmazione a dimensione infinita e stime dell'accuratezza di soluzioni subottime	30
8.3	Applicazioni della programmazione a dimensione infinita	32
8.4	Algoritmi per l'ottimizzazione di reti approssimanti e reti neurali	33
8.5	Ottimizzazione nell'apprendimento da dati	34
8.6	Apprendimento da dati con vincoli	36
8.7	Ricoprimento/approssimazione di gusci convessi e applicazioni al machine learning	37
8.8	Analisi e ottimizzazione di reti di telecomunicazioni	38
8.9	Ottimizzazione a stadi e programmazione dinamica	39
8.10	Ottimizzazione a squadra	39
8.11	Stima di inondabilità di bacini fluviali	40
8.12	Human-computer interaction	41
8.13	Ottimizzazione del trasporto pubblico urbano	42
8.14	Strategie di equilibrio per la limitazione dell'inquinamento	42
9	Pubblicazioni	44
9.1	Libri internazionali	44
9.2	Riviste internazionali	44
9.3	Capitoli di libri e contributi in collane scientifiche	48
9.4	Recensioni di libri	50
9.5	Recensioni di articoli	50
9.6	Tutorial su invito	50
9.7	Conferenze internazionali, con presentazione su invito	50
9.8	Workshop internazionali, con presentazione su invito	51
9.9	Conferenze internazionali, con processo di revisione del "full paper"	51
9.10	Altre presentazioni a conferenze internazionali	55
9.11	Keynote speech e workshop nazionali, con presentazione su invito	56
9.12	Atti di conferenze nazionali	57
9.13	Altre presentazioni a conferenze nazionali	57
9.14	Rapporti di ricerca	59
9.15	Tesi di Dottorato	60
9.16	Tesi di Laurea	60

1 Informazioni generali

- *Luogo e data di nascita.* Chiavari (Genova), 16 gennaio 1968.
- *Residenza.* Via S. Andrea di Rovereto, 27 case sparse - 16043 Chiavari (Genova).
- *Attuale posizione accademica.* Professore Associato Confermato presso l'Università di Genova, con Abilitazione Scientifica Nazionale a Professore Ordinario, conseguita all'unanimità nel dicembre 2013. Settore Scientifico-Disciplinare MAT/09 - Ricerca Operativa, Settore Concorsuale 01/A6.
- *Affiliazione.* Università di Genova - Dip. di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi (DIBRIS) - Via Opera Pia, 13 - 16145 Genova.
- *Altre posizioni attuali.*
 - *Associato Esterno di Ricerca* presso l'Istituto di Ingegneria del Mare (INM) del Consiglio Nazionale delle Ricerche.
 - *Guest Scholar* presso la School for Advances Studies (IMT) di Lucca.
- *Contatti.* Tel.: 010 353 2071/2983 – 320 433 0866 Fax: 010 353 2154
Email: marcello.sanguineti@unige.it
URL: <https://www.dibris.unige.it/sanguineti-marcello>

2 Formazione e carriera

2.1 Studi, posizioni ricoperte e titoli conseguiti

- 1986: *Diploma di Maturità Scientifica* presso il Liceo Scientifico Statale G. Marconi di Chiavari (Genova), con votazione 60/60.
- 8/4/1992: *Laurea in Ingegneria Elettronica* presso l'Univ. di Genova con punti 110/110, lode e dignità di stampa. Relatore: R. Zoppoli.
- 1992: conseguimento del *certificato TOEFL* ("Test of English as a Foreign Language"), con punteggio nell'intervallo massimo di votazioni. Altre lingue conosciute: francese (scritto e parlato: buono), tedesco (scritto e parlato: discreto), spagnolo (parlato: discreto).
- 1992: *Esame di Stato* per l'abilitazione alla professione di Ingegnere.
- 1992: *conseguimento dell'idoneità nel concorso per l'ammissione all'VIII Ciclo del Corso di Dottorato di Ricerca in Matematica* (Univ. di Torino). Ho rinunciato, avendo scelto di iscrivermi al Dottorato di cui al punto successivo.
- Novembre 1992 - ottobre 1995: *Dottorato in Ingegneria Elettronica e Informatica* (VIII Ciclo), Univ. di Genova.
- 1992-2002: ho ricevuto dal Dip. di Informatica, Sistemistica e Telematica (DIST) dell'Univ. di Genova vari *incarichi di ricerca e di sviluppo software* per la stima ottima non lineare, la valutazione della sensitività di approssimatori parametrizzati rispetto a perturbazioni dei parametri, lo sviluppo di tecniche neurali di decisione e la diagnosi ottima di guasto.
- 1996: borsista all'Univ. di Genova
- 14/11/1996: conseguimento del titolo di *Dottore di Ricerca in Ingegneria Elettronica e Informatica* Relatore: R. Zoppoli.

- Aprile 1996 - marzo 1997: Servizio Civile.
- 1997-99: *Post-Doc* all'Univ. di Genova, con il programma di ricerca “*Approssimatori neurali e ottimizzazione: aspetti metodologici e applicazioni all'Automatica*”.
- 1999: *abilitazione all'insegnamento della Matematica nella Scuola Secondaria* (classe di concorso 47/A, D.D.G. del 1999), per le classi A047 (Matematica) e A049 (Matematica e Fisica).
- 2001: *Associato Esterno di Ricerca* presso l'Istituto per l'Automazione Navale (IAN) del CNR.
- 2000-03: *assegnista di ricerca* presso il Dip. di Matematica (DIMA) e poi il Dip. di Informatica, Sistemistica e Telematica (DIST) dell'Univ. di Genova, SSD MAT/09 - Ricerca Operativa, con il programma di ricerca “*Risoluzione di problemi di ottimizzazione funzionale mediante reti neurali e altri approssimatori non lineari*”.
- 2001-02, 2004 e 2010-2017: *Associato Esterno di Ricerca* presso l'Istituto di Studi sui Sistemi Intelligenti per l'Automazione (ISSIA) del CNR.
- 1° gennaio 2004 - 29 dicembre 2011: *Ricercatore* presso la Facoltà di Ingegneria dell'Univ. di Genova, SSD MAT/09 - Ricerca Operativa (vincitore del concorso nel 2003), confermato nel ruolo il 1° gennaio 2007.
- Luglio 2010: conseguimento dell'*idoneità a Professore Associato*, SSD MAT/09 - Ricerca Operativa.
- 30 dicembre 2011-attualmente: *Professore Associato* presso la Facoltà di Ingegneria dell'Univ. di Genova, SSD MAT/09 - Ricerca Operativa, confermato nel ruolo il 30 dicembre 2014.
- Dicembre 2013: conseguimento *all'unanimità* dell'*Abilitazione Scientifica Nazionale a Professore Ordinario*, SSD MAT/09 - Ricerca Operativa.
- Febbraio 2014 - attualmente: “*Guest Scholar*” presso la School for Advances Studies (IMT) di Lucca (dapprima presso la Research Unit DYSCO-DYnamical Systems, Control, and Optimization, ora presso la Research Unit AXES-Analysis of compleX Economic Systems).
- Giugno 2018-attualmente: *Associato Esterno di Ricerca* presso l'Istituto di Ingegneria del Mare (INM) del CNR.

2.2 Periodi di specializzazione all'estero

- 1997 - 2000: vari *periodi di perfezionamento* presso l'*Institute of Computer Science - Czech Academy of Sciences*.

2.3 Borse di studio

- 1989 e 1990: *due borse di studio di Ateneo* per il perfezionamento all'estero della lingua inglese. Borse usufruite presso il St. Clare's College di Oxford, riconosciuto dal British Council.
- 1992 - 1995: *borsa di Dottorato*.
- 1996: *borsa “di transizione”*.
- 1997 - 1999: *borsa di Post-Dottorato*.
- 1997 - 2000: *quattro borse di ricerca di Ateneo* per il perfezionamento di ricercatori presso “Centri Stranieri di Alta Qualificazione”.
- 1999: *borsa di studio del Consiglio Nazionale delle Ricerche* (CNR), con il programma di ricerca “*Approssimazione funzionale e apprendimento automatico*”.

3 Attività di ricerca in sintesi

3.1 Il contesto

La mia attività di ricerca si concentra su *problemi delle Scienze e dell'Ingegneria caratterizzati da uno o più dei seguenti aspetti*:

- *dimensione infinita*
- *elevato numero di variabili*
- *complessità dei dati*.

- **Dimensione infinita.** In generale, nel formulare un problema di ottimizzazione si richiede di individuare un insieme S , i cui elementi sono chiamati *soluzioni ammissibili* del problema (in pratica, le alternative a disposizione di un decisore) e di associare ad ogni soluzione ammissibile un costo, mediante un *funzionale di costo* F . L'obiettivo è dunque la minimizzazione di F rispetto a soluzioni ammissibili appartenenti ad S (ovviamente i concetti esposti valgono, con modifiche banali, anche per il caso in cui il funzionale F rappresenti una figura di merito da massimizzare).

La prima famiglia di problemi è costituita da quelli le cui soluzioni ammissibili appartengono ad un insieme di \mathbb{R}^n e consistono quindi in un numero finito n di componenti di un vettore. I problemi di questa prima famiglia sono i problemi di *Programmazione Matematica*. Per essi l'espressione "funzionale di costo" è comunemente sostituita da "funzione di costo". Se tutte le componenti dei vettori che rappresentano le soluzioni ammissibili possono assumere valori reali si parla di *Programmazione Matematica a Numeri Reali*, detta anche *Ottimizzazione Continua*. Se, invece, possono assumere solo valori interi, si ha la *Programmazione Matematica a Numeri Interi*, detta anche *Ottimizzazione Combinatoria*. Il caso "intermedio" è la *Programmazione Matematica a Numeri Misti*.

La seconda famiglia contiene quei problemi in cui *le incognite sono costituite da funzioni di decisione appartenenti a spazi di funzioni di dimensione infinita*. I corrispondenti problemi di ottimizzazione sono noti come problemi di **Programmazione a Dimensione Infinita (PDI; Infinite-Dimensional Programming** nel "Subject Classification Scheme for the OR/MS Index"). Sono anche chiamati problemi di *ottimizzazione funzionale*.

I problemi di PDI costituiscono un insieme ben più ampio di quanto talvolta si creda. Oltre ai problemi classici del calcolo delle variazioni, innumerevoli sono, infatti, le situazioni teoriche e applicative modellabili come problemi di questo tipo, in quanto è necessario determinare una funzione, in qualche senso ottima, nell'ambito di più funzioni ammissibili. Tipicamente, dette funzioni generano *decisioni* sulla base di *informazioni*. Le informazioni sono argomento delle funzioni decisionali e possono avere dimensioni molto elevate. Le funzioni di decisione incognite possono rappresentare, ad esempio:

- *funzioni di regressione e classificazione nell'apprendimento da dati;*
- *strategie di movimento in grafi stocastici;*
- *strategie di esplorazione di ambienti sconosciuti;*
- *strategie di instradamento in reti di telecomunicazioni;*
- *leggi di rilevazione e classificazione di guasti in sistemi di diagnostica;*
- *decisioni ottime per sistemi dinamici soggetti a disturbi aleatori;*
- *strategie di gestione di risorse idriche e di sistemi di bacini;*

– ecc.

La risoluzione per via analitica di un problema di PDI è possibile in ben pochi casi. Di conseguenza, è di estremamente importante la ricerca di soluzioni subottime che siano sufficientemente accurate. Purtroppo, lo sviluppo di efficienti metodologie di risoluzione approssimata presenta molte difficoltà, dovute principalmente al fatto che gli elementi degli insiemi di soluzioni ammissibili sono funzioni. In sostanza, *la dimensione infinita* degli spazi in cui i problemi di PDI sono ambientati *rende spesso inutilizzabili o comunque inadeguati gli strumenti matematici tipici dell’ottimizzazione continua e dell’ottimizzazione combinatoria*.

- **Elevato numero di variabili.** In molti contesti applicativi, le variabili dalle quali le funzioni ammissibili dipendono sono in numero molto elevato. Si pensi, ad esempio:

- al numero di componenti dei dati in ingresso nei problemi di apprendimento supervisionato;
- al numero di code di dati con diverse destinazioni nei nodi di reti di telecomunicazioni;
- al numero di individui in reti sociali;
- al numero di sezioni autostradali o di segmenti di strade urbane nella gestione del traffico;
- al numero di bacini e serbatoi in reti idriche (e di altri fluidi) su scala geografica.

Un elevato numero di variabili è tipico in presenza di reti su larga scala, in cui vari decisori, ciascuno dotato di un insieme informativo personale, cooperano per portare a termine un obiettivo comune (le cosiddette *team organization*), come ad esempio nell’esplorazione da parte di più decisori di ambienti sconosciuti o di complesse strutture dati (si pensi alle reti sociali e al Web).

In questi casi, spesso si presenta il fenomeno noto in letteratura come *maledizione della dimensionalità*, dove il termine “dimensionalità” è riferito al numero di componenti del vettore argomento delle funzioni decisionali (da non confondere con la dimensione infinita del problema, discussa sopra). Si tratta di un aumento molto veloce (tipicamente, esponenziale) dell’onere di calcolo necessario per ottenere soluzioni subottime accurate, al crescere del numero di tali componenti (a parità del grado di accuratezza desiderato). Lo sviluppo di metodi risolutivi e di algoritmi innovativi che consentano di affrontare questa sostanziale limitazione è tuttora un problema in gran parte aperto.

- **Complessità dei dati.** Nelle Scienze e nell’Ingegneria moderne vengono prodotte enormi quantità di dati, ottenuti da sistemi complessi: dati biologici, finanziari, medici, dati provenienti dalle telecomunicazioni, dal commercio e dall’industria pervadono il nostro mondo. La società attuale è diventata, al tempo stesso, un enorme “data producer” e un altrettanto enorme “data consumer”. Importanti aspetti delle moderne applicazioni “data-producing” e “data-driven” sono:

- elevata densità (producono e/o elaborano grandi quantità di dati);
- necessità di adattamento on line (si richiedono algoritmi di data-processing che vanno adattati mentre nuove osservazioni diventano disponibili);
- natura strutturata (molti tipi di dati, ad esempio immagini, sequenze biologiche e grafi pesati, non possono essere modellati semplicemente come vettori di numeri reali).

La sfida consiste nel gestire queste elevate quantità di dati, capire come le componenti di ogni dato interagiscono fra di loro ed estrarre informazioni “di massima utilità”, al fine di ottenere il quadro d’insieme del sistema complesso che si sta studiando.

3.2 Tematiche principali

1. *Apprendimento computazionale neurale e con metodi kernel: complessità e trattabilità.*
2. *Metodologie per la risoluzione di problemi di programmazione a dimensione infinita e stime dell'accuratezza di soluzioni subottime.*
3. *Applicazioni della programmazione a dimensione infinita.*
4. *Algoritmi per l'ottimizzazione di reti approssimanti e reti neurali.*
5. *Ottimizzazione nell'apprendimento da dati.*
6. *Apprendimento da dati con vincoli.*
7. *Ricoprimento/approssimazione di gusci convessi e applicazioni al machine learning*
8. *Analisi e ottimizzazione di reti di telecomunicazioni.*
9. *Ottimizzazione a stadi e programmazione dinamica.*
10. *Ottimizzazione a squadra.*
11. *Stima di inondabilità di bacini fluviali.*
12. *Human-computer interaction.*
13. *Ottimizzazione del trasporto pubblico urbano.*
14. *Strategie di equilibrio per la limitazione dell'inquinamento.*

Parte della mia attività di ricerca si svolge collaborando con ricercatori stranieri e ricercatori italiani esterni all'Università di Genova.

Per le tematiche 1, 2, 5 e 7, ad esempio, particolarmente produttiva è l'interazione con ricercatori della *Georgetown University* (Washington D.C., USA), dell'*Austrian Academy of Sciences* e dell'*Institute of Computer Science dell'Accademia delle Scienze della Repubblica Ceca*. Mi sono recato più volte in quest'ultimo istituto, in qualità di "visiting scientist" e "invited lecturer". Queste collaborazioni si sono concretizzate, oltre che in numerose pubblicazioni congiunte, in quattro progetti scientifici internazionali da me coordinati e vari seminari congiunti in Italia e all'estero.

L'attività di cui ai punti 3, 9 e 10 beneficia dell'interazione con ricercatori del *Consiglio Nazionale delle Ricerche*.

La tematica di cui al punto 6 nasce dalla collaborazione con ricercatori del Dip. di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche (DIISM) dell'*Università di Siena*.

Nell'ambito del tema di cui al punto 8 ho collaborato con un ricercatore dei *Nokia Bell Labs* di Dublino (Irlanda).

Le tematiche 13 e 14 rappresentano i miei più recenti interessi di ricerca, frutto delle collaborazioni con colleghi della *Bar-Ilan University* (Tel Aviv) di Israele e della *ESSEC Business School* di Cergy-Pontoise (Francia).

La descrizione dettagliata delle tematiche di ricerca è contenuta nella Sezione 8.

Gli ambiti applicativi nei quali svolgo attività di ricerca sono i seguenti.

- *Algoritmi di programmazione non-lineare per l'addestramento di reti neurali.*
- *Tecniche di regolarizzazione nell'apprendimento da dati.*
- *Elaborazione di dati con tecniche di "Principal Component Analysis" (PCA).*
- *Analisi di serie temporali.*
- *Analisi della comunicazione non-verbale.*
- *Ottimizzazione di reti di trasporto urbano.*
- *Consumo ottimo di beni in presenza di incertezza.*
- *Pianificazione della produzione in fabbriche con più divisioni.*
- *Stima ottima di parametri.*
- *Diagnosi ottima di guasto.*
- *Classificatori supervisionati e non-supervisionati per la stima di inondabilità di bacini fluviali.*
- *Limitazione dell'inquinamento in zone di confine internazionale.*
- *Call Admission Control (CAC) in reti di telecomunicazioni.*
- *Routing dinamico in reti di telecomunicazioni.*
- *Tecniche di epidemic routing in reti di telecomunicazioni a connessione intermittente.*
- *Gestione di risorse idriche e di reti di bacini.*
- *Gestione del traffico autostradale.*
- *Controllo ottimo di sistemi dinamici stocastici.*

3.3 Sedi di pubblicazione

La scelta delle sedi di pubblicazione rispecchia la triplice natura della mia ricerca:

- teorica;
- metodologico-algoritmica;
- applicativa.

A seconda di quale delle tre componenti è predominante, ho pubblicato e pubblico i miei lavori su altrettante tipologie di riviste: da quelle prevalentemente dedicate a modelli e metodi per l'ottimizzazione fino a quelle tipicamente ingegneristiche, come riportato nella seguente tabella.

Rivista	# articoli	Rivista	# articoli
J. of Optimization Theory and Applications	8	IEEE Trans. on Information Theory	5
Computational Optimization and Application	4	Neural Computation	4
SIAM J. on Optimization	3	Optimization Letters	3
IEEE Communications Letters	3	IEEE Trans. on Neural Networks and Learning Systems	4
Neural Networks	3	Neurocomputing	2
J. of Complexity	2	Optimization Methods and Software	2
Transportation Research Part B: Methodological	1	Group Decision and Negotiation	1
Computers and Operations Research	1	Discrete Applied Mathematics	1
Mathematics of Operations Research	1	IEEE/ACM Trans. on Networking	1
Performance Evaluation	1	Soft Computing	1
Nonlinear Analysis: Hybrid Systems	1	Optimization	1
Applied Mathematical Sciences	1	Applied Mathematics and Computation	1
Int. J. of Adaptive Control and Signal Processing	1	Information Processing Letters	1
Int. J. of Arts and Technology	1	Int. J. of Computational Intelligence in Control	1
Int. J. of Computer Research	1	Int. J. of Control	1
Int. Mathematical Forum	1	Irrigation and Drainage	1
Computational Management Science	1	J. of Dynamical Systems and Geometric Theories	1
J. of Hydrology	1	J. of Inequalities and Applications	1
J. of Mathematical Modelling and Algorithms	1	J. of NeuroTechnology	1
The Open Applied Mathematics J.	1	Mathematics in Engineering, Science and Aerospace	1
Annals of Operations Research	1	Engineering Applications of Artificial Intelligence	1
Networks	1		

3.4 Dati bibliometrici

La tabella successiva riassume quantitativamente la mia produzione scientifica.

Libri internazionali	1
Riviste internazionali	77
Capitoli di libri e contributi in collane scientifiche	20
Keynote speech e tutorial su invito	3
Atti di conferenze internazionali con presentazione su invito	8
Workshop internazionali con presentazioni su invito	1
Atti di conferenze internazionali con processo di revisione del “full paper”	55
Altre presentazioni a conferenze internazionali con pubblicazione di extended abstract / abstract	22
Workshop nazionali con presentazione su invito	5
Atti di conferenze nazionali	1
Altre presentazioni a conferenze nazionali con pubblicazione di extended abstract / abstract	49
Recensioni di libri	5
Recensioni di articoli	82

VQR 2011-14 100% di prodotti eccellenti.

Nel calcolo dei seguenti valori, per “10 anni precedenti” e “15 anni precedenti” si intende, rispettivamente: “dalla data di compilazione del presente CV al 2009 compreso” e “dalla data di compilazione del presente CV al 2004 compreso”, con riferimento alle banche dati WOS e/o SCOPUS.

Numero di articoli su riviste internazionali nei 10 anni precedenti: ??

Numero di citazioni della produzione scientifica nei 15 anni precedenti: ??

H-Index riferito ai 15 anni precedenti: ??

4 Attività didattica

Riporto nelle tabelle seguenti l’elenco dei Corsi che ho tenuto, con il numero di crediti formativi universitari (cfu) relativi.

4.1 Docenza in Corsi di Laurea

Insegnamento	cfu	Corso di Laurea (CdL)	Sede	Ruolo ricoperto	A.A.
Programmazione Matematica e Ottimizzazione	10	CdL Quinquennale in Ing. Elettronica	Genova	esercitatore	dal 1993 – 94 al 1996 – 97
Ricerca Operativa	10	CdL Quinquennale in Ing. Elettronica	Genova	esercitatore	dal 1997 – 1998 al 1999 – 2000
Analisi dei Sistemi 1	6	CdL in Ing. Gestionale	Savona	docente con P.P. Puliafito e S. Sacone	2000 – 01
Analisi dei Sistemi 2	5	CdL Specialistica in Ing. Gestionale	Savona	docente con P.P. Puliafito e S. Sacone	2000 – 01
Ricerca Operativa	10	CdL Quinquennale in Ing. Elettronica	Genova	docente con R. Zoppoli	dal 2000 – 01 al 2001 – 2002
Ricerca Operativa 1	5	CdL Quinquennale in Ing. Civile e Ambientale	Genova	docente	dal 2001 – 02 al 2002 – 03
Laboratorio Informatico di Ricerca Operativa 1	3	CdL Quinquennale in Ing. Civile e Ambientale	Genova	docente	dal 2001 – 2002 al 2002 – 03
Ricerca Operativa 1	6	CdL in Ing. Gestionale	Savona	docente (3 cfu) con R. Zoppoli (3 cfu)	2001 – 02 al 2006 – 07
Ricerca Operativa 2	6	CdL Specialistica in Ing. delle Telecomunicazioni	Genova	docente	dal 2002 – 03 al 2003 – 04
Ricerca Operativa 2	6	CdL Specialistica in Ing. delle Telecomunicazioni	Genova	docente (3 cfu) con M. Baglietto (3 cfu)	dal 2004 – 05 al 2007 – 08
Ricerca Operativa 1	5	CdL specialistica in Ing. dei Trasporti e della Logistica	Genova	docente	dal 2003 – 04 al 2004 – 05
Ricerca Operativa 1	5	CdL specialistica in Ing. dei Trasporti e della Logistica	Genova	docente (2.5 cfu) con F. Patrone (2.5 cfu)	dal 2005 – 06 al 2008 – 09
Ricerca Operativa 1	5	CdL Specialistica in Ing. Elettronica	Genova	docente (2.5 cfu) con R. Zoppoli (2.5 cfu)	dal 2003 – 04 al 2004 – 05
Ricerca Operativa 2	5	CdL Specialistica in Ing. Informatica	Genova	docente (2.5 cfu) con R. Zoppoli (2.5 cfu)	2003 – 04 e dal 2005 – 06 al 2006 – 07
Ricerca Operativa 2	5	CdL Specialistica in Ing. Informatica	Genova	docente	2004 – 05
Ricerca Operativa 1	5	CdL Specialistica in Ing. Elettronica	Genova	docente	2005 – 06
Ricerca Operativa 1	6	CdL in Ing. Gestionale	Savona	docente (3 cfu) con R. Zoppoli (3 cfu)	dal 2001 – 02 al 2006 – 07
Ricerca Operativa 2	6	CdL Specialistica in Ing. delle Telecomunicazioni	Genova	docente (3 cfu) con M. Baglietto (3 cfu)	dal 2004 – 05 al 2007 – 08
Ricerca Operativa 1	5	CdL Specialistica in Ing. dei Trasporti e della Logistica	Genova	docente (2.5 cfu) con F. Patrone (2.5 cfu)	dal 2005 – 06 al 2008 – 09

Insegnamento	cfu	Corso di Laurea (CdL)	Sede	Ruolo ricoperto	A.A.
Ricerca Operativa 2	6	CdL Specialistica in Ing. delle Telecomunicazioni	Genova	docente	2008 – 09
Metodi Matematici e Statistici e Ricerca Operativa	5	CdL Magistrale in Ing. dei Trasporti e della Logistica	Genova	docente	2009 – 10
Metodi Matematici e Statistici e Ricerca Operativa	8	CdL Magistrale in Ing. dei Trasporti e della Logistica	Genova	docente	2010 – 11
Ricerca Operativa	6	CdL Magistrale in Ing. dei Trasporti e della Logistica	Genova	docente	2011 – 12
Ricerca Operativa	10	CdL Magistrale in Ing. Informatica	Genova	docente (5 cfu) con R. Zoppoli (5 cfu)	2012 – 13
Ricerca Operativa	6	CdL Magistrale in Ing. della Sicurezza: Trasporti e Sistemi Territoriali	Genova	docente	dal 2012 – 13 al 2013 – 14
Ricerca Operativa 1	6	CdL in Ing. Industriale e Gestionale	Savona	docente	2012 – 13
Ricerca Operativa 1	6	CdL in Ing. Industriale e Gestionale	Savona	docente (3 cfu) con M. Gaggero (3 cfu)	2013 – 14
Operations Research	9	CdL Magistrale in Ing. Informatica	Genova	docente (6 cfu) con R. Zoppoli (3 cfu)	2013 – 14
Ricerca Operativa 1	6	CdL in Ing. Industriale e Gestionale	Savona	docente	dal 2014 – 15 al 2016 – 17
Operations Research	9	CdL Magistrale in Ing. Informatica	Genova	docente	dal 2014 – 15 al 2019 – 20
Optimisation Techniques	5	CdL Magistrale a doppio titolo internaz. in Robotics Engineering	Genova	docente	dal 2017 – 18 al 2019-20

4.2 Docenza in Corsi di Dottorato

Insegnamento	Dottorato	Sede	Ruolo ricoperto	A.A.
Analisi Funzionale per l'Ottimizzazione	Dottorato in Ing. Elettronica e Informatica	Genova	docente con T. Zolezzi	dal 2000 – 01 al 2003 – 04
Reti Neurali per l'Ottimizzazione	Dottorato in Scienze e Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione	Genova	docente	dal 2004 – 05 al 2005 – 06
Reti Neurali per l'Ottimizzazione	Dottorato in Ing. Elettronica, Informatica e delle Telecomunicazioni	Genova	docente	2006 – 07
Optimization and Game Theory	Dottorato in Ing. dei Sistemi	Genova	docente con L. Pusillo	2012 – 13
Strategic Choices: Games and Team Optimization	Dottorato in Informatica e Ing. dei Sistemi	Genova	docente con L. Pusillo	dal 2013 – 14 al 2019 – 20

4.3 Docenza in Scuole di Specializzazione

Insegnamento	cfu	Scuola di Specializzazione	Sede	Ruolo ricoperto	A.A
Ricerca Operativa (Tecniche per il Modellam. di Problemi di Ottimizz. e per la Determinazione di Decisioni Ottime in Sistemi Sanitari)	1	Scuola di Specializzazione in Igiene e Medicina Preventiva	Genova	docente	dal 2010 – 11 al 2017 – 18

4.4 Docenza nell'ambito di Scuole Nazionali

- 2002: *Scuola Nazionale di Ricerca Operativa* (Siena, Centro per lo Studio dei Sistemi Complessi): “*Le reti neurali nei problemi di ottimizzazione a dimensione infinita*”.
- 2002: invito a tenere un ciclo di lezioni presso l'Univ. di Firenze, nell'ambito della scuola “*Nonlinear time series analysis: Theory and applications*”, inserita nel programma *Socrates/Erasmus*. Non ho potuto accettare l'invito a causa di altri impegni scientifici concomitanti.
- 2001: *docente nell'ambito del “Programma Nazionale di Ricerca per la Microelettronica e la Bioelettronica”*. Ho tenuto un ciclo di lezioni su schemi di approssimazione non lineari per l'ottimizzazione, presso il Dip. di Ingegneria Biofisica ed Elettronica (DIBE) dell'Univ. di Genova.

4.5 Docenza in Corsi di Master

Insegnamento	Master	Sede	Ruolo ricoperto	A.A
Tecniche di Apprendimento Automatico	Master II livello SIIT (Distretto Tecnol. Sist. Intell. Integrati)	Genova	docente	2007 – 08

4.6 Docenza nell'Università della Terza Età

Insegnamento	Univ. Terza Età	Sede	Ruolo ricoperto	A.A
Introduzione alle Reti Neurali Artificiali	Uni.T.E. di Genova	Genova	docente	2009 – 10 2016 – 17

4.7 Tesisti, Dottorandi e Assegnisti

- *Relatore, Correlatore e Controrelatore di Tesi*, presso la Facoltà di Ingegneria, poi Scuola Politecnica, e la Facoltà (poi Scuola) di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Univ. di Genova.
- *Tutor di Dottorandi e Assegnisti* presso la Facoltà di Ingegneria, poi Scuola Politecnica, e la Facoltà (poi Scuola) di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Univ. di Genova.
- 2019: *supervisore esterno*, presso il Dottorato in Smart Computing (Univ. di Firenze, Pisa e Siena) di una Tesi di Dottorato.

4.8 Altre attività connesse alla didattica

- 1992-96: svolgimento di esercitazioni per il corso di Programmazione Matematica e Ottimizzazione (CdL in Ing. Elettronica e Informatica).
- Coordinamento degli studenti ed esercitazioni nel *Laboratorio NOCC (Neural Optimization, Complexity and Control)* presso il DIST, poi DIBRIS.

5 Attività istituzionale

5.1 Commissioni di Dipartimento e di Scuola/ex-Facoltà

- Triennio accademico 2018/19-2020/21: membro della *Giunta di Dip.* DIBRIS.
- Triennio accademico 2015/16-2017/18: membro della *Giunta di Dip.* DIBRIS.
- Dal 2018: rappresentante del DIBRIS nel *Consiglio delle Biblioteche della Scuola Politecnica*.
- Dal 2018: *membro della Commissione Didattica* della Laurea Magistrale a Doppio Titolo Internazionale in Robotics Engineering.
- Dal 2016: membro aggiunto della *Commissione dei Decani dei SSD* attribuiti al DIBRIS.

- Dal 2015: membro della *Commissione Programmazione* DIBRIS.
- Dal 2012: *referente* presso il DIBRIS per il SSD MAT/09 - Ricerca Operativa.
- Dal 2012: membro della *Commissione Organico* DIBRIS.
- Dal 2012: membro della *Commissione Didattica* DIBRIS.
- 2013: membro della *Commissione Manifesto per la ri-progettazione del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica* del DIBRIS.
- 2007-08: *membro della Commissione referente presso il Preside* del gruppo dei Docenti delle Matematiche di base della Facoltà di Ingegneria.
- 2005-06: *membro della Commissione per i criteri di valutazione della Tesi di Laurea Specialistica in Ing. delle Telecomunicazioni.*

5.2 Attività istituzionale in Dottorati e Scuole di Dottorato

- Dal 2014: membro del *Collegio dei Docenti* del Dottorato “Computer Science and Systems Engineering”.
- Dal 2014: membro della *Commissione Offerta Formativa* del Dottorato “Computer Science and Systems Engineering”.
- 2013-2014: membro del *Collegio dei Docenti* del Dottorato “Systems Engineering”.
- 2006-12: membro del *Comitato dei Docenti* della Scuola di Dottorato “Scienze e Tecnologie per l’Informazione e la Conoscenza” (STIC).
- 2005-12: membro del *Comitato di Indirizzo* del Dottorato di Ricerca “Ingegneria Matematica e Simulazione” (DIMS).
- 2006-07: *segretario del Comitato dei Docenti* della Scuola di Dottorato STIC.
- 2005-07: *responsabile della sezione “Didattica di Dottorato” del portale di e-learning* della la Scuola di Dottorato “Scienze e Tecnologie per la Società dell’Informazione” (STSI), poi STIC.
- 2005-07: membro della *commissione per la predisposizione del portale di e-learning* della la Scuola di Dottorato STSI, poi STIC.
- 2005-06: membro del *Comitato dei Docenti* della Scuola di Dottorato STSI.
- 2003-07: *coordinatore didattico* della Scuola di Dottorato STSI.
- 2000-05: membro del *Comitato di Indirizzo* del Dottorato di Ricerca STIC per l’indirizzo Ing. Elettronica e Informatica.

5.3 Commissioni di valutazione

- 2019: *commissario di procedura valutativa a Professore Associato*, Art.24 c.6 MAT/09, bandita presso l'Univ. di Trieste.
- 2019: *membro della Commissione Scientifica per l'assegnazione del Premio Amici del Festival della Scienza*, Univ. di Genova.
- 2017: *membro supplente della commissione per una valutazione comparativa per un Assegno di Ricerca* (SSD ING-INF/06 - Bioingegneria Elettronica e Informatica), Univ. di Genova.
- 2012: *membro della commissione di valutazione comparativa per Assegno di Ricerca* (SSD MAT/09 - Ricerca Operativa), Univ. di Genova.
- 2011: *membro della commissione di valutazione comparativa per Assegno di Ricerca* (SSD MAT/09 - Ricerca Operativa), Univ. di Genova.
- 2011: *membro della commissione di valutazione comparativa per Assegno di Ricerca* (SSD ICAR/02 - Costruzioni Idrauliche e Marittime e Idrologia), Univ. di Genova.
- 2008: *membro della commissione di valutazione comparativa per un posto di Ricercatore Universitario* presso la Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Univ. di Salerno.
- 2005 e 2006: *membro della commissione di valutazione comparativa per Assegno di Ricerca* (SSD ING-INF/03 - Telecomunicazioni), Univ. di Genova.
- 2004 e 2005: *membro della commissione per gli Esami di Stato*, I e II sessione, Univ. di Genova.

5.4 Commissioni di valutazione di Dottorato e di Laurea

- 2015: *membro della Commissione per l'esame di Dottorato in Computer Science and Engineering* presso IMT-School for Advanced Studies di Lucca.
- 2014: *membro supplente della Commissione per l'esame di Dottorato in Matematica* presso l'Univ. Roma Tre.
- 2012: *membro della Commissione per l'esame di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione* presso l'Univ. di Siena.
- *Membro delle Commissioni di Laurea in Ing. Informatica* (2004-05, 2012-20); *Ing. Gestionale* (2003-04, 2007-08, 2012-13, 2013-14); *Ing. delle Telecomunicazioni* (dall'AA 2005-06 all'AA 2009-10); *Ing. Civile e Ambientale* (2006-07); *Ing. dei Trasporti e della Logistica* (2010-11, 2011-12); *Ing. della Sicurezza: Trasporti e Sistemi Territoriali* (2012-13, 2013-15).
- *Membro delle Commissioni di Diploma Universitario in Ing. Logistica e della Produzione* (2003-04).
- Dal 1996: *membro di Commissioni d'Esame* dei seguenti Corsi: *Ricerca Operativa*, *Optimisation Techniques*, *Ricerca Operativa 1*, *Ricerca Operativa 2*, *Operations Research*, *Metodi Matematici e Statistici e Ricerca Operativa*, *Methods and Models for Decision Support*, *Teoria dei Giochi*, *Programmazione Matematica e Ottimizzazione*, *Reti Neurali e Ottimizzazione*.

5.5 Altro

- Sono stato collaboratore del *periodico bimestrale* dell'ASING - *Associazione Amici della Scuola di Ingegneria di Genova*.
- 2007-12: *responsabile del settore MAT/09 della biblioteca del Dip. di Matematica* dell'Univ. di Genova.

6 Progetti

6.1 Coordinamento di progetti internazionali

- 2000-2003: **Coordinatore** e “**Principal Investigator**” del **NATO Collaborative Linkage Grant** fra Italia e Rep. Ceca, progetto “*Approximation and functional optimization by neural networks*”, finanziato dalla NATO (Science Programme – Cooperative Science & Technology Sub-Programme).
- 2002-2004: **Coordinatore** italiano del progetto di collaborazione scientifica **Area MC6 - Ministero degli Esteri della Rep. Italiana e Ministero degli Esteri della Rep. Ceca** “*Functional optimization and nonlinear approximation by neural networks*” (Area MC6 - Mathematics and Information - Technology and Computer Science).
- 2004-2006: **Coordinatore** italiano del progetto di scambio scientifico “*Learning from data by neural networks and kernel methods: An approach based on approximate optimization*”, tra Univ. di Genova, CNR e Accademia delle Scienze della Rep. Ceca.
- 2005. Ho sottomesso alla **European Science Foundation (ESF)** - Unità PESC (Unit for Engineering and Physical Sciences), in qualità di **Principal Investigator**, il progetto *FUNTOPT* (“*Solution of Functional Optimisation Problems with Unstructured and Structured Data via Neural Approximators, Kernel Methods, and Machine-Learning Techniques*”).

Partner: Univ. di Genova (Coordinatore), Max Planck Institute for Biological Cybernetics, Katholieke Universiteit Leuven, University of Cyprus (Cipro), Academy of Sciences of the Czech Republic, INSEAD, National Research Council of Italy, Warsaw University of Technology, University of Coimbra, Pompeu Fabra University, Universitat Politècnica de Catalunya, Technical University of Lisbon, Instituto de Telecomunicações, University College London.

Durata: 5 anni

Importo: 560 KEuro

Il progetto è stato valutato in modo molto positivo, ma, purtroppo, non finanziato per esaurimento del budget. Ecco le quattro valutazioni ottenute (nella scala 1=Highest priority, 2=Good, 3=Adequate, 4=Low priority):

Rev. 1. Progetto da finanziare. Priority level: 1=Highest. Livello scientifico del proponente: eccellente.

Rev. 2. Progetto da finanziare. Priority level: 2=Good. Livello scientifico del proponente: eccellente.

Rev. 3. Progetto da finanziare. Priority level: 1=Highest. Livello scientifico del proponente: eccellente.

Rev. 4. Progetto da finanziare. Priority level: 3=Adequate. Livello scientifico del proponente: eccellente.

- 2007-2009: **Coordinatore** italiano del rinnovo del progetto di scambio scientifico “*Learning from data by neural networks and kernel methods: An approach based on approximate optimization*”, tra Univ. di Genova, CNR e Accademia delle Scienze della Rep. Ceca.
- 2010-2012: **Coordinatore** italiano del progetto di scambio scientifico “*Complexity of neural-network and kernel computational models*”, tra Univ. di Genova, CNR e Accademia delle Scienze della Rep. Ceca.

6.2 Partecipazione a progetti europei

- **H2020**

- **ICT WhoLoDance** (2016-18): “**Whole-Body Interaction Learning for Dance Education**”. Sviluppo di modelli computazionali e algoritmi per l’analisi real time del comportamento umano sulla base di segnali non-verbali multimodali.

Work package 3: Semantic and Emotional Representation Models.

Partner accademici: Coventry University (Regno Unito), Politecnico di Milano, Univ. di Genova.

Partner non accademici: Lynkeus (Italia - Coordinatore), Instituto Stocos (Spagna), K. Danse (Francia), Athena Research and Innovation Center in Information, Communication, and Knowledge Technologies (Grecia), Lykeion ton Hellinidon (Grecia), Motek Entertainment (Olanda), Peachnote GmbH (Germania).

- **ICT DANCE** (2015-17): “**Dancing in the Dark**”. Analisi dell’espressione e della rappresentazione mediante il canale uditivo di qualità emozionali e relazionali del movimento del corpo umano.

Work package 2: Detection and Real-Time Analysis of Individual and Groups Movement, Expression, and Emotion.

Partner: Univ. di Genova (Coordinatore), Universiteit Maastricht, KTH Kungliga Tekniska Hgskolan (Svezia).

- **FET PROACTIVE ENTIMEMENT** (2019-22): “**ENtrainment & synchronization at multiple TIME scales in the MENTAL foundations of expressive gesture**”. Sviluppo di modelli e tecnologie per l’analisi dei movimenti umani, mediante un approccio innovativo neuro-cognitivo basato sulle molteplici scale temporali interattive che caratterizzano il comportamento umano.

Work package 1: Theoretical Foundations, Computational Models, and Algorithms.

Work package 3: Data Acquisition and Multi-Time Signal Analysis and Processing.

Partner accademici: Univ. di Genova (Coordinatore), University of Montpellier (Francia), Royal Institute of Technology (Svezia), University of Maastricht (Olanda), University College London (Regno Unito), Durham University (Regno Unito), Waterloo University (Canada), Western Sydney University (Australia).

Partner non accademici: EuroMov (Francia), Visual Business Consultants (Grecia), Qualisys (Svezia), Istituto Italiano di Tecnologia.

- **7th Framework Program**

- **ICT FET SIEMPRE** (STREP, 2010-2012): “**Social Interaction and Entrainment using Music PeRformance**”. Modelli computazionali e algoritmi innovativi per l’analisi della comunicazione creativa e dell’interazione fra gruppi di individui.

Work package 1: Theoretical Frameworks, Computational Models, and Algorithms.

Partner accademici: Univ. di Genova (Coordinatore), Queens University of Belfast (Regno Unito), Pompeu Fabra University (Spagna) e Université de Genève (Svizzera).

Partner non accademici: Istituto Italiano di Tecnologia.

- **INTERREG III B ARCHI-MED**

- **MILDMAP: “Methodology integration of EO techniques as operative tool for land degradation management and planning in Mediterranean areas”**. Interazione tra diverse metodologie per il monitoraggio, l’analisi e la valutazione dei processi fisici, al fine di migliorare la catena decisionale per la prevenzione e il controllo degli hazard naturali.
Partner: Regione Basilicata - Dip. Ambiente, Territorio e Politiche della Sostenibilità, Regione Calabria, CIME (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale Univ. della Basilicata e di Genova), AMRA (Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale), CNISM (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze Fisiche della Materia - Univ. Federico II di Napoli), CTRC (Centre for Technological Research of Crete (Grecia), TEI (Technological Educational Institution of Athens (Grecia), Chania Prefecture (Grecia), Rethymno Prefecture (Grecia).
- Ho inoltre partecipato alla stesura delle seguenti proposte di progetti europei, che non sono stati finanziati.
 - **H2020 SOLIDE: ”System-Optimal strategies for seamLess transport operation In extreme Disruptive Events”**.
Work package 3: Model Development.
Work package 5: Methods for Assessing System Resilience.
Work package 6: Decision Support System Development.
Partner accademici: Univ. di Padova (Cordinatore), Bar-Ilan University (Israele), National Technical University of Athens (Grecia), Politechnika Poznanska (Polonia), Ustav Teoreticke a Aplikovane Mechaniky AVCR (Rep. Ceca).
Partner non accademici: Ideella Foreningar Utrikespolitiskainstitutet Informationsavd (Svezia), Sviluppo Chimica S.p.A, Gilat Satellite Networks Ltd (Israele), European Society for Emergency Medicine (Belgio), Società Esercizi Aeroportuali SEA, Behavioral Technologies (Svizzera), IMPULSE (Israele), Egnatia Odos S.A. (Grecia) e Kompass Zentrum für Existenzgründungen gGmbH (Germania).
 - **H2020 AFORE : “Assessment Framework to Optimally improve system REsilence”**. Sviluppo, implementazione e validazione di un framework operativo per valutare la resilienza di infrastrutture e sviluppo di criteri per ottimizzarla.
Work package 1: Knowledge Base on Infrastructure Resilience.
Work package 3: Model Development.
Work package 6: DSS Development.
Partner accademici: Univ. di Padova (Cordinatore), Bar-Ilan University (Israele), National Technical University of Athens (Grecia), Politechnika Poznanska (Polonia), Ustav Teoreticke a Aplikovane Mechaniky AVCR (Rep. Ceca).
Partner non accademici: Utrikespolitiska Institutet (Svezia), Sviluppo Chimica S.p.A (Italia), Gilat Satellite Networks Ltd (Israele), European Society for Emergency Medicine (Belgio), Società Esercizi Aeroportuali SEA (Italia), Behavioral Technologies (Svizera), IMPULSE (Israele), Egnatia Odos S.A. (Grecia) e Kompass Zentrum für Existenzgründungen gGmbH (Germania).
 - **7th Framework Program ARTS: “Dynamic Measuring of Aesthetic Pleasure Enhancement in Social Interaction”**. Sviluppo di metodologie e algoritmi innovativi per misurare il “livello di piacere” di singole persone e di gruppi di individui coinvolti sia attivamente sia passivamente in esperienze estetiche e creative.
Work package 1: Theoretical Framework and Conceptual Models.

Partner accademici: Universiteit Maastricht (Olanda - Coordinator), Univ. di Genova, Université Libre de Bruxelles (Belgio), University College London (Regno Unito), Univ. di Roma La Sapienza, Weizmann Institute of Science (Israele), Eberhard Karls Universität Tübingen (Germania).

Partner non accademici: Istituto Italiano di Tecnologia.

6.3 Partecipazione ad altri progetti internazionali

- 2019: **Programma Italia-Francia Galileo** (istituito dal MIUR e dal Ministère des Affaires Etrangères et du Développement International), progetto G19-48 “Should forests be restored by polluters or deforesters? An approach based on game theory”.
- 2008-09: **European Space Agency (ESA), Progetto “Emulator for an ETSI BSM-compliant SI-SAP Interface”**, ESA ITT AO/1-5615/08/NL/JK, Item 07.153.16 – ARTES-5, Workplan 2007 (Progettazione e costruzione di un emulatore satellitare conforme all'interfaccia ETSI SI-SAP per convogliare traffico IP su una rete satellitare di nuova generazione). Resp. Internazionale: DLR -Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Resp. CNIT: M. Marchese.
- 2002: **joint project Georgetown University**, Washington D.C., USA e **Univ. di Genova**, “Improving the performance of neural networks”.
- 2001: membro della **campagna di ricerche Baratti 2001**, attivata su richiesta del *Ministero dei Beni Culturali* per l'acquisizione ed elaborazione di dati archeologici. All'attività di ricerca hanno partecipato: **Sovrintendenza Archeologica di Firenze**, **Accademia Americana di Roma**, **MIT** (Massachusetts Inst. of Technology, Boston, USA), **ISME** (Interuniversity Centre of Systems for the Marine Environment).

6.4 Finanziamenti nazionali per ricerca di base

- 2017: assegnatario del **Fondo di Finanziamento delle attività base di ricerca (FFABR)**.

6.5 Coordinamento di progetti nazionali

- 2013: **coordinatore** del progetto “*Metodologie di risoluzione approssimata per problemi di ottimizzazione a squadra e di interazione strategica*”, finanziato dal gruppo **GNAMPA** (Gruppo Nazionale per l'Analisi Matematica, la Probabilità e le loro Applicazioni) dell'**INdAM** (Istituto Nazionale di Alta Matematica).

6.6 Partecipazione a progetti nazionali

- Ho partecipato alla definizione delle tematiche di ricerca, ho contribuito all'organizzazione di attività scientifiche ed organizzative e ho svolto attività di ricerca nell'ambito dei seguenti progetti.
 - 2019: **Fincantieri SI-Cetena**: faccio parte, come membro dell'Unità CNIT di Genova, del gruppo proponente per definire un progetto di ricerca congiunto.
 - 2010-12: *Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale PRIN - MIUR 2010* “Stima dello stato adattativa e controllo ottimo adattativo”. Coordinatore nazionale: A. Ferrante (Univ. di Padova). Membro dell'Unità di Genova (Responsabile: R. Zoppoli).
 - 2010-12: **Ministero dell'Industria, Progetto Nazionale Industria 2015 SLIMPORT**, sottoprogetto SLIMCOMMS. Titolare fondi: M. Marchese (Univ. di Genova).

- 2006-08: *Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale PRIN - MIUR 2006* “Modelli ed algoritmi per l’ottimizzazione robusta delle reti”. Coordinatore nazionale: M. Fischetti (Univ. di Padova). Membro dell’Unità di Cagliari (responsabile: P. Zuddas).
- 2004-06: *Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale PRIN - MIUR 2004* “Metodi e algoritmi innovativi per l’identificazione e il controllo adattativo di sistemi tecnologici”. Coordinatore nazionale: G. Picci (Univ. di Padova). Membro dell’Unità di Genova (Responsabile: R. Zoppoli).
- 2002-04: *Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale PRIN - MIUR 2002* “Tecniche innovative per l’identificazione e il controllo adattativo di sistemi industriali”. Coordinatore nazionale: G. Picci (Univ. di Padova). Membro dell’Unità di Genova (Responsabile: R. Zoppoli).
- 2002: **Progetto strategico MIUR SP7** “Simulazione e Ottimizzazione per Reti: Software e Applicazioni (*SORSA*)”. Coordinatore: G. Rinaldi. Azione di ricerca “Simulazione e Ottimizzazione per Reti di Telecomunicazione (*SORTEL*)”. Coordinatore: M. Dell’Amico. Sono stato *corrispondente* per le Unità Operative 25 (linea di ricerca: *Progettazione di reti con vincoli di capacità*) e 26 (linea di ricerca: *Analisi e simulazione del traffico*).
- 2001-02: **Progetto di Ricerca ASI (Agenzia Spaziale Italiana) TEMA** (“Team-Based Exploration by Mobile Agents”). Coordinatore: A. Bicchi (Univ. di Pisa).
- **Progetto FIRB 2001** “Algoritmi e modelli dell’ingegneria del traffico per l’ottimizzazione di reti IP di nuova concezione”. Coordinatore nazionale: M. G. Ajmone Marsan.
- 2000-02: **Progetto Coordinato CNR-Agenzia 2000** “*Nuovi algoritmi e metodologie per la risoluzione approssimata di problemi non lineari di ottimizzazione funzionale in ambiente stocastico*”, finanziato nell’ambito della Linea di Ricerca “Modelli, algoritmi innovativi di ottimizzazione e metodi variazionali”.
- 2000-02: *Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale PRIN - MURST 2000* “Nuove tecniche per l’identificazione e il controllo adattativo di sistemi industriali”. Coordinatore nazionale: G. Picci (Univ. di Padova). Membro dell’Unità di Genova (Responsabile: R. Zoppoli).
- 1998-2000: *Programma di ricerca scientifica di interesse nazionale PRIN - MURST 1998* “Algoritmi e architetture per l’identificazione e il controllo di sistemi industriali”. Coordinatore nazionale: G. Picci (Univ. di Padova). Membro dell’Unità di Genova (Responsabile: R. Zoppoli).
- 1995-97: *Programma di interesse nazionale cofinanziato - MURST 40 %* “Identificazione di modelli, controllo di sistemi, elaborazione di segnali”. Coordinatore nazionale: G. Picci (Univ. di Padova). Membro dell’Unità di Genova (Responsabile: R. Zoppoli).
- 1996: **Agenzia Spaziale Italiana ASI-ARS-96-111**: “Modellizzazione, simulazione e sintesi ottima delle manovre di berthing in ambito spaziale”. Coordinatore: M. Innocenti (Univ. di Pisa).

6.7 Progetti locali

- 2008: **responsabile del Progetto Ricerca di Ateneo** (Univ. di Genova) “*Risoluzione di problemi di ottimizzazione funzionale mediante approssimatori non-lineari e tecniche di apprendimento da dati*”.
- 1996-2014: *membro* di vari **Progetti di Ricerca di Ateneo** (Univ. di Genova).
- 1999: ho collaborato alla preparazione di un progetto per la realizzazione di un sistema basato su un veicolo sottomarino filoguidato per la ricerca di reperti archeologici sommersi. Il progetto è stato finanziato dal **Comune di Arenzano** (Genova) e dal **Museo Vivo delle Tecnologie per l’Ambiente** (Arenzano, Genova).

6.8 Trasferimento in ambito tecnologico di competenze scientifiche

- 2014: *membro del gruppo dei proponenti e dei referenti DIBRIS-Univ. di Genova* per la *Convenzione Quadro* stipulata fra *Qui! Group S.p.A, Ianuatech e DIBRIS-Univ. di Genova*.
- 2001-2004: *trasferimento di competenze scientifiche al Polo Tecnologico Sud* (Genova) per la realizzazione di un impianto prototipale di maricoltura off shore.
- 2001: *trasferimento di competenze scientifiche* nell'ambito del contratto di ricerca stipulato dal Dip. di Informatica, Sistemistica e Telematica (DIST) dell'Univ. di Genova con **X-Istituto di Calcolo Scientifico** (Genova) per lo sviluppo di algoritmi di programmazione non lineare (minimizzazione di funzioni di costo multivariabili e multimodali nell'ottimizzazione di processi chimici).
- 1999-2001: *trasferimento di competenze scientifiche* alle ditte **Ecotec** e **Telema** (Genova), per lo sviluppo sperimentale di tecniche di controllo basate su ottimizzazione mediante approssimatori non lineari.

6.9 Finanziamenti per ospitare visiting professor stranieri

- 2018: finanziamento da parte dello *GNAMPA* (Gruppo Nazionale per l'Analisi Matematica, la Probabilità e le loro Applicazioni) dell'*INdAM* (Istituto Nazionale di Alta Matematica) per il visiting professor Paul Kainen (Georgetown University - Washington, D.C., USA).
- 2016: finanziamento da parte dello *GNAMPA-INdAM* per il visiting professor Yuval Hadas (Bar-Ilan University - Tel Aviv, Israele).
- 2015: finanziamento da parte dello *GNAMPA-INdAM* per il visiting professor Konstantin Kogan (Bar-Ilan University - Tel Aviv, Israele).
- 2014: finanziamento da parte dello *GNAMPA-INdAM* per il visiting professor Věra Kůrková (Academy of Sciences of the Czech Republic - Praga, Rep. Ceca).

7 Altre attività scientifiche e organizzative

7.1 Collaborazioni scientifiche in corso con gruppi di ricerca stranieri

- *Academy of Sciences of the Czech Republic* (Praga), Inst. of Computer Science: Věra Kůrková.
- *Georgetown University* (Washington DC - USA), Dept. of Mathematics: Paul C. Kainen e Andrew Vogt.
- *University of Vienna*: Kateřina Hlaváčková-Schindler.
- *Bar-Ilan Univ.* (Tel Aviv, Israele), Dept. of Management: Konstantin Kogan, Yuval Hadas, Avi Herbon e Eugene Khmel'nitsky.
- *ESSEC Business School*, Cergy-Pontoise (Francia): Fouad El Ouardighi.
- *Nokia Bell Labs*, Dublino (Irlanda): Marco Cello (attualmente IT Manager Rulex).

7.2 Collaborazioni scientifiche in corso con gruppi di ricerca italiani esterni all'Università di Genova

- *Università di Siena*, Dip. di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche (DIISM): Marco Gori e Stefano Melacci.
- *Università di Trieste*, Dip. di Ingegneria e Architettura: Thomas Parisini.
- *IMT-School for Advances Studies, Lucca*. Research Unit Analysis of Complex Economic Systems (AXES): Giorgio Gnecco. Research Unit Dynamical Systems, Control, and Optimization (DYSCO): Alberto Bemporad.
- *Consiglio Nazionale delle Ricerche*. Istituto di Sistemi Intelligenti per l'Automazione: Cristiano Cervellera, Mauro Gaggero e Danilo Macciò.
- *Università di Pisa*, Dip. di Informatica: Mauro Passacantando.

7.3 Keynote speech, invited talk, tutorial e altri interventi

In ambito internazionale

- 2018: *invited talk* al *Department of Management* della *Bar-Ilan-University* (Tel Aviv, Israele).
- 2014: *invito a tenere un intervento* nell'ambito del seminario "Neural-Symbolic Learning and Reasoning" presso *Schloss Dagstuhl - Leibniz Center for Informatics* (Germania, 14–19 settembre). Non ho potuto accettare a causa di impegni concomitanti.
- 2013: *invited talk* al *Department of Management* della *Bar-Ilan-University* (Tel Aviv, Israele).
- 2012: *invito a tenere un intervento* al *World 2012 Congress on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace, and Sciences* (Vienna, Austria). Non ho potuto accettare a causa di impegni concomitanti.
- 2006: *invited talk* alla *VI Int. Conf. on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace, and Sciences* (Budapest, Ungheria).
- 2004: *invited talk* al *Mini-Symposium Learning Theory & Kernel Methods, XVI Int. Symp. on Mathematical Theory of Networks and Systems – MTNS* (Leuven, Belgio).
- 1997-2004: *otto interventi come invited lecturer* nell'ambito del ciclo annuale di seminari dell'*Institute of Computer Science* dell'*Accademia delle Scienze della Rep. Ceca* (Praga).
- 2000: *due invited talk* alla *III Int. Conf. on Non-Linear Problems in Aviation and Aerospace* (Daytona Beach, Florida).

In ambito nazionale

- 2019: *invited talk* al *Dip. di Informatica dell'Università di Pisa*.
- 2018: *keynote speech* nell'ambito del *VII Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), XVII Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)* (Trento).
- 2017: *invited talk* al *VI Workshop MLDM* alla *XVI AI*IA Conf.* (Bari).
- 2016: *invited talk* al *V Workshop MLDM* alla *XV AI*IA Conf.* (Genova).
- 2015: *invited talk* al *IV Workshop MLDM* alla *XIV AI*IA Conf.* (Ferrara).
- 2014: *invited speaker* al *Workshop on Optimization, Game Theory and Related Topics*, Univ. di Genova.

- 2014: *invito a tenere un intervento al III Workshop MLDM alla XV AI*IA Conf.* (Pisa). Non ho potuto accettare a causa di impegni concomitanti.
- 2011: tutorial su invito “*Functional optimization for Operations Research: A guided tour PART 1: Motivations and methodology*”, VI AIRO Winter Conf. (Cortina d’Ampezzo).
- 2011: tutorial su invito “*Functional optimization for Operations Research: A guided tour PART 2: Case studies*”, VI AIRO Winter Conf. (Cortina d’Ampezzo).
- 2010: “*Functional optimization through learning from data, kernel methods, and neural approximations*”, presso il Dip. di Ing. dell’Informazione e Scienze Matematiche (DIISM) dell’Univ. di Siena.
- 2007: “*Nonlinear programming algorithms based on the extended Kalman filter in learning from data: An error analysis and some numerical results*” al Seminario Permanente di Ottimizzazione, presso il Laboratorio di Ottimizzazione Globale - Dip. di Sistemi e Informatica dell’Univ. di Firenze.
- 2006: invito a tenere un intervento nell’ambito del II International Workshop on “Analytic Methods for Learning Theory: Learning, Regularization and Approximation” (DISI - Univ. di Genova). Non ho potuto accettare l’invito a causa di altri impegni scientifici concomitanti.
- 2006: “*Functional optimization and data mining*”, presso l’Univ. di Firenze.
- 2005: “*Learning from data and solution of functional optimization problems by neural networks and kernel methods*”, al Workshop nazionale del progetto ASTAA (Apprendimento Statistico: Teoria, Algoritmi, Applicazioni), presso il DISI - Dip. di Scienze dell’Informazione (Univ. di Genova).
- 2004: “*Approximation schemes for functional optimization problems*”, al VII Congresso SIMAI (Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale).
- 2003: “*Polynomially-complex approximating networks for optimal control of freeway traffic*”, presso l’Istituto di Analisi dei Sistemi ed Informatica (IASI) del CNR di Roma.
- 1997: “*Riduzione di problemi di ottimizzazione funzionale a problemi di programmazione lineare*”, presso l’Istituto Internazionale per gli Alti Studi Scientifici (IIASS) di Vietri sul Mare (Salerno).

Altri interventi

- 2014: “*My research in machine learning: A guided tour*” al ciclo di seminari “Machine Learning Lunch” presso il DIBRIS.
- 2014: “*Getting insights into ensemble behavior and group creativity: An approach based on coalitional games and communication graphs*” presso il centro di ricerca DIBRIS “Casa Paganini - Infomus”.
- 2013: “*Exploiting coalitional games and power indices to measure centrality and leadership in ensemble performance*” presso il centro di ricerca DIBRIS “Casa Paganini - Infomus” (con G. Gnecco).
- 2012: intervento “*Methodologies & algorithms for learning from data with structural and logic constraints and for high-dimensional optimization under uncertainty*” al Workshop inaugurale del DIBRIS.
- 2012: “*Suboptimal solutions to team optimization problems with stochastic information structure*” presso il Dip. di Matematica dell’Univ. di Genova.
- 2012: “*Evaluating leadership in music ensemble performance via measures of network centrality, game theory, and optimal control on networks*” presso il centro di ricerca del DIBRIS “Casa Paganini - Infomus” (con G. Gnecco).

- 2000: “*Variable-basis functions for the approximate solution of functional optimization problems*”, presso il Dip. di Matematica dell’Univ. di Genova.
- 1999: “*From functional optimization to nonlinear programming through neural networks*”, presso il Dip. di Matematica dell’Univ. di Genova.

7.4 Periodi trascorsi come visiting scientist

- Maggio 2018: periodo come “*visiting scientist*” presso la Bar-Ilan University (Tel Aviv, Israele).
- Marzo-aprile 2015: periodo come “*visiting scientist*” presso la Bar-Ilan University (Tel Aviv, Israele).
- Aprile 2014: periodo come “*visiting scientist*” presso la Bar-Ilan University (Tel Aviv, Israele).
- 2001 - 2005: vari periodi trascorsi come “*visiting scientist*” e “*invited lecturer*” presso l’*Accademia delle Scienze della Rep. Ceca* (AVCR).

7.5 Attività editoriale

- **Associate Editor** delle riviste:
 - Neural Networks (dal 2020);
 - Neural Processing Letters (dal 2016);
 - Neurocomputing (dal 2015);
 - IEEE Transactions on Neural Networks (2007-12);
 - Mathematics in Engineering, Science and Aerospace (dal 2009);
- 2020: **Guest Editor** della rivista *Soft Computing*, per lo Special Issue “Optimization in Machine Learning”.
- 2009: **Guest Editor**, con E. Messina, della rivista *Computers and Operations Research*, per lo Special Issue “Operations Research and Data Mining in Biological Systems”.
- 2008: **Guest Editor**, con T. Trafalis ed E. Kundakcioglu, della rivista *Computational Management Science*, per lo Special Issue “Optimization in Learning from Data”.

7.6 Attività organizzativa in conferenze

- 2019: **membro del Comitato Organizzatore** dell’Int. Conf. on Optimization and Decision Science (ODS) & XLIX AIRO Conf. (Genova, settembre 2019).
- 2014: **membro del Comitato Scientifico** del World Congress on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace and Sciences:
 - 2014 (X ICNPAA Conf.) - Narvik, Norvegia, luglio 2014;
 - 2012 (IX ICNPAA Conf.) - Vienna, Austria, luglio 2012.
- 2010: **co-Chair del Comitato Scientifico** del World Congress 2010 ICPAA (São José dos Campos, Brasile, 30 giugno - 3 luglio 2010).
- 2008: **Chair del Comitato Organizzatore** e **co-Chair del Comitato Scientifico** della VII Int. Conf. on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace, and Sciences (Genova, Facoltà di Ingegneria, giugno 2008).

- 2007: **membro del Comitato Organizzatore** della XXXVIII Conferenza dell'Associazione Italiana di Ricerca Operativa (AIRO) (Genova, settembre 2007).
- **Membro degli Int. Program Committees** di:
 - Int. Conf. on Intelligent Decision Technologies (2015);
 - Int. Conf. on Operations Research and Enterprise Systems (2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017);
 - Int. Conf. on Intelligent Decision Technologies (2015);
 - Int. Conf. on Knowledge Based and Intelligent Information & Engineering Systems (2012, 2013, 2014, 2016, 2017);
 - Int. Conf. on Artificial Neural Networks (2008, 2009, 2010, 2014, 2018, 2019);
 - Int. Conf. on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms (2001, 2003);
 - Int. Conf. on Adaptive and Natural Computing Algorithms (2005, 2007);
 - Int. Joint Conf. on Neural Networks (2011, 2013, 2014);
 - Int. Symposium on Neural Networks (2011, 2012);
 - Int. Conf. on Engineering Applications of Neural Networks (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019);
 - Int. Conf. on Non-Linear Problems in Aviation and Aerospace (2000, 2002);
 - Int. Conf. on Informatics in Control, Automation and Robotics (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019);
 - Int. Workshop on Advances in Regularization, Optimization, Kernel Methods and Support Vector Machines: Theory and Applications (2013);
 - Int. Conf. on Artificial Intelligence Applications and Innovations (2016, 2019);
 - IEEE Int. Conf. on Robotic Computing (2019).
- **Session Chair** alle conferenze:
 - International Conference on Optimization and Decision Science
 - Int. Conf. INNS Big Data and Deep Learning: 2019;
 - Int. Conf. on Optimization and Decision Science (ODS-AIRO): 2018, 2019;
 - Cologne-Twente Workshop: 2011;
 - Applied Mathematical Programming and Modelling: 2006;
 - Int. Symp. on Mathematical Theory of Networks and Systems: 2000;
 - European Control Conf.: 2001;
 - Int. Conf. on Non-Linear Problems in Aviation and Aerospace: 2000;
 - Mathematical Problems in Engineering, Aerospace, and Sciences: 2006, 2008;
 - Annual Conf. of the Operational Research Society of Italy (AIRO): 2003, 2005, 2006, 2007, 2012, 2015.
- **Organizzazione di sessioni nell'ambito di conferenze:**
 - Invited Session "Optimization in Machine Learning", *Optimization and Decision Sciences, 2019*.
 - Invited Session "Functional Optimization in Operations Research", *AIRO Winter 2011*.
 - Invited Session "OR and data mining in biological data", *AIRO 2008*.

- Invited Session nello stream “Optimization and data mining”, *EURO 2007*.
- Invited Session nello stream “Optimization and data mining”, *EURO 2007* (con T. B. Trafalis).
- Invited Session “Optimization under uncertainty” e “Computational learning”, *AIRO 2007*.
- Invited Session nello stream “Optimization and data mining”, *EURO 2006*.
- Invited Session “Computational learning”, *AIRO 2006*.
- Semi-Plenary Session “Learning from data by support vector machines and kernel methods - I”, *AIRO 2005*.
- Invited Session “Learning from data by support vector machines and kernel methods - II”, *AIRO 2005*.
- Invited Session “ORMA – Telecomunicazioni”, *AIRO 2003*.
- Invited Session “Neural and other approximating networks in stochastic networks’ optimal control”, *EURO-INFORMS 2003* (con R. Zoppoli).
- Invited Session “Facing the curse of dimensionality in functional optimization by neural and other approximating networks”, *APMOD 2002* (con R. Zoppoli);

7.7 Organizzazione di seminari internazionali presso l’Università di Genova

- 2019, luglio (DIBRIS): ciclo di quattro seminari “*Computation and complexity*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA) e V. Kůrková (Czech Academy of Sciences).
- 2017, novembre (DIBRIS): “*Limitations of shallow neural networks*”. Relatore: V. Kůrková (Czech Academy of Sciences).
- 2016, novembre (DIBRIS): “*Multi-objective evacuation network design with chance constraints*”. Relatore: Y. Hadas (Bar-Ilan University, Tel Aviv, Israele).
- 2016, ottobre (DIBRIS): “*Convolutional kernels for regression and generalization*”. Relatore: V. Kůrková (Czech Academy of Sciences).
- 2016, maggio (DIBRIS): “*Urban bus network of priority lanes: A combined multi-objective, multi-criteria, and group decision making approach*”. Relatore: Y. Hadas (Bar-Ilan University, Tel Aviv, Israele).
- 2015 (DIBRIS): “*Limitations of capabilities of shallow networks*”. Relatore: V. Kůrková (Czech Academy of Sciences).
- 2015 (DIBRIS): “*Dynamic coordination between two asymmetric agents moving along a route*” e “*Healthcare supply chain operations: Competition versus cooperation*”. Relatore: K. Kogan (Bar-Ilan Univ., Tel Aviv, Israele).
- 2013 (DIBRIS): “*Some multi-disciplinary insights into transportation research*”. Relatore: Y. Hadas (Bar-Ilan University, Tel Aviv, Israele).
- 2013 (DIBRIS): “*Representations of highly-varying functions by shallow networks*” e “*Bochner integration as an explicit neural network paradigm*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA) e V. Kůrková (Czech Academy of Sciences).
- 2009 (DISI): “*Model complexity of neural networks and integral transforms*” e - “*Approximation bounds via Rademacher’s complexity*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA) e V. Kůrková (Czech Academy of Sciences).

- 2005 (DISI): “*Advances in learning from data for regression and optimization*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA), V. Kůrková (Czech Academy of Sciences) e M. Sanguineti.
- 2002 (DIST): “*Nonlinear approximation schemes for the solution of high-dimensional optimization problems*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA), V. Kůrková (Czech Academy of Sciences) e M. Sanguineti.
- 2000 (DIST e DIMA): “*Approximation and approximate functional optimization through variable-basis functions*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA), V. Kůrková (Czech Academy of Sciences) e M. Sanguineti.
- 1999 (DIST e DIMA): “*Optimization by neural networks*”. Relatori: P. C. Kainen (Georgetown University, USA), V. Kůrková (Czech Academy of Sciences) e M. Sanguineti.

7.8 Attività in centri inter-universitari, associazioni scientifiche e consorzi di ricerca

- Sono uno dei *membri fondatori* del *Centro di Ricerca in Apprendimento Computazionale* (CRAC), istituito nel 2006 presso l’Univ. di Genova.
- 2005-2010: *Referente* per Facoltà di Ingegneria dell’Univ. di Genova nella sezione territoriale COSENO di AIRO.
- 2002-03: *Referente* per l’Unità di Genova (Univ. di Genova, CNIT, Marconi Selenia Communications) di ORMA (*Ottimizzazione di Reti: Metodologie e Applicazioni*) – Gruppo Piemonte-Liguria.
- *Membro* di: AIRO¹, CIRO², EURO³, SIAM⁴, AMS⁵, AIxIA⁶, EWGLA⁷, MDML⁸, GNAMPA⁹ (Sezione 2: “Calcolo delle Variazioni, Teoria del Controllo e Ottimizzazione”), CNIT¹⁰, ISME¹¹, NeSy¹², Nodo UniGe del Laboratorio Nazionale CINI¹³ Smart Cities & Communities e del Nodo UniGe del Laboratorio Nazionale CINI AIIS¹⁴.

7.9 Valutatore di progetti

- Iscritto all’albo degli esperti scientifici istituito presso il MIUR (REPRISE) per la sezione “Ricerca di Base”. Settori ERC: Mathematical aspects of computer science (PE1.16), Scientific computing and data processing (PE1.18), Control theory and optimisation (PE1.19), Machine learning, statistical data processing and applications using signal processing (PE6.11), Networks (PE7.8).
- 2019: Valutatore per il Bando FAR - Progetti Interdisciplinari dell’Univ. di Modena e Reggio Emilia.
- 2018: Referee per il QS Global Academic Survey della Bar-Ilan University di Tel Aviv (Israele).
- 2014: Project referee per il bando “SIR 2014” del MIUR.

¹Associazione Italiana di Ricerca Operativa

²Centro Interuniversitario per la Ricerca Operativa

³Association of European Operational Research Societies

⁴Society for Industrial and Applied Mathematics

⁵American Mathematical Society

⁶Associazione Italiana per l’Intelligenza Artificiale

⁷EURO Working Group on Locational Analysis

⁸Gruppo di Lavoro Machine Learning and Data Mining dell’Associazione Italiana per l’Intelligenza Artificiale

⁹Gruppo Nazionale per l’Analisi Matematica, la Probabilità e le loro Applicazioni

¹⁰Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni

¹¹Interuniversity Centre of Systems for the Marine Environment

¹²Neural-Symbolic Learning and Reasoning Association

¹³Consorzio Interuniversitario Nazionale per l’Informatica

¹⁴Artificial Intelligence and Intelligent Systems

- 2014: Rapporteur per il bando "SIR 2014" del MIUR.
- 2009: Project referee per la Georgia National Science Foundation (GNSF).
- 2008: Project referee per la Czech Academy of Sciences (AVCR).

7.10 Valutatore di posizioni Post-Doc e di altre posizioni di ricerca

- 2019: Referee per la Bar-Ilan University, Tel Aviv, Israele.
- 2019: Referee per la Bar-Ilan University, Tel Aviv, Israele.
- 2015: Revisore esterno per bando di concorso per Assegni di Ricerca dell'Univ. della Calabria.
- 2013: Referee per la Bar-Ilan University, Tel Aviv, Israele.
- 2010, 2012: Referee per la Research Foundation delle Fiandre (FWO), Belgio.

7.11 Referaggio per riviste e conferenze

- *Mathematical Reviews*: reviewer di libri e articoli.
- *Riviste*: Operations Research, SIAM J. on Optimization, SIAM J. on Control and Optimization, J. of Optimization Theory and Applications, Discrete Applied Mathematics, Annals of Operations Research, European J. of Operational Research, Computational Management Science, Computers and Operations Research, EURO Journal on Transportation and Logistics, Maritime Economics & Logistics, J. of Industrial and Management Optimization, Machine Learning, Mathematical Communications, Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics, Mathematical Methods in the Applied Sciences, Information Sciences, Applied Mathematics and Computation, IEEE Trans. on Information Theory, IEEE Trans. on Automatic Control, IEEE Trans. on Neural Networks and Learning Systems, IEEE Trans. on Biomedical Engineering, IEEE Trans. on NanoBiosciences, IEEE Trans. on Circuits and Systems II, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Trans. on Vehicular Technology, IEEE Systems J., IEE Proc. on Control Theory and Applications, Mathematical Problems in Engineering, Computers in Industry, Neural Networks, Neural Processing Letters, Neural Computation, Neurocomputing, Neural Networks World, Neural Computing and Applications, Control and Intelligent Systems, Int. J. of Control, Int. J. of Robotics Research, Int. J. of Modelling, Identification, and Control, Expert Systems With Applications, Int. J. of Information Technology & Decision Making, Chemical Engineering Science, Fire Safety J., Abstract and Applied Analysis, Mathematical Communications, Calcolo, Linear Algebra and Applications.
- *Edited books*: Handbook of Neural Information Processing (Springer).
- *Conferenze*: Int. Conf. on Optimization and Decision Science, Int. Conf. on Adaptive and Natural Computing Algorithms, Int. Conf. on Artificial Neural Networks, Int. Conf. on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms, Int. Joint Conf. on Neural Networks, American Control Conf., IEEE Symp. Series on Computational Intelligence, IEEE Int. Symp. on Circuits and Systems, German Conf. on Artificial Intelligence, Int. Symp. on Neural Networks, INNS Conf. on Big Data and Deep Learning, Conf. on Decision and Control, Int. Conf. on Informatics in Control, Automation, and Robotics, European Control Conf., IEEE Multi-Conf. on Systems and Control, Conf. in Harmonic Analysis, Int. Conf. on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Int. Conf. on Engineering Applications of Neural Networks, Conf. dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale, Int. Workshop on Advances in Regularization, Optimization, Kernel Methods, and Support Vector Machines: Theory and Applications, ACM Int. Conf. on Multimodal Interaction.

7.12 Attività in laboratori di ricerca

- *Casa Paganini/InfoMus* (DIBRIS, precedentemente DIST).
- *Laboratorio NOCC (Neural Optimization, Complexity and Control)* (DIBRIS, precedentemente DIST).

8 Attività di ricerca in dettaglio

In questa sezione descrivo singolarmente le tematiche di ricerca riassunte nella Sezione 3, indicando per ciascuna le pubblicazioni su riviste internazionali ad essa relative (alcune pubblicazioni riguardano più di una tematica).

8.1 Apprendimento computazionale neurale e con metodi kernel: complessità e trattabilità

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R76], [R69], [R66], [R47], [R43], [R34], [R24], [R20], [R19], [R7], [R5], [R2].

Ho effettuato questo studio modellando il problema come l'approssimazione di una funzione (che rappresenta il “mapping” ingresso-uscita incognito, in base al quale i dati sono generati). La complessità può essere espressa dalla dimensione di un vettore di parametri opportunamente definito - corrispondente, ad esempio, al grado di un polinomio o di una funzione razionale, al numero di nodi in una spline, al numero di unità computazionali in una rete neurale e, più in generale, al numero totale di parametri da ottimizzare. Ho affrontato l'analisi della complessità in termini del “rate” di approssimazione di funzioni in un certo spazio mediante funzioni appartenenti ad una dato insieme. Esso rappresenta la relazione matematica tra l'accuratezza di approssimazione, la “complessità” della rete necessaria per garantire tale accuratezza e il numero di variabili dalle quali le soluzioni ammissibili dipendono.

Fissato un valore massimo accettabile ε per l'errore di approssimazione, ho studiato paradigmi neurali che esibiscano la seguente proprietà fondamentale: dato ε , il numero di parametri da ottimizzare cresce *al più polinomialmente* con il numero di variabili delle soluzioni ammissibili, rendendo trattabile il problema di approssimare il “mapping” ingresso-uscita incognito. Ho chiamato tali famiglie di funzioni *reti approssimanti non-lineari a complessità polinomiale*. Esempi di tali reti da me studiati e utilizzati per la risoluzione di problemi di ottimizzazione a dimensione infinita (si vedano le Sezioni 8.2 e 8.3) sono certe reti neurali sigmoidali, reti con opportune funzioni di base radiale e alcune spline a nodi mobili.

Inoltre, ho analizzato le limitazioni dei modelli di calcolo neurale con pochi strati nascosti (le cosiddette “shallow networks”) rispetto alla loro controparte con molti livelli, note come “deep networks”.

8.2 Metodologie per la risoluzione di problemi di programmazione a dimensione infinita e stime dell'accuratezza di soluzioni subottime

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R74], [R49], [R39], [R38], [R34], [R31], [R30], [R10], [R8], [R6], [R4].

L'idea di base della procedura di risoluzione approssimata di problemi di PDI che ho sviluppato è molto semplice: consiste nel vincolare le funzioni decisionali ammissibili ad assumere una *struttura prefissata*, nella quale va ottimizzato un numero finito di *parametri “liberi”*. Sostituendo tali funzioni nel funzionale di costo e nei vincoli, si ottiene un problema di *programmazione non-lineare (PNL)*, nel quale vanno ottimizzati i parametri liberi. La risoluzione di tale problema è poi affidata ad un opportuno algoritmo di discesa.

Funzioni a struttura assegnata particolarmente intuitive sono costituite da combinazioni lineari di funzioni di base “fisse”: in tal caso vanno ottimizzati i coefficienti delle combinazioni lineari. Questa scelta conduce

al *metodo classico di Ritz* del calcolo delle variazioni. Il metodo risale al 1909, ma in oltre un secolo non ha conseguito importanti successi in problemi in cui le funzioni decisionali dipendono da un numero elevato di variabili. Ciò sembra doversi imputare al fatto che il metodo di Ritz può essere soggetto alla già citata “maledizione della dimensionalità” (la “dimensionalità” è qui rappresentata dal numero d di variabili delle funzioni ammissibili). Sia ε l’errore massimo accettabile nel determinare un’approssimazione della soluzione ottima. La maledizione della dimensionalità si manifesta quando, per un valore fissato di ε , il numero di funzioni di base delle combinazioni lineari utilizzate dal metodo di Ritz (quindi, il numero dei coefficienti di tali combinazioni) cresce in modo inaccettabile con d , tipicamente con una velocità esponenziale.

In presenza di funzioni decisionali dipendenti da un numero elevato di variabili, la maledizione della dimensionalità rende computazionalmente intrattabili i problemi di PNL ai quali i problemi di PDI vengono ridotti mediante parametrizzazione delle funzioni decisionali. Questa è una limitazione molto grave, in quanto nelle applicazioni si presenta spesso la situazione in cui le funzioni decisionali dipendono da un *elevato numero di variabili* (si vedano gli esempi nella Sezione 3.1).

Ho quindi scelto una struttura più complessa per le soluzioni ammissibili, consentendo che le funzioni di base contengano un numero finito di *parametri “interni”*, che rappresentano i parametri “liberi” da ottimizzare insieme ai coefficienti delle combinazioni lineari. Per analogia con la struttura di certe reti neurali, ho chiamato tali funzioni ammissibili a struttura fissata *reti approssimanti non-lineari*. L’attributo “non-lineari” è dovuto al fatto che, in generale, la presenza di parametri “interni” da ottimizzare fa perdere la linearità nelle funzioni di base. Nonostante l’apparente semplicità, questa metodologia nasconde molti punti delicati che, da un lato, ne rendono complesso lo studio, ma, dall’altro, ne fanno uno strumento estremamente efficace. I paradigmi di calcolo neurale di cui alla Sezione 8.1 ne sono un caso particolare. Come primo passo, quindi, ho sfruttato i risultati descritti nella Sezione 8.1, con l’obiettivo di scegliere le famiglie di reti approssimanti più opportune per cercare soluzioni approssimate a problemi di PDI.

Una notevole quantità di risultati sperimentali mi ha indotto ad esprimere la congettura che la proprietà di crescita “moderata” del numero di parametri da ottimizzare al crescere del numero di variabili delle funzioni ammissibili, valida sotto opportune ipotesi per varie famiglie di reti approssimanti non-lineari, possa valere in certe condizioni anche nel campo della risoluzione approssimata di problemi di PDI. La seconda parte della mia attività di ricerca sulla PDI ha preso spunto da queste evidenze sperimentali e da questa congettura.

Ho ricercato condizioni (sulle funzioni ammissibili, sui funzionali di costo e sul tipo di reti approssimanti) che consentano di risolvere in modo approssimato problemi di PDI, con accuratezza arbitraria e usando un numero di parametri da ottimizzare che cresca *al più polinomialmente*, in alcuni casi solo linearmente, con il numero di variabili. Da un punto di vista qualitativo, si può dire che le condizioni da me derivate garantiscono che i problemi di PNL ottenuti a partire da problemi di PDI siano computazionalmente trattabili. Più precisamente, *ho studiato come associare ad un dato problema “ragionevole” di PDI una classe di reti approssimanti non-lineari, che rendano computazionalmente trattabile il problema di PNL associato alla ricerca di soluzioni subottime*. La scelta della rete approssimante dipende dalle proprietà del funzionale di costo e dalla struttura dell’insieme delle soluzioni ammissibili. Per varie famiglie di problemi, ho studiato come ottenere successioni di soluzioni approssimate che convergano alla soluzione ottima incognita, quantificando la velocità di convergenza in termini del numero e tipo di funzioni di base, di proprietà della soluzione ottima incognita (proprietà che possono essere studiate sfruttando le informazioni *a priori* disponibili sul problema), del funzionale e dell’insieme delle soluzioni ammissibili.

Il prodotto principale della mia attività di ricerca in questo campo è una metodologia di risoluzione approssimata di problemi di PDI, che i miei co-Autori ed io abbiamo chiamato “*Metodo di Ritz Esteso*” o, per brevità, *ERIM* (“*Extended Ritz Method*”). In particolare, *ho individuato famiglie di problemi di PDI e reti approssimanti non-lineari che consentano di risolvere problemi appartenenti a tali famiglie, con un numero*

di parametri che cresce al più polinomialmente (in certi casi, solo linearmente) con il numero di variabili. La mia analisi si applica a un'ampia varietà di problemi di PDI e di reti approssimanti di interesse applicativo (si veda la Sezione 8.3). Ho quindi fornito una risposta affermativa e costruttiva alla congettura che aveva motivato l'inizio della mia ricerca sulla PDI. In altre parole, *l'ERIM è una metodologia per costruire schemi di approssimazione a complessità polinomiale per problemi di PDI.*

I fondamenti matematici della metodologia sviluppata sono oggetto dei capitoli 1–5 del libro [L1].

- *Capitolo 1:* modello di PDI ed esempi.
- *Capitolo 2:* dalla PDI alla PNL mediante l'Extended Ritz Method.
- *Capitolo 3:* reti approssimanti.
- *Capitolo 4:* design di modelli mediante apprendimento da dati e reti approssimanti non-lineari.
- *Capitolo 5:* programmazione non-lineare, approssimazione stocastica e integrazione numerica multidimensionale.

La stesura del libro [L1] mi ha impegnato, insieme agli altri Autori, per buona parte degli ultimi anni. Il lavoro è scritto per chi effettua ricerche in contesti la cui complessità richiede di affrontare problemi di ottimizzazione che non sono modellabili con gli strumenti e gli approcci classici della programmazione matematica. Il libro, che descrive strumenti matematici, propone metodologie risolutive e sviluppa algoritmi efficienti, ha una natura fortemente interdisciplinare. Tale caratteristica, che ne rappresenta uno dei punti di forza, è ottenuta combinando in un unico edificio concettuale, metodologico e algoritmico idee e strumenti che provengono da campi quali la programmazione non-lineare, l'analisi funzionale, l'approssimazione non-lineare, l'approssimazione stocastica, il design of experiments, la teoria statistica dell'apprendimento e il learning from data mediante reti neurali e metodi basati su kernel.

8.3 Applicazioni della programmazione a dimensione infinita

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R56], [R41], [R32], [R30], [R25], [R18], [R15], [R14], [R4], [R1].

La metodologia descritta nella Sezione 8.2 può essere specializzata sfruttando le peculiarità e la struttura di certe famiglie di problemi di PDI e di reti approssimanti. In particolare, come reti approssimanti non-lineari a complessità polinomiale ho utilizzato opportune reti neurali sigmoidali, alcune reti a funzioni di base radiale e certe spline a nodi mobili.

Un'ampia rassegna di problemi applicativi modellati come PDI e risolti con la tecnica della riduzione a problemi di PNL, descritta nella Sezione 8.2, è oggetto dei capitoli 6 – 10 del libro [L1], ciascuno dei quali dettaglia la metodologia a contesti di ottimizzazione specifici.

- *Capitolo 6:* ottimizzazione deterministica su orizzonte finito.
- *Capitolo 7:* ottimizzazione stocastica su orizzonte finito e con informazione perfetta sullo stato.
- *Capitolo 8:* ottimizzazione stocastica su orizzonte finito e con informazione imperfetta sullo stato.
- *Capitolo 9:* ottimizzazione a squadra.
- *Capitolo 10:* ottimizzazione su orizzonte infinito.

In ciascuno dei questi contesti, ho identificato famiglie di problemi di particolare interesse applicativo, per i quali ho sviluppato algoritmi di risoluzione dei problemi di PNL ottenuti applicando l'ERIM, in modo da ottimizzare in maniera efficiente i parametri nelle funzioni decisionali. I risultati sperimentali confermano che, tipicamente, gli schemi di approssimazione basati su reti approssimanti non-lineari sono computazionalmente più efficienti di quelli lineari, nel senso che richiedono, a parità di errore di approssimazione, un numero di parametri “di gran lunga inferiore” e spesso consentono di evitare la maledizione della dimensionalità.

Ho affrontato la risoluzione di varie famiglie di problemi di PDI mediante riduzione a problemi di PNL. In particolare, cito i seguenti.

- *Gestione di risorse idriche e reti di bacini.*
- *Routing in reti di telecomunicazioni.*
- *Gestione del traffico autostradale.*
- *Controllo ottimo.*
- *Stima ottima di parametri.*
- *Diagnosi ottima di guasto.*
- *Elaborazione di dati con tecniche di principal component analysis.*

8.4 Algoritmi per l'ottimizzazione di reti approssimanti e reti neurali

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R70], [R32], [R30], [R26], [R18], [R15], [R12], [R11], [R3].

Questa linea di ricerca è strettamente connessa alla precedente e completa dal punto di vista algoritmico la metodologia di ottimizzazione approssimata per la risoluzione di problemi di PDI.

La risoluzione dei problemi di PNL, ai quali i problemi di PDI vengono ridotti mediante parametrizzazione delle funzioni decisionali, necessita di *algoritmi efficienti per l'ottimizzazione dei parametri “liberi”* contenuti nelle reti approssimanti non-lineari. Tale ottimizzazione, che va fatta in base ai dati sperimentali disponibili, richiede alcune scelte complesse e spesso in conflitto l'una con l'altra: l'architettura della rete, l'algoritmo di addestramento, la definizione del “test set”, ecc.. Nonostante in letteratura siano stati proposti numerosi algoritmi, i margini di miglioramento sono tuttora elevatissimi: la ricerca di metodologie efficienti per l'ottimizzazione dei parametri offre tuttora un vastissimo campo di ricerca.

Ho incentrato la mia attività in quest'area sullo sviluppo di algoritmi che ottengano un buon compromesso tra velocità di convergenza e onere di calcolo. Dal punto di vista dell'onere computazionale, le scelte relative al numero di funzioni di base e all'algoritmo di ottimizzazione dei parametri in esse contenuti si sono rivelate le più critiche.

Una parte degli algoritmi da me sviluppati è basata sull'idea di considerare una rete approssimante come un sistema dinamico non-lineare, per il quale l'ottimizzazione dei parametri rappresenta un problema di stima ottima. Seguendo questo approccio, ho sviluppato un algoritmo di tipo *batch* e ne ho studiato le proprietà di convergenza e di robustezza. L'algoritmo è basato sulla minimizzazione di un costo costituito da due termini: uno che rappresenta lo scostamento dai dati e uno che pesa le variazioni dei parametri. Una variante dell'algoritmo lavora in base ad uno *schema a finestra mobile*, tramite il quale insiemi molto grandi di dati vengono suddivisi in blocchi. Su ciascuno dei blocchi viene poi effettuata un'ottimizzazione con onere computazionale ridotto, che aggiorna i valori dei parametri ottenuti basandosi sulla finestra di dati utilizzata nel passo precedente. Tale variante si presta all'elaborazione di insiemi di dati con cardinalità molto elevata.

Un'altra famiglia di algoritmi lavora in modo *ricorsivo*, utilizzando ad ogni passo il dato (i dati) che risulta (risultano) disponibili. Questo tipo di algoritmi ricopre particolare interesse in applicazioni *real time*, che richiedono un'efficiente ottimizzazione *on line*. Per combinare i vantaggi dell'ottimizzazione *on line* e di quella *off line*, ho inoltre sviluppato algoritmi che combinano i due approcci.

Sempre nel campo degli algoritmi per l'addestramento *on line*, ho combinato metodi e di controllo ottimo e tecniche di machine learning per formulare e risolvere in forma chiusa una formulazione dell'apprendimento *on line* da esempi con regolarizzazione. Ho confrontato le prestazioni dell'algoritmo così ottenuto con quelle dell'approccio basato sul filtro di Kalman esteso, evidenziando rispetto a quest'ultimo una maggiore robustezza agli *outlier*.

Ho inoltre sviluppato di algoritmi di *ottimizzazione incrementale* dei parametri, in cui si parte da una rete approssimante di piccole dimensioni e si aggiungono funzioni di base, cioè nuove unità computazionali. Quest'ultima famiglia di algoritmi è molto importante per limitare l'onere computazionale legato all'ottimizzazione di reti approssimanti con molte funzioni di base, quindi con molti parametri. In questo contesto, ho studiato *algoritmi incrementali ai minimi quadrati non-lineari* e ho studiato le proprietà di stabilità asintotica degli errori di stima ad essi associati.

Ho effettuato campagne simulative sia su *test-bed* di tipo accademico, comunemente utilizzati in letteratura, sia su *benchmark* contenenti dati che provengono da contesti reali, alcuni dei quali disponibili in rete. Fra i primi, cito la predizione della serie temporale caotica a tempo discreto detta *serie di Mackey-Glass*. Fra i secondi, cito il benchmark noto come *PROBEN1*, un problema di predizione di serie temporali relativo al consumo energetico in un edificio sulla base di data (giorno-mese), ora, temperatura esterna, umidità esterna, radiazione solare e velocità del vento. Per i vari contesti esaminati ho presentato confronti numerici con efficienti algoritmi disponibili in letteratura.

In sintesi, i miei principali lavori scientifici relativi a questa tematica possono essere così suddivisi.

- *Algoritmi di ottimizzazione incrementale.*
- *Algoritmi di ottimizzazione iterativi e di tipo batch.*
- *Algoritmi di ottimizzazione basati sulla stima ottima non-lineare.*
- *Algoritmi per la stima ai minimi quadrati non-lineari.*
- *Algoritmi per l'apprendimento supervisionato on line.*

8.5 Ottimizzazione nell'apprendimento da dati

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R48], [R40], [R36], [R35], [R33], [R28], [R27], [R25], [R22], [R23], [R9].

A differenza di quanto accade nei cosiddetti *rule-based method* dell'Intelligenza Artificiale classica, gli approcci di tipo connessionistico all'apprendimento sono basati su modelli ottenuti mediante l'interconnessione di semplici unità computazionali. In tali modelli, alcuni parametri devono essere ottimizzati in modo da approssimare con l'accuratezza desiderata una relazione funzionale tra gli ingressi al modello e le uscite di quest'ultimo. L'obiettivo del cosiddetto *apprendimento supervisionato* è l'ottimizzazione dei parametri di un modello connessionistico, in modo tale che quest'ultimo approssimi con l'accuratezza desiderata una relazione funzionale fra gli ingressi al modello e le uscite sulla base di un insieme di esempi, cioè di coppie ingresso-uscita di dati sperimentali. Per poter utilizzare un modello, addestrato sulla base di dati sperimentali, nell'elaborazione di nuovi dati non usati per l'ottimizzazione dei parametri, occorre avere a disposizione

informazioni su proprietà della relazione funzionale fra ingressi e uscite, quali continuità, regolarità delle derivate, assenza di componenti a frequenza elevata, ecc.

Nella mia ricerca in questo campo ho utilizzato il modello dell'apprendimento mediante dati sperimentali e concettuali basato su funzionali, detti *empirical error functional*, che esprimono lo scostamento dai dati. Tali funzionali vanno minimizzati rispetto a funzioni in un insieme, chiamato *hypothesis set*, la cui scelta è basata sulle conoscenze *a priori* relative al mapping che modella la generazione dei dati. Ho formalizzato le proprietà di generalizzazione in vari modi, basati su altrettante tecniche di regolarizzazione: vincolando la minimizzazione a opportuni sottoinsiemi dell'hypothesis set scelto (contenenti solo funzioni con certe caratteristiche desiderate), sommando all'empirical error functional un funzionale che penalizza comportamenti non desiderati nella soluzione, o combinando questi due approcci. In questo modo, ho potuto sfruttare le proprietà di tecniche di regolarizzazione consolidate, quali la *regolarizzazione "alla Tichonov"*, "*alla Ivanov*", "*alla Phillips*" e "*alla Miller*". Gli strumenti e le metodologie che ho sviluppato in questo campo sono basati sui metodi dei *problemi inversi*. Tali problemi si presentano frequentemente nella Fisica (tipicamente, sono "inversi" i problemi in cui si vuole risalire dagli effetti alle cause) e, più in generale, nella ricostruzione di dipendenze funzionali sulla base di dati sperimentali. Seguendo tale approccio, ho studiato l'apprendimento da dati con capacità di generalizzazione come un problema inverso ambientato negli *spazi di Hilbert a nucleo riprodotto (reproducing kernel Hilbert space, RKHS)*. A ciascun tipo di kernel - al quale, dal punto di vista dell'implementazione algoritmica, corrisponde un tipo di unità computazionale - può essere associato un RKHS, la cui norma, indotta dal kernel stesso, consente di modellare vari tipi di comportamenti richiesti alle soluzioni dei problemi di apprendimento formulati in quello specifico RKHS. Inoltre, la risoluzione in tali spazi di problemi di apprendimento da dati può essere ricondotta alla risoluzione di problemi di programmazione lineare o quadratica.

Relativamente agli aspetti teorici, ho combinato strumenti dell'approssimazione non-lineare con metodi della teoria matematica dell'apprendimento automatico. Dapprima ho studiato le proprietà di continuità e convessità degli *empirical error functional*. Ho poi sfruttato queste proprietà per ottenere i cosiddetti *teoremi di rappresentazione*, che descrivono la forma delle soluzioni ottime ottenibili mediante diversi tipi di regolarizzazione. Inoltre, ho studiato le relazioni fra i diversi tipi di regolarizzazione e le relative ricadute applicative.

Al fine di sviluppare algoritmi di apprendimento efficienti basati su metodi di regolarizzazione, sono partito dalla constatazione che la risoluzione dei sistemi lineari di equazioni che, in base ai teoremi di rappresentazione, consentono di trovare la soluzione ottima, presentano caratteristiche di *ill-posedness* che ne limitano fortemente l'efficienza computazionale. Per ovviare a tali limitazioni, ho sviluppato metodologie di ottimizzazione alternative. In particolare, ho considerato hypothesis set formati da funzioni implementabili mediante modelli computazionali con complessità strutturale limitata, esprimibili come combinazioni lineari di poche unità computazionali disponibili in librerie software. In tal modo, si può evitare l'ill-posedness a spese di un errore di approssimazione nella determinazione della soluzione ottima - errore, però, che può essere reso arbitrariamente piccolo. Ho derivato stime della velocità con cui soluzioni subottime, ottenute vincolando il numero di unità computazionali (cioè la complessità strutturale del modello), convergono alla soluzione ottima (ottenibile, idealmente, senza vincoli sul numero di unità). Tali stime possono essere valutate *a priori*, cioè prima di iniziare l'apprendimento, in quanto dipendono da quantità che sono calcolabili in modo semplice a partire dai dati e da parametri che possono essere scelti.

In sintesi, la ricaduta applicativa di queste stime consiste nel loro utilizzo per sviluppare algoritmi di apprendimento da dati basati sulla combinazione di tecniche di regolarizzazione e metodologie di ottimizzazione che utilizzano hypothesis set formati da funzioni implementabili mediante modelli connessionistici con complessità limitata, in modo da limitare l'onere computazionale.

8.6 Apprendimento da dati con vincoli

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R65], [R63], [R59], [R54].

Questa ricerca prende spunto dal fatto che la teoria delle kernel machine è basata su un'elegante formulazione, originata dall'idea di misurare la "smoothness" delle soluzioni ammissibili ai problemi di apprendimento da dati mediante le norme di Reproducing Kernel Hilbert Spaces (si veda la Sezione 8.5) generati da kernel scelti *a priori*. Tuttavia, tale teoria può essere formulata in un contesto più generale, in cui le funzioni di Green di opportuni operatori differenziali giocano il ruolo dei kernel. Questo secondo approccio presenta un duplice vantaggio: la formulazione in termini di operatori differenziali consente di tener conto esplicitamente delle condizioni al contorno e i kernel vengono "suggeriti" dagli operatori differenziali *insieme alle rispettive condizioni al contorno*, che sono parte integrante degli operatori stessi. Ciò è di estremo interesse in molti problemi reali, in cui sono disponibili informazioni a priori sul comportamento desiderato di classificatori e regressori sul contorno delle regioni, all'interno delle quali i problemi di learning vengono studiati. Ad esempio, in problemi di classificazione si può essere interessati a controllare il comportamento dei classificatori in presenza di condizioni ben diverse da quelle indotte dai dati a disposizione. Opportune condizioni al contorno consentono di inglobare l'esperienza medica nei metodi di diagnosi automatica, ad esempio nella valutazione del rischio di diabete in termini di dati relativi all'indice di massa corporea e al livello glucosio nel sangue (Pima Indian Diabetes Dataset, public UCI repository).

Nell'analisi teorica sviluppata ho ottenuto un'espressione generale della struttura delle soluzioni al problema di learning da dati e condizioni al contorno; si tratta di un'*estensione dei teoremi di rappresentazione classici* (si veda la Sezione 8.5), mirata a superare alcune limitazioni di questi ultimi. Inoltre, ho evidenziato tramite esempi applicativi il ruolo fondamentale giocato dalle condizioni al contorno.

Il passo successivo dell'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo di una teoria di apprendimento ancor più generale, in cui sono presenti *vincoli di vario genere, con i quali l'agente che deve apprendere si trova ad interagire*. Esempi di vincoli si trovano nei contesti più disparati: può volersi imporre la normalizzazione probabilistica di un insieme di funzioni che modellano la classificazione, possono essere richieste decisioni coerenti per classificatori che agiscono su diversi punti di vista dello stesso pattern, ecc. Il potere espressivo dei vincoli è ancor più evidente qualora si considerino problemi specifici, quali la visione, il ranking in contesti iper-testuali, la predizione nel mercato azionario, ecc. In effetti, il pattern ingresso/uscita dell'apprendimento supervisionato classico è il più semplice esempio di vincolo imposto sulle funzioni che si vogliono apprendere. Il punto importante è il fatto che *conoscenze più astratte, descritte mediante diversi formalismi linguistici, possono essere rappresentate come opportuni vincoli*. In altre parole, l'espressività dei vincoli può ci ha consentito di sviluppare una sorta di *teoria della regolarizzazione in grado di restringere drasticamente gli hypothesis set della teoria classica* dell'apprendimento da dati.

Utilizzando metodi di calcolo variazionale vincolato e una teoria Lagrangiana in spazi di funzioni, ho ottenuto teoremi di rappresentazione che forniscono la descrizione dei "corpi ottimi degli agenti", che apprendono in hypothesis set ristretti mediante vincoli. Il nuovo paradigma di apprendimento sviluppato, chiamato *Support Constraint Machine* (SCM), è quindi basato sul concetto di "vincolo", che modella l'interazione fra l'agente che apprende e l'ambiente in cui avviene l'apprendimento. Ho dimostrato che le SCM contengono come caso particolare le Support Vector Machine: queste ultime si ottengono interpretando il classico apprendimento da esempi in termini di vincoli. Gli aspetti algoritmici delle SCM, che sono oggetto della mia attuale attività di ricerca nell'ambito di questa tematica, tengono conto della necessità di valutare i vincoli su dati non-supervisionati; ciò chiama in gioco tecniche di integrazione e campionamento ad elevata dimensionalità.

8.7 Ricoprimento/approssimazione di gusci convessi e applicazioni al machine learning

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R47], [R24], [R13], [R2].

I numeri di ricoprimento di insiemi, introdotti da Kolmogorov per “misurare” le dimensioni di insiemi in spazi metrici, giocano un ruolo importante in molti campi, quali, ad esempio, la density estimation, i processi empirici, il machine learning. Possono essere studiati rispetto a varie metriche. Ad esempio, nelle metriche indotte dalla norma del sup e dalla norma \mathcal{L}_1 , consentono di stimare gli errori di campionamento nella statistical learning theory. Nella metrica indotta dalla norma \mathcal{L}_2 , sono studiati in teoria della probabilità, in geometria convessa e in machine learning. Nella mia ricerca in questo settore, ho fatto riferimento alla norma \mathcal{L}_2 .

Dapprima ho studiato i numeri di ricoprimento di insiemi convessi simmetrici in termini della velocità di decrescita delle norme di elementi in certi loro sottoinsiemi costituiti da elementi ortogonali. Ho dimostrato che, se tale decrescita è “sufficientemente lenta”, i numeri di ricoprimento devono essere “grandi” e ho ottenuto lower bound su tali numeri. Nella mia analisi ho sfruttato proprietà delle *matrici di Hadamard generalizzate*, ottenute dalle matrici di Hadamard consentendo una certa tolleranza nella condizione di ortogonalità che definisce queste ultime. Tali matrici sono legate al fenomeno della crescita esponenziale della cosiddetta *quasiorthogonal dimension*. Ho quindi specializzato la mia analisi alle stime dei numeri di ricoprimento delle *chiusure convesse*. Questi numeri giocano un ruolo molto importante in vari campi, quali l'approssimazione non-lineare, il calcolo neurale e l'ottimizzazione convessa.

I risultati che ho ottenuto in questo settore hanno varie ricadute applicative. Ad esempio, le proprietà approssimanti di modelli di calcolo neurale dipendono da norme definite mediante il *funzionale di Minkowski*, a partire da gusci simmetrici convessi di insiemi i cui elementi sono le unità computazionali di reti neurali. Come altro esempio, ricordo che uno dei più efficaci approcci all'apprendimento da dati consiste nel modellare tale processo come la minimizzazione di certi funzionali convessi: i numeri di ricoprimento degli insiemi sui quali tali funzionali vanno minimizzati determinano molte proprietà degli algoritmi di ottimizzazione. Infine, la dipendenza dei numeri di ricoprimento dei gusci convessi di un insieme da quelli dell'insieme stesso fornisce un'“interpretazione quantitativa” del teorema di Krein-Milman su punti estremi e chiusura dei gusci convessi.

Per quanto riguarda i problemi di approssimazione di gusci convessi, ho considerato l'approssimazione di elementi nella chiusura di tali gusci mediante un numero n di elementi dei gusci stessi. In particolare, ho studiato la velocità con cui l'errore di approssimazione decresce all'aumentare di n . Ho derivato un upper bound di ordine $O\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)$ sulla velocità di convergenza. I risultati ottenuti mettono in evidenza il ruolo giocato da una norma variazionale, che risulta determinante anche in problemi di minimizzazione di funzionali convessi. Per vari casi di interesse nelle applicazioni, ho dimostrato che tale upper bound non può essere migliorato “in modo significativo”, nel senso che il massimo miglioramento possibile è $O\left(\frac{1}{\sqrt{n+1}}\right)$.

Ho studiato conseguenze dei miei risultati per problemi di ottimizzazione rispetto a famiglie di *funzioni Booleane* e per problemi di approssimazione di *alberi di decisione*. Inoltre, i bound che ho ottenuto hanno un'importante ricaduta su *algoritmi di ottimizzazione greedy*.

Ho poi illustrato i risultati teorici su applicazioni nel campo del calcolo neurale e del machine learning. Applicando le stime da me ottenute per l'approssimazione di chiusure di gusci convessi, ho esteso e generalizzato un risultato esistente in letteratura sulle proprietà approssimanti di certe reti neurali (le *reti feedforward sigmoidali*), che quantifica la massima velocità di decrescita dell'errore di approssimazione all'aumentare del numero di unità computazionali. È chiaro l'interesse di risultati di questo tipo in applicazioni “spinte” di apprendimento da dati.

Infine, ho dimostrato che le famiglie di reti neurali tipicamente usate soddisfano le ipotesi a partire dalle quali ho ottenuto i lower bound sui rispettivi numeri di ricoprimento. Tali bound coincidono, a meno di costanti, con gli upper bound disponibili in letteratura. In tal modo ho potuto concludere che queste stime sono “strette”, il che ha fornito la risposta ad un problema aperto, la cui importanza era stata evidenziata nella letteratura sul calcolo neurale e sul machine learning.

8.8 Analisi e ottimizzazione di reti di telecomunicazioni

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R71], [R64], [R61], [R57], [R50], [R46].

Una prima parte della mia attività di ricerca in questo campo si è concentrata sullo studio di proprietà strutturali delle soluzioni ottime a certi problemi di *knapsack generalizzato* (cioè, knapsack con vincoli non-lineari) formulati in contesto stocastico. Tali problemi hanno applicazioni, ad esempio, nella *gestione di ammissione di chiamata* in reti di telecomunicazioni con regioni di ammissibilità caratterizzate da vincoli non lineari. Ciò è di particolare importanza quando si vogliono imporre determinate requisiti di *Quality of Service (QoS)* alle chiamate in corso, minimizzando al tempo stesso la probabilità che una richiesta di connessione sia rifiutata.

Il problema di ottimizzazione combinatoria noto come *generalized stochastic knapsack* è caratterizzato da non-linearità sia nella funzione obiettivo sia nei vincoli e per questo richiede tecniche ad hoc per la sua soluzione. La sua versione deterministica e in assenza di non-linearità nella capacità è un noto problema NP-difficile. Per il modello di *generalized stochastic knapsack* utilizzato nella mia analisi, ho studiato proprietà strutturali delle strategie decisionali ottime appartenenti alla classe delle *coordinate-convex policies* (presenza di soglie, relazioni tra le posizioni tra corner point adiacenti, ecc.). Tali proprietà consentono di restringere drasticamente la ricerca delle strategie ottime. Dopo aver analizzato in che modo il numero di strategie che le soddisfano dipende da come è fatto il contorno della regione di ammissibilità, ho analizzato la variazione dell’ottimo al variare della regione di ammissibilità stessa. Questo studio è motivato dal fatto che regioni di ammissibilità con contorno “semplice” rendono più semplice l’individuazione delle strategie ottime.

Ho poi studiato la possibilità di associare in modo univoco a ogni strategia coordinate-convex un percorso in un grafo diretto aciclico opportunamente definito. Infine, ho sviluppato criteri per l’individuazione di strategie subottime di tipo coordinate-convex che siano localmente migliorabili. Sulla base di questi criteri ho proposto un algoritmo *greedy* per la risoluzione approssimata del problema del *generalized stochastic knapsack*. I risultati delle simulazioni evidenziano un miglioramento significativo rispetto alle strategie decisionali impiegate in fase di inizializzazione.

Un altro tema della mia ricerca nel campo delle reti di telecomunicazioni prende spunto dal fatto che, negli ultimi anni, sono emerse varie applicazioni in cui tali reti operano in condizioni in cui le assunzioni di “connettività universale” e “connettività globale” non sono soddisfatte: ad esempio, certe reti di sensori e reti veicolari ad hoc. Sono le cosiddette *Intermittently Connected Networks (ICNs)*, che possono essere parzialmente disconnesse per la maggior parte del tempo e nelle quali, a volte, può persino mancare un percorso fra sorgente e destinazione. Per tali contesti, in cui i classici approcci di instradamento dei dati non sono efficaci, ho studiato proprietà dell’*epidemic routing*, basato sulla replica e trasmissione dei messaggi ai nuovi contatti di volta in volta rilevati. Ho sviluppato un approccio analitico, basato su code di arrivo e code di servizio, per modellare i nodi delle reti ICN, che consente di calcolare le probabilità di occupazione dei buffer dei nodi e ho studiato le proprietà di una famiglia di epidemic routing. I risultati ottenuti possono essere utilizzati per il dimensionamento dei buffer e per stimare metriche prestazionali quali l’occupazione media dei buffer, il tempo medio di invio e la probabilità di overflow. All’analisi teorica ho affiancato analisi sperimentali, sia basate sui dati di un simulatore di rete, sia basate su tracce reali.

8.9 Ottimizzazione a stadi e programmazione dinamica

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R67], [R62], [R56], [R42], [R32], [R30], [R21], [R19], [R18], [R11], [R1].

Nell'ottimizzazione a stadi, un decisore (decision maker, DM) deve prendere decisioni in sequenza, con l'obiettivo di minimizzare un costo espresso come la somma di costi associati ad ogni stadio decisionale. Tali problemi hanno molteplici applicazioni in Ricerca Operativa, quali i problemi di gestione dei magazzini, il controllo ottimo su orizzonte finito, la scelta ottima del paniere di consumo e molti altri.

La mia attività in tale settore riguarda la ricerca di soluzioni subottime per problemi di ottimizzazione a stadi per i quali non sono note le soluzioni in forma chiusa. Ho seguito due approcci:

- approssimazione delle strategie decisionali ottime incognite;
- risoluzione approssimata delle equazioni di Bellman della *programmazione dinamica*.

In entrambi i casi, ho analizzato il modo in cui gli errori associati alle soluzioni subottime si propagano attraverso gli stadi e ho ottenuto condizioni che garantiscono la possibilità di ottenere soluzioni subottime arbitrariamente accurate. Le condizioni per i costi di transizione e per il costo finale comprendono proprietà di convessità e un grado di smoothness che sia proporzionale al numero delle variabili decisionali. Per sviluppare algoritmi computazionalmente efficienti anche in presenza di un elevato numero di stadi e di variabili decisionali, ho sfruttato *tecniche Monte Carlo e quasi-Monte Carlo* di integrazione numerica, combinate a tecniche di campionamento multi-dimensionale basate sulle cosiddette *sequenze a bassa dispersione*.

Fra i problemi che soddisfano le ipotesi sotto le quali ho ottenuto i risultati sopra descritti, dapprima ho considerato il caso di perturbazioni dei classici problemi LQ e LQG del controllo ottimo, poi un problema di *consumo ottimo di beni* e la sua versione stocastica (*consumo ottimo di beni in presenza di incertezza*). In quest'ultimo, un certo numero di consumatori desidera massimizzare su un dato orizzonte temporale il cosiddetto *discounted expected value* del consumo di beni, dove il valore atteso è riferito a tassi di interesse stocastici (ciascun consumatore ha una certa ricchezza iniziale e un reddito periodico). Per questi problemi ho affiancato all'analisi teorica un dettagliato studio simulativo.

8.10 Ottimizzazione a squadra

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R53], [R51], [R44], [R30].

I problemi di ottimizzazione a squadra (*team optimization*) sono caratterizzati dalla presenza simultanea di più decisori (*decision maker, DM*), in possesso di informazioni parziali e diversificate dell'ambiente con il quale interagiscono, ma con un obiettivo comune. Tali problemi modellano numerosi contesti di ottimizzazione e trovano svariate applicazioni, tipicamente quando vincoli fisici di varia natura non consentono fra i DM uno scambio dell'informazione "veloce" e privo di errori, impedendo loro di prendere decisioni sulla base di dati condivisi. L'informazione a disposizione di ciascun DM dipende da una variabile aleatoria, il cosiddetto *stato del mondo*. Ho considerato sia il caso in cui l'informazione di ciascun DM non dipende dalle decisioni degli altri DM (*squadra statica*) sia quello in cui tale informazione può essere influenzata da precedenti decisioni prese da altri DM (*squadra dinamica*).

La risoluzione analitica di tali problemi è nota in presenza di particolari strutture informative, che regolino l'acquisizione e lo scambio di informazione tra i DM. In casi più generali occorre risolvere i problemi di ottimizzazione a squadra in via approssimata. Mi sono occupato, in particolare, di ottimizzazione a squadra in reti di telecomunicazioni, in reti di traffico e nella pianificazione di produzione in presenza di decentralizzazione.

Nel campo delle reti di telecomunicazioni, ho affrontato il problema dell'*instradamento (routing) dinamico di pacchetti*. Il modello di squadra dinamica che ho utilizzato prevede che in ciascun nodo della rete sia presente un DM, la cui strategia di instradamento è funzione di variabili locali (ad esempio, la quantità di pacchetti contenuti nel buffer locale) ed eventualmente di informazioni provenienti da nodi adiacenti. I DM devono agire in modo da minimizzare, ad esempio, il ritardo totale dei pacchetti nella rete. Questo problema è un tipico caso di ottimizzazione a squadra per il quale non esiste soluzione analitica. Nel caso in cui i DM possiedano capacità di calcolo, ho analizzato la possibilità di effettuare l'ottimizzazione in modo computazionalmente decentralizzato e di implementare un *adattamento on line* delle strategie dei decisori, al fine di reagire a possibili variazioni nelle statistiche delle variabili stocastiche in gioco.

Nel caso di squadre statiche, ho studiato proprietà di regolarità delle strategie ottime incognite (ad esempio, continuità Lipschitz), sfruttate per ottenere soluzioni subottime e stimarne l'accuratezza. Come applicazione, ho considerato problemi di *pianificazione della produzione in fabbriche con più divisioni*, ciascuna avente in carico la produzione di un tipo di merce. Le divisioni collaborano all'obiettivo di trovare strategie di produzione che massimizzino il ricavo ottenuto dalla vendita delle merci in mercati competitivi, avendo a disposizione informazioni sulle previsioni dei prezzi di vendita (modellati come variabili aleatorie).

Infine, ho preso in esame le semplificazioni che i problemi di ottimizzazione a squadra presentano rispetto al caso generale quando l'interazione tra agenti è limitata ed è modellata attraverso un grafo delle interazioni (i cosiddetti *network team optimization problems*). Un altro problema di ottimizzazione a squadra che ho affrontato è il famoso e tuttora irrisolto *controesempio di Witsenhausen*.

8.11 Stima di inondabilità di bacini fluviali

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R68], [R55], [R52]

Lo sviluppo di classificatori di tipo sia supervisionato sia non-supervisionato per la stima di inondabilità di bacini fluviali rappresenta uno dei contesti applicativi più interessanti su cui ho lavorato nell'ambito dell'apprendimento da dati. In questo contesto, ho proposto una tecnica per identificare aree soggette a rischio di inondazione per esondazione. Partendo da dati ottenuti con rilevamenti in quota e dalle carte di rischio idrogeologico esistenti, tipicamente disponibili solo per aree limitate, ho identificato le relazioni esistenti fra un insieme di feature morfologiche e il rischio d'inondazione e le ho usate per estendere la stima del rischio all'intero bacino idrico in esame. Le feature selezionate e specificate per ogni cella del *Digital Elevation Model* (DEM) sono: distanza dal corso d'acqua più vicino, elevazione rispetto a quest'ultimo, curvatura della superficie, Laplaciano dell'elevazione, area contribuente e pendenza locale (stimata come la massima pendenza fra quelle in otto possibili direzioni di flusso, che connettono la cella in esame con quelle adiacenti). Area contribuente e pendenza locale sono gli ingredienti principali del cosiddetto "indice topografico".

Ho utilizzato tecniche di pattern classification, quali ad esempio support vector machine con vari kernel. Sono stati considerati sia l'addestramento supervisionato sia quello non-supervisionato. L'analisi sperimentale ha dapprima riguardato la discriminazione fra aree a rischio inondazione e aree a rischio marginale. Ho poi utilizzato classificatori multiclasse per stabilire i livelli di rischio, formulando e risolvendo opportuni problemi di ottimizzazione. Ho considerato varie misure prestazionali, quali l'area compresa sotto la curva ROC ("Receiver Operating Characteristic") e le percentuali di falsi positivi e falsi negativi.

La metodologia proposta e gli algoritmi sviluppati sono stati validati per il bacino del Tanaro, un affluente del Po che presenta molte criticità idrogeologiche, confermate dalle inondazioni in tempi recenti. I risultati evidenziano che il classificatore sviluppato identifica il 93% delle aree a rischio inondazione e fornisce risultati estremamente interessanti per quanto riguarda la possibilità di stimare il rischio in aree per le quali non sono disponibili mappe di rischio idrogeologico.

8.12 Human-computer interaction

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R60], [R58].

In quest'ambito di ricerca mi sono occupato dello sviluppo di modelli computazionali e algoritmi per l'analisi della comunicazione mediante segnali non-verbali multimodali, utilizzando metodi e modelli dei grafi e dei giochi matematici.

La Teoria dei Giochi può essere considerata come una generalizzazione della Teoria della Decisione in presenza di due o più decisori. Un *gioco matematico* è una situazione che coinvolge due o più decisori razionali, chiamati *giocatori*, in modo tale che ciascuno cerca di massimizzare il payoff ottenuto come conseguenza delle decisioni degli altri giocatori. I giochi matematici possono essere *cooperativi* o *non-cooperativi*.

Nella mia ricerca in questo campo ho utilizzato modelli e metodi di su giochi cooperativi con utilità trasferibile, o *TU game* (Transferable Utility game). Nei giochi di questo tipo, i giocatori interagiscono fra di loro in modo da formare *coalizioni*, a ciascuna delle quali è attribuita una *utilità*. Vari indici, detti *indici di potere*, consentono di valutare la rilevanza di ciascun giocatore nel contesto di un TU game. In particolare, ho studiato TU game formulati su reti, in cui la struttura di rete modella interazioni a priori fra i giocatori. In questo caso, le coalizioni sono rappresentate dai nodi in sottografi indotti e le funzioni di utilità possono essere definite in modo da tenere in considerazione proprietà di interesse che variano a seconda dell'applicazione, quali, ad esempio, la connessione, i percorsi minimi e proprietà spettrali del grafo. A loro volta, queste proprietà possono essere utilizzate per studiare la centralità dei nodi in contesti che vanno dalle reti sociali alla comunicazione non-verbale, dalle reti di trasporto a problemi di biologia molecolare.

Come studio preliminare ho applicato modelli e metodi di giochi TU definiti su reti, per quantificare mediante il valore Shapley il ruolo rivestito da ciascun membro di un gruppo nello stimare la posizione di un "punto di interesse" osservato. Dal punto di vista teorico, ho proposto una forma specifica per la funzione di utilità del gioco TU, motivata da proprietà desiderate nel contesto applicativo in esame. Nell'analisi sperimentale ho considerato varie configurazioni di un gruppo di individui. Ad esempio: tutti gli individui guardano verso il punto di interesse; uno di essi è rimpiazzato da un individuo artificiale che guarda esattamente il punto di interesse; le direzioni degli sguardi sono aleatorie, ecc.

Sono quindi passato a considerare una situazione più complessa, in cui il contesto di riferimento è quello dello studio di segnali non-verbali di tipo musicale. Un'orchestra di violini è stata scelta come esempio di attività sociale interattiva; si tratta di un "gruppo sociale" con un leader esplicito (il conduttore) e due gruppi di musicisti (i primi violini e i secondi violini). L'analisi ha evidenziato come un sottoinsieme di movimenti possa essere utilizzato per stimare il livello di attenzione di ciascun musicista nei confronti del conduttore e degli altri musicisti, in corrispondenza di esecuzioni dello stesso brano con diverse posizioni reciproche dei due gruppi di violini. I risultati ottenuti rivelano interessanti aspetti sull'emergere della leadership in gruppi di individui che comunicano mediante segnali non verbali (in questo caso, tramite la musica e gli sguardi).

Il passo successivo della mia ricerca in questo campo ha riguardato l'analisi di qualità espressive di movimenti del corpo umano, facendo riferimento alla modalità di comunicazione non verbale rappresentata dalla danza. Lo scheletro umano è stato modellato come grafo, in cui i nodi sono le articolazioni principali e gli archi rappresentano collegamenti fisico o non fisici (questi ultimi agiscono come "ponte" fra parti del corpo, in corrispondenza di certi movimenti di danza). Ho definito un gioco TU sulla base non solo della topologia di questo grafo, ma anche della clusterizzazione dei nodi sulla base di similarità fra un insieme di feature, considerate importanti da esperti di analisi del movimento del corpo umano. Sfruttando gli indici di potere del gioco TU, si è potuto stimare il contributo di ciascun nodo all'esecuzione del movimento e le modalità di propagazione del movimento stesso. L'approccio proposto è stato validato su dati ottenuti mediante Motion Capture da sessioni di danza.

8.13 Ottimizzazione del trasporto pubblico urbano

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R77], [R72].

La mia attività in questo campo rappresenta, insieme alla tematica di cui alla Sezione 8.14, il mio interesse di ricerca più recente, per il quale la mia produzione scientifica è agli inizi.

La connettività rappresenta un aspetto importante di ogni rete di trasporto, il cui obiettivo consiste nel mettere a disposizione di una società di individui la possibilità di spostarsi in modo efficiente da un luogo ad un altro. Un aspetto cruciale è rappresentato dalla capacità di valutare quanto ciascun nodo della rete sia importante. Ad esempio, un nodo può essere importante perché contribuisce a connessioni veloci fra molte coppie sorgente-destinazione, oppure perché gestisce una gran parte del traffico, o perché genera informazioni importanti, oppure ancora perché rappresenta un ponte fra due aree altrimenti non connesse, ecc. Per quantificare l'importanza di un nodo, un approccio possibile consiste nell'utilizzare il concetto di *centralità*. Una limitazione delle misure classiche di centralità consiste nel fatto che esse valutano il ruolo dei nodi sulla base dei loro contributi individuali al funzionamento della rete.

Nella mia ricerca in questo campo, ho introdotto un approccio completamente diverso e innovativo, basato sui giochi cooperativi a utilità trasferibile, o giochi TU, introdotti nella Sezione 8.12. Data una rete di trasporto, ho definito una classe di giochi TU che tengono conto della topologia della rete, dei pesi associati agli archi (che modellano le capacità delle connessioni) e della richiesta dell'utenza, rappresentata mediante matrici origine-destinazione. Ho analizzato le proprietà matematiche di tali giochi, in particolare quelle che consentono di sviluppare algoritmi e metodologie di ottimizzazione computazionalmente efficienti. Ho utilizzato l'indice di potere noto come *valore Shapley* (si veda ancora la Sezione 8.12) dei nodi, per identificare quali di essi ricoprano un ruolo centrale nella rete di trasporto pubblico. Naturalmente, la definizione dei giocatori cambia a seconda di quale sia l'aspetto di interesse nello studio della rete. Quando ci si focalizza, ad es., su terminali di transito, fermate di autobus, ecc., la rete sul quale viene definito il gioco è la rete fisica. Quando, invece, l'interesse prevalente è rivolto, ad es., a tratti di strada, linee di transito, ecc., la rete viene trasformata in modo che i collegamenti fisici siano rappresentati da nodi.

Ho effettuato confronti sperimentali con misure di centralità classiche, evidenziando i vantaggi dell'approccio proposto. Poiché per reti di grandi dimensioni l'onere computazionale associato al calcolo dei valori Shapley dei nodi può essere estremamente oneroso, ho sfruttato tecniche di tipo Monte Carlo per ottenere valori Shapley approssimati, ma sufficientemente accurati.

8.14 Strategie di equilibrio per la limitazione dell'inquinamento

Lavori su riviste internazionali relativi a questa tematica: [R75], [R73].

La mia attività in questo campo rappresenta, insieme alla tematica di cui alla Sezione 8.13, il mio interesse di ricerca più recente, per il quale la mia produzione scientifica è agli inizi.

In questo contesto, ho utilizzato la Teoria dei Giochi di tipo non-cooperativo. Questi ultimi sono costituiti da un insieme di N giocatori in competizione e un insieme di N strategie. Ogni strategia è un insieme di M vettori, che rappresentano le strategie che il giocatore ha a disposizione, cioè l'insieme delle azioni che può compiere. Poiché, in generale, il guadagno di un giocatore dipende non solo dalla sua strategia, ma anche dalle strategie scelte dagli avversari, è dato anche un insieme di N funzioni, ciascuna delle quali esprime il guadagno (*pay-off*) di un giocatore, associato a una data combinazione di strategie per i vari giocatori. Un equilibrio di Nash per un gioco non-cooperativo è una combinazione di strategie informalmente descritta in questo modo: se un gioco ammette un equilibrio di Nash, allora ogni giocatore ha a disposizione una strategia dalla quale non ha alcun interesse ad allontanarsi in maniera unilaterale, cioè qualora tutti gli altri giocatori adottino la strategia presente nella combinazione di strategie in questione.

Nella mia ricerca in questo campo, ho formulato un modello di gioco non-cooperativo a due giocatori, che comprende l'efficienza di assorbimento dell'inquinamento da parte della biosfera, per modellare e analizzare la gestione dell'inquinamento in zone di confine internazionale. Ho studiato e confrontato due tipi di equilibri di Nash: *Open-Loop Nash Equilibrium* (OLNE), che riflette la situazione in cui i responsabili dell'inquinamento si impegnano in base a un piano d'azione predeterminato, e *Markov Perfect Nash Equilibrium* (MPNE), che corrisponde alla situazione in cui essi prendono decisioni contingenti allo stato attuale della biosfera. Il contributo metodologico consiste nel proporre per la value function del problema MPNE una particolare struttura, che consente di trascurare termini del terzo ordine nell'equazione di Hamilton-Jacobi-Bellman, e nel confermare la validità di tale scelta. Dal punto di vista applicativo, i risultati evidenziano vantaggi e svantaggi delle politiche OLNE e MPNE, in termini sia di aspetti economici, sia di costi ambientali per le generazioni future.

9 Pubblicazioni

9.1 Libri internazionali

- [L1] R . Zoppoli, M. Sanguineti, G. Gnecco, T. Parisini, “*Neural Approximations for Optimal Control and Decision*”, **Springer** (Londra), **2019** (il contratto prevede la consegna della versione finale entro il 1° maggio 2019 e la pubblicazione entro l’anno).

9.2 Riviste internazionali

- [R77] Y . Hadas, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Some Properties of Transportation Network Cooperative Games”. *Networks*, accettato.
- [R76] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Classification by Sparse Neural Networks”. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, DOI:10.1109/TNNLS.2018.2888517.
- [R75] F . El Ouardighi, K. Kogan, G. Gnecco, and M. Sanguineti, “Transboundary Pollution Control and Environmental Absorption Efficiency Management”. *Annals of Operations Research*, DOI:10.1007/s10479-018-2927-7.
- [R74] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Neural Approximations in Discounted Infinite-Horizon Stochastic Optimal Control Problems”. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 74, pp. 294-302, 2018.
- [R73] F . El Ouardighi, G. Gnecco, K. Kogan, M. Sanguineti, “Commitment-Based Equilibrium Environmental Strategies Under Time-Dependent Absorption Efficiency”. *Group Decision and Negotiation*, vol. 27, pp. 235-249, 2018.
- [R72] Y . Hadas, G. Gnecco, M. Sanguineti, “An Approach to Transportation Network Analysis Via Transferable Utility Games”. *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 105, pp. 120-143, 2017.
- [R71] L . Boero, M. Cello, G. Gnecco, M. Marchese, F. Patrone, M. Sanguineti, “A Theoretical Analysis of Buffer Occupancy for Intermittently-Connected Networks”. *Performance Evaluation*, vol. 115, pp. 108-131, 2017.
- [R70] G . Gnecco, A. Bemporad, M. Gori, M. Sanguineti, “LQG Online Learning”. *Neural Computation*, vol. 29, pp. 2203-2291, 2017.
- [R69] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Probabilistic Lower Bounds for Approximation by Shallow Perceptron Networks”. *Neural Networks*, vol. 91, pp. 34-41, 2017.
- [R68] G . Gnecco, R. Morisi, G. Roth, M. Sanguineti, A.C. Taramasso, “Supervised and Semi-Supervised Classifiers for the Detection of Flood-Prone Areas”. *Soft Computing*, vol. 21, pp. 3673-3685, 2017.
- [R67] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Neural Approximations of the Solutions to a Class of Stochastic Optimal Control Problems”. *Journal of NeuroTechnology*, vol 1, pp. 1-16, 2016.
- [R66] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Model Complexities of Shallow Networks Representing Highly-Varying Functions”. *Neurocomputing*, vol. 171, pp. 598-604, 2016.
- [R65] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “Learning with Mixed Hard/Soft Pointwise Constraints”. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 26, pp. 2019-2032, 2015.
- [R64] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, “Narrowing the Search for Optimal Call-Admission Policies via a Nonlinear Stochastic Knapsack Model”, *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 164, pp. 819-841, 2015.

- [R63] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “Foundations of Support Constraint Machines”. *Neural Computation*, vol. 27, pp. 388-480, 2015.
- [R62] M . Gaggero, G. Gnecco, M. Sanguineti “Approximate Dynamic Programming for Stochastic N -Stage Optimization with Application to Optimal Consumption Under Uncertainty”. *Computational Optimization and Applications*, vol. 58, pp. 31-85, 2014.
- [R61] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, “Evaluation of the Average Packet Delivery Delay in Highly-Disrupted Networks: The DTN and IP-like Protocol Cases”, *IEEE Communications Letters*, vol. 18, pp. 519-522, 2014.
- [R60] G . Gnecco, D. Glowinski, A. Camurri, M. Sanguineti, “On the Detection of the Level of Attention in an Orchestra Through Head Movements”. *International Journal of Arts and Technology*, vol. 7, pp. 316-338, 2014.
- [R59] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “A Theoretical Framework for Supervised Learning from Regions”. *Neurocomputing*, vol. 129, pp. 25-32, 2014.
- [R58] A . Camurri, F. Dardard, S. Ghisio, D. Glowinski, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Exploiting the Shapley Value in the Estimation of the Position of a Point of Interest for a Group of Individuals”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 108, pp. 249-259, 2014.
- [R57] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, “Optimality Conditions for Coordinate-Convex Policies in CAC with Nonlinear Feasibility Boundaries”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 21, pp. 1363-1377, 2013.
- [R56] M . Gaggero, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Dynamic Programming and Value-Function Approximation in Sequential Decision Problems: Error Analysis and Numerical Results”. *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 156, pp. 380-416, 2013.
- [R55] M . Degiorgis, G. Gnecco, S. Gorni, G. Roth, M. Sanguineti, A.C. Taramasso, “Flood Hazard Assessment via Threshold Binary Classifiers: Case Study of the Tanaro Basin”, *Irrigation and Drainage*, vol. 62, pp. 1-10, 2013.
- [R54] G . Gnecco, M. Gori, M. Sanguineti, “Learning with Boundary Conditions”, *Neural Computation*, vol. 25, pp. 1029-1106, 2012.
- [R53] G . Gnecco, M. Sanguineti, “New Insights into Witsenhausen’s Counterexample”, *Optimization Letters*, vol. 6, pp. 1425-1446, 2012.
- [R52] M . Degiorgis, G. Gnecco, S. Gorni, G. Roth, M. Sanguineti, A.C. Taramasso, “Classifiers for the Detection of Flood Prone Areas Using Remote Sensed Elevation Data”, *Journal of Hydrology*, vol. 470-471, pp. 302-315, 2012.
- [R51] G . Gnecco, M. Sanguineti, M. Gaggero, “Suboptimal Solutions to Team Optimization Problems with Stochastic Information Structure”. *SIAM Journal on Optimization*, vol. 22, pp. 212-243, 2012.
- [R50] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, “A Model of Buffer Occupancy for ICNs”, *IEEE Communications Letters*, vol. 16, pp. 862-865, 2012.
- [R49] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Dependence of Computational Models on Input Dimension: Tractability of Approximation and Optimization Tasks”. *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 58, pp. 1203-1214, 2012.
- [R48] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Accuracy of Approximations of Solutions to Fredholm Equations by Kernel Methods”, *Applied Mathematics and Computation*, vol. 218. pp. 7481-7497, 2012.
- [R47] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Can Dictionary-Based Computational Models Outperform the Best Linear Ones?”, *Neural Networks*, vol. 24, pp. 881-887, 2011.

- [R46] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, and M. Sanguineti, “CAC with Nonlinearly-Constrained Feasibility Regions”, *IEEE Communications Letters*, vol. 15, pp. 467-469, 2011.
- [R45] G . Gnecco, M. Sanguineti, “On a Variational Norm Tailored to Variable-Basis Approximation Schemes”, *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 57, pp. 549-558, 2011.
- [R44] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Team Optimization Problems with Lipschitz Continuous Strategies”, *Optimization Letters*, vol. 5, pp. 333-346, 2011.
- [R43] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Some Comparisons of Complexity in Dictionary-Based and Linear Computational Models”, *Neural Networks*, vol. 24, pp. 171-182, 2011.
- [R42] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Suboptimal Solutions to Dynamic Optimization Problems via Approximations of the Policy Functions”, *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 146, pp. 764-794, 2010.
- [R41] A . Alessandri, C. Cervellera, D. Macciò, M. Sanguineti, “Optimization Based on Quasi-Monte Carlo Sampling to Design State Estimators for Nonlinear Systems”. *Optimization*, vol. 59, pp. 963-984, 2010.
- [R40] G . Gnecco, M. Sanguineti, “On Spectral Windows in Supervised Learning From Data”, *Information Processing Letters*, vol. 110, pp. 1031-1036, 2010.
- [R39] A . Alessandri, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Minimizing Sequences for a Family of Functional Optimal Estimation Problems”, *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 147, pp. 243-262, 2010.
- [R38] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Information Complexity of Infinite-Dimensional Optimization Problems and their Approximation Schemes”. *Mathematics in Engineering, Science and Aerospace*, vol. 1, pp. 303-317, 2010.
- [R37] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Editorial for the Special Issue: Mathematical Problems in Engineering, Aerospace, and Sciences”. *Applied Mathematical Sciences*, vol. 4, n. 73, pp. 3621-3624, 2010.
- [R36] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Error Bounds for Suboptimal Solutions to Kernel Principal Component Analysis”, *Optimization Letters*, vol. 4, pp. 197-210, 2010.
- [R35] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Regularization Techniques and Suboptimal Solutions to Optimization Problems in Learning from Data”, *Neural Computation*, vol. 22, pp. 793-829, 2010.
- [R34] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Estimates of Variation with Respect to a Set and Applications to Optimization Problems”, *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 145, pp. 53-75, 2010.
- [R33] E . Messina, M. Sanguineti, “Editorial for the Special Issue: Operations Research and Data Mining in Biological Systems”. *Computers and Operations Research*, vol. 37, pp. 1359-1360, 2010.
- [R32] M . Baglietto, C. Cervellera, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Management of Water Resources Systems in the Presence of Uncertainties by Nonlinear Approximators and Deterministic Sampling Techniques”, *Computational Optimization and Applications*, vol. 47, pp. 349-376, 2010.
- [R31] S . Giulini, M. Sanguineti, “Approximation Schemes for Functional Optimization Problems”. *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 140, pp. 33-54, 2009.
- [R30] M . Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “The Extended Ritz Method for Functional Optimization: Overview and Applications to Single-Person and Team Optimal Decision Problems”. *Optimization Methods and Software*, vol. 24, pp. 15-43, 2009.
- [R29] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Complexity of Gaussian Radial-Basis Networks Approximating Smooth Functions”. *Journal of Complexity*, vol. 25, pp. 63-74, 2009.
- [R28] G . Gnecco, M. Sanguineti, “The Weight-Decay Technique in Learning from Data: An Optimization Point of View”, *Computational Management Science*, vol. 6, pp. 53-79, 2009.

- [R27] E . Kundakcioglu, M. Sanguineti, T. Trafalis, “Editorial for the Special Issue: Optimization in Learning from Data”. *Computational Management Science*, vol. 6, pp. 1-3, 2009.
- [R26] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, “Optimization of Connectionistic Models with Exponentially Bounded Error”, *International Journal of Computational Intelligence in Control*, vol. 1, pp. 113-122, 2009.
- [R25] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Accuracy of Suboptimal Solutions to Kernel Principal Component Analysis”. *Computational Optimization and Applications*, vol. 42, pp. 265-287, 2009.
- [R24] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Geometric Upper Bounds on Rates of Variable-Basis Approximation”. *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 54, pp. 5681-5688, 2008.
- [R23] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Approximate Minimization of the Regularized Expected Error Over Kernel Models”. *Mathematics of Operations Research*, vol. 33, pp. 747-756, 2008.
- [R22] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Approximation Error Bounds via Rademacher Complexity”, *Applied Mathematical Sciences*, vol. 2, pp. 153-176, 2008.
- [R21] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Value and Policy Function Approximations in Infinite-Horizon Optimization Problems”, *Journal of Dynamical Systems and Geometric Theories*, vol. 6, pp. 123-147, 2008.
- [R20] M . Sanguineti, “Universal Approximation by Ridge Computational Models: A Survey”. *The Open Applied Mathematics Journal*, vol. 2, pp. 31-58, 2008.
- [R19] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Estimates of the Approximation Error via Rademacher Complexity: Learning Vector-Valued Functions”. *Journal of Inequalities and Applications*, vol. 2008, article ID 640758, 16 pages, 2008.
- [R18] A . Alessandri, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Computationally Efficient Approximation Schemes for Functional Optimization”, *International Journal of Computer Research*, vol. 17, pp. 153-189, 2008.
- [R17] A . Alessandri, M. Sanguineti, “Input-Output Stability for Optimal Estimation Problems”, *International Mathematical Forum*, vol. 2, pp. 593-617, 2007.
- [R16] A . Alessandri, M. Sanguineti, “Connections Between L_p Stability and Asymptotic Stability of Nonlinear Switched Systems”. *Nonlinear Analysis: Hybrid Systems*, vol. 1, pp. 501-509, 2007.
- [R15] A . Alessandri, C. Cervellera, M. Sanguineti, “Design of Asymptotic Estimators: An Approach Based on Neural Networks and Nonlinear Programming”. *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 18, pp. 86-96, 2007.
- [R14] A . Alessandri, C. Cervellera, M. Sanguineti, “Functional Optimal Estimation Problems and Their Approximate Solution”. *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 134, pp. 445-466, 2007.
- [R13] V . Kůrková, M. Sanguineti “Estimates of Covering Numbers of Convex Sets with Slowly Decaying Orthogonal Subsets”. *Discrete Applied Mathematics*, vol. 155, pp. 1930-1942, 2007.
- [R12] A . Alessandri, M. Cuneo, S. Pagnan, M. Sanguineti, “A Recursive Algorithm for Nonlinear Least-Squares Problems”. *Computational Optimization and Applications*, vol. 38, pp. 195-216, 2007.
- [R11] A . Alessandri, M. Sanguineti, “Optimization of Approximating Networks for Optimal Fault Diagnosis”. *Optimization Methods and Software*, vol. 20, pp. 241-266, 2005.
- [R10] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Error Estimates for Approximate Optimization by the Extended Ritz Method”. *SIAM Journal on Optimization*, vol. 15, pp. 461-487, 2005.
- [R9] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Learning with Generalization Capability by Kernel Methods of Bounded Complexity”. *Journal of Complexity*, vol. 21, pp. 350-367, 2005.

- [R8] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Rates of Approximate Minimization of Error Functionals over Boolean Variable-Basis Functions”. *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, vol. 4, pp. 355-368, 2005.
- [R7] K . Hlaváčková-Schindler, M. Sanguineti, “Bounds on the Complexity of Neural-Network Models and Comparison with Linear Methods”. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, vol. 17, pp. 179-194, 2003.
- [R6] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Minimization of Error Functionals Over Variable-Basis Functions”. *SIAM Journal on Optimization*, vol. 14, pp. 732-742, 2003.
- [R5] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Comparison of Worst-Case Errors in Linear and Neural-Network Approximation”. *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 48, pp. 264-275, 2002.
- [R4] R . Zoppoli, M. Sanguineti, T. Parisini, “Approximating Networks and Extended Ritz Method for the Solution of Functional Optimization Problems”. *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 112, pp. 403-440, 2002.
- [R3] A . Alessandri, M. Sanguineti, M. Maggiore, “Optimization-Based Learning with Bounded Error for Feedforward Neural Networks”. *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 13, pp. 261-273, 2002.
- [R2] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Bounds on Rates of Variable-Basis and Neural-Network Approximation”. *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 47, pp. 2659-2665, 2001.
- [R1] T . Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Nonlinear Stabilization by Receding-Horizon Neural Regulators”. *International Journal of Control*, vol. 70, pp. 341-362, 1998.

9.3 Capitoli di libri e contributi in collane scientifiche

- [CL20] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “Learning as Constraint Reactions”, *Artificial Neural Networks: Methods and Applications*. P. Koprinkova-Hristova, V. Mladenov, and N. Kasabov, Eds. Springer Series in Bio/Neuroinformatics. Springer, pp. 245-270, 2015.
- [CL19] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Complexity of Shallow Networks Representing Functions with Large Variations”. *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC45]), vol. 8681, pp. 331-338. Springer, Switzerland, 2014.
- [CL18] M . Gaggero, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Suboptimal Policies for Stochastic N -Stage Optimization Problems: Accuracy Analysis and a Case Study from Optimal Consumption”, *Models and Methods in Economics and Management*, F. El Ouardighi and K. Kogan, Eds. International Series in Operations Research and Management Science, vol. 198. Springer, 2014, pp. 27-50.
- [CL17] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “Learning with Hard Constraints”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC41]), vol. 8131, pp. 146-153, Springer, 2013.
- [CL16] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Can Two Hidden Layers Make a Difference?”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC42]), vol. 7824, pp. 30-39. Springer, Berlin Heidelberg, 2013.
- [CL15] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Approximating Multivariable Functions by Feedforward Neural Nets”, in *Handbook of Neural Information Processing*, M. Bianchini, M. Maggini, F. Scarselli, and L. Jain, Eds. Springer, Berlin Heidelberg 2013, Chapter 5, pp. 143-181.
- [CL14] G . Gnecco, L. Badino, A. Camurri, A. D’Ausilio, L. Fadiga, M. Sanguineti, G. Varni, G. Volpe, “Towards Automated Analysis of Joint Music Performance in the Orchestra”, *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering*, vol. 116, G. De Michelis et Al., Eds., pp. 120-127 (Proc. di [AC43]), Springer, Berlin Heidelberg, 2013.

- [CL13] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Bounds for Approximate Solutions of Fredholm Integral Equations using Kernel Networks”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC39]), vol. 6791, pp. 126–133. Springer, Heidelberg, 2011.
- [CL12] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Some Comparisons of Model Complexity in Linear and Neural-Network Approximation”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC35]), vol. 6354, pp. 358-367. Springer, Berlin Heidelberg, 2010.
- [CL11] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Smooth Optimal Decision Strategies for Static Team Optimization Problems and their Approximations”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC36]), vol. 5901, pp. 440-451. Springer, Berlin Heidelberg, 2010.
- [CL10] A . Alessandri, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Computationally Efficient Approximation Schemes for Functional Optimization”. In *Computational Optimization: New Research Developments*, R. F. Linton and T. B. Carroll Jr., Eds. Nova Science Publishers, pp. 169-205, 2010.
- [CL9] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “On Tractability of Neural-Network Approximation”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC33]), vol. 5495, pp. 11-21. Springer, Berlin Heidelberg, 2009.
- [CL8] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Regularization and Suboptimal Solutions in Learning from Data”. In *Innovations in Neural Information Paradigms and Applications* (Series “Studies in Computational Intelligence”, vol. 247/2009), M. Bianchini, M. Maggini, F. Scarselli, Eds., pp. 113-154 Springer, 2009.
- [CL7] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, “An Algorithm for Nonlinear Least-Squares: Exponential Boundedness and Numerical Results”. In *Mathematical Problems in Engineering and Aerospace Sciences*, S. Sivasundaram, Ed., pp. 319-329 (Chapter 22). Cambridge Scientific Publishers, Cambridge, UK, 2009.
- [CL6] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Geometric Rates of Approximation by Neural Networks”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC30]), vol. 4910, pp. 541-550. Springer, Berlin Heidelberg, 2008.
- [CL5] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Estimates of Approximation Rates by Gaussian Radial-Basis Functions”, *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC29]), vol. 4432, pp. 11-18. Springer, Berlin Heidelberg, 2007.
- [CL4] M . Baglietto, C. Cervellera, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Water Reservoirs Management Under Uncertainty by Approximating Networks and Learning from Data”. Chapter 6 in *Topics on System Analysis and Integrated Water Resource Management* (A. Castelletti and R. Soncini-Sessa, Eds.), pp. 117-139. Elsevier, 2006.
- [CL3] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “Le Reti Neurali e le Altre Reti Approssimanti nei Problemi di Ottimizzazione Funzionale”. In *Modelli e Algoritmi per l’Ottimizzazione di Sistemi Complessi - Atti della Scuola CIRO 2002* (A. Agnetis and G. Di Pillo, Eds.), pp. 335-392. Pitagora Editrice, 2004.
- [CL2] M . Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “The Extended Ritz Method in Stochastic Functional Optimization: An Example of Dynamic Routing in Traffic Networks”. In *High Performance Algorithms and Software for Nonlinear Optimization* (G. Di Pillo e A. Murli, Eds.), pp. 23-56. Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [CL1] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Tight Bounds on Rates of Neural-Network Approximation”. *Lecture Notes in Computer Science* (Proc. di [AC16]), vol. 2130, pp. 277-282. Springer, 2001.

9.4 Recensioni di libri

- [RL5] M . Sanguineti, “Review of ‘Support vector machines. Optimization based theory, algorithms, and extensions.’ - by Naiyang Deng, Yingjie Tian, and Chunhua Zhang, Chapman & Hall/CRC Boca Raton, FL, 2013”, *Mathematical Reviews*, 2014.
- [RL4] M . Sanguineti, “Review of ‘Greedy approximation’ - by Vladimir Temlyakov, Cambridge University Press, Cambridge, 2011”, *Mathematical Reviews*, 2012.
- [RL3] M . Sanguineti, “Review of ‘Evolutionary Statistical Procedures. An Evolutionary Computation Approach to Statistical Procedures Designs and Applications’ - by R. Baragona, F. Battaglia, and I. Poli, Springer, Heidelberg, 2011”, *Mathematical Reviews*, 2011.
- [RL2] M . Sanguineti, “Review of ‘Learning theory: An approximation theory viewpoint’ - by F. Cucker and D.-X. Zhou, Cambridge University Press, 2007”, *Mathematical Reviews*, 2008.
- [RL1] M . Sanguineti, “Review of ‘Dynamic networks and evolutionary variational inequalities. New Dimensions in Networks’- by P. Daniele, Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 2006”, *Mathematical Reviews*, 2008.

9.5 Recensioni di articoli

M. Sanguineti, *Mathematical Reviews* MR2062913, MR2114380, MR2125823, MR2132029, MR2142499, MR2132029, MR2147059, MR2168882, MR2179289, MR2187418, MR2187881, MR2190676, MR2198503, MR2214065, MR2216500, MR2221152, MR2234924, MR2228737, MR2251577, MR2255915, MR2263006, MR2266608, MR2267329, MR2299424, MR2312313, MR2317190, MR2325760, MR2326506, MR2318715, MR2317808, MR2349428, MR2344664, MR2357573, MR2371992, MR2385835, MR2397161, MR2401192, MR2422203, MR2428976, MR2424165, MR2416789, MR2433285, MR2415826, MR2434101, MR2462570, MR2426053, MR2460286, MR2503313, MR2510835, MR2527756, MR2532464, MR2547230, MR2577685, MR2534877, MR2554374, MR2558684, MR2579912, MR2594755, MR2600635, MR2677883, MR2740624, MR2724176, MR2672481, MR2727771, MR2747641, MR2818564, MR2825312, MR2922000, MR2947555, MR2933662, MR2979626, MR2956341, MR3020275, MR3042920, MR2909333, MR3039681, MR3085292, MR3254506, MR3273290, MR3339014, MR3352615, MR3360490.

9.6 Tutorial su invito

- [TI2] M . Sanguineti, “Functional Optimization for Operations Research: A Guided Tour PART 1: Motivations and Methodology.”, *6th AIRO Winter Conf.*, Cortina d’Ampezzo, Italy, 7-12 February 2011.
- [TI1] M . Sanguineti, “Functional Optimization for Operations Research: A Guided Tour PART 2: Case Studies”, *6th AIRO Winter Conf.*, Cortina d’Ampezzo, Italy, 7-12 February 2011.

9.7 Conferenze internazionali, con presentazione su invito

- [PCI8] G . Gnecco, Y. Hadas, M. Sanguineti, “On a Family of Transportation Network Cooperative Games”, *29th European Conference on Operational Research (EURO)*, Roma, 8-11 Luglio 2018.
- [ACI7] G . Gnecco, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximation Structures with Moderate Complexity in Functional Optimization and Dynamic Programming”, *51th Conf. on Decision and Control (CDC)*, pp. 1902-1908, 2012.

- [ACI6] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, “An Algorithm for Nonlinear Least-Squares: Exponential Boundedness and Numerical Results”, *6th Int. Conf. on Non-Linear Problems in Aviation and Aerospace (ICNPAA)*, Budapest, Hungary, 2006.
- [ACI5] M . Sanguineti, “Complexity and Regularization Issues in Kernel Methods”, *Invited Symposium ”Learning Theory & Kernel Methods”, 16th Int. Symp. on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS)*, 2004.
- [ACI4] R . Zoppoli, M. Sanguineti, T. Parisini, “Can We Cope with the Curse of Dimensionality in Optimal Control by Using Neural Approximators?”. *40th Conf. on Decision and Control (CDC)*, pp. 3540-3545, 2001.
- [ACI3] M. Baglietto, C. Cervellera, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Neural Approximators, Dynamic Programming and Stochastic Approximation”. *19th American Control Conf. (ACC), Sessione a Invito “Approximating Networks, Dynamic Programming, and Stochastic Approximation”*, pp. 3304-3308, 2000.
- [ACI2] R. Zoppoli, M. Sanguineti, T. Parisini, “Approximating Networks for Functional Optimization Problems”. *3rd Int. Conf. on Non-Linear Problems in Aviation and Aerospace (ICNPAA)*, pp. 769-778, European Conference Publications, Cambridge, UK, 2002.
- [ACI1] V. Kůrková, M. Sanguineti, “Dimension-Independent Approximation by Neural Networks: How Can we Cope With the Curse of Dimensionality?”. *3rd Int. Conf. on Non-Linear Problems in Aviation and Aerospace (ICNPAA)*, pp. 355-364, European Conference Publications, Cambridge, UK, 2002.

9.8 Workshop internazionali, con presentazione su invito

- [WII1] M . Degiorgis, G. Gnecco, S. Gorni, G. Roth, M. Sanguineti, A.C. Taramasso, “Classifiers for the Detection of Flood Prone Areas from Remote Sensed Elevation Data”, *5th CNR-Princeton Workshop on Next Frontiers in Hydrology*, Miami, Florida, 2012.

9.9 Conferenze internazionali, con processo di revisione del “full paper”

- [AC53] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Probabilistic Bounds for Binary Classification of Large Data Sets”. *Proc. INNS Big Data and Deep Learning Conf.*, Sestri Levante, Genova, 16-18 aprile 2019, accettato.
- [AC52] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Probabilistic Bounds on Complexity of Networks Computing Binary Classification Tasks”. *Proc. 18th Conference Information Technologies - Applications and Theory (CEUR Workshop Proceedings, vol. 2203)*, pp. 86-91, 2018.
- [AC51] Y . Hadas, G. Gnecco, M. Sanguineti, “Public Transport Transfers Assessment Via Transferable-Utility Games and Shapley-Value Approximation”. *97th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, 2018.
- [AC50] A . Camurri, G. Gnecco, K. Kolykhalova, M. Sanguineti, G. Volpe, ”Graph-Restricted Game Approach for Investigating Human Movement Qualities”. *4th Int. Conf. on Movement Computing (MOCO)*, 2017. DOI: 10.1145/3077981.3078030.
- [AC49] Y . Hadas, M. Sanguineti, “An Approach to Transportation Network Analysis Via Transferable-Utility Games”. *96th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, 2017.
- [AC48] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “Learning with Hard Constraints as a Limit Case of Learning with Soft Constraints”. *24th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence, and Machine Learning (ESANN)*, pp. 35-40, 2016.

- [AC47] K . Kolykhalova, A. Camurri, G. Volpe, M. Sanguineti, E. Puppo, R. Niewiadomski, "A Multimodal Dataset for the Analysis of Movement Qualities in Karate Martial Art". *Proc. 7th Int. Conf. on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment (INTETAIN)*, pp. 74-78, 2015.
- [AC46] G . Gnecco, A. Bemporad, M. Gori, R. Morisi, M. Sanguineti, "Online Learning as an LQG Optimal Control Problem with Random Matrices". *Proc. 14th European Control Conf. (ECC)*, pp. 2487-2494, 2015.
- [AC45] V . Kůrková, M. Sanguineti, "Complexity of Shallow Networks Representing Functions with Large Variations". *Proc. 24rd Int. Conf. on Artificial Neural Networks (ICANN)*, 2014 (pubblicato come [CL19]).
- [AC44] D . Punta, G. Puri, F. Tollini, G. Gnecco, M. Sanguineti, A. Camurri, "Evaluation of Individual Contributions in a Group Estimate of the Position of a Moving Point of Common Interest". *Proc. 6th Int. Conf. of Students of Systematic Musicology (SysMus)*, 2013, pp. 23-32.
- [AC43] G . Gnecco, L. Badino, A. Camurri, A. D'Ausilio, L. Fadiga, D. Glowinski, M. Sanguineti, G. Varni, G. Volpe "Towards Automated Analysis of Joint Music Performance in the Orchestra", *3rd Int. Conf. on Arts and Technology (ArtsIT 2013)*, Milano, 21-23 marzo 2013 (pubblicato come [CL14]).
- [AC42] V . Kůrková, M. Sanguineti, "Can Two Hidden Layers Make a Difference?". *Proc. Int. Conf. on Adaptive and Natural Computing Algorithms (ICANNGA)*, 2013 (pubblicato come [CL16]).
- [AC41] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, "Learning with Hard Constraints", *23rd Int. Conf. on Artificial Neural Networks (ICANN)*, 2013 (pubblicato come [CL17]).
- [AC40] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, "An Application to Two-Hop Forwarding of a Model of Buffer Occupancy in ICNs", *Proc. 7th IEEE Int. Conf. on System of Systems Engineering (SOSE)*, 2012.
- [AC39] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, "Bounds for Approximate Solutions of Fredholm Integral Equations using Kernel Networks", *Proc. 21st Int. Conf. on Artificial Neural Networks (ICANN)*, 2011 (pubblicato come [CL13]).
- [AC38] M . Marchese, M. Cello, G. Gnecco, M. Sanguineti, "Structural Properties of Optimal Coordinate-Convex Policies for CAC with Nonlinearly-Constrained Feasibility Regions", *Proc. IEEE Int. Mini-Conf. on Computer Communications (INFOCOM)*, pp. 466-470, 2011.
- [AC37] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, and M. Sanguineti, "A Generalized Stochastic Knapsack Problem with Application in Call Admission Control", *Proc. 10th Cologne-Twente Workshop (CTW)*, pp. 105-108, 2011.
- [AC36] G . Gnecco, M. Sanguineti, "Smooth Optimal Decision Strategies for Static Team Optimization Problems and their Approximations", *Proc. 36th Int. Conf. on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM)*, 2010 (pubblicato come [CL12]).
- [AC35] G . Gnecco, V. Kůrková, M. Sanguineti, "Some Comparisons of Model Complexity in Linear and Neural-Network Approximation", *Proc. 20th Int. Conf. on Artificial Neural Networks (ICANN)*, 2010 (pubblicato come [CL12]).
- [AC34] G . Gnecco, M. Sanguineti, "Estimates on Weight-Decay Regularization by Variable-Basis Schemes". *Proc. 9th Int. Conf. on Applied Computer Science (ACS)*, 2009.
- [AC33] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, "On Tractability of Neural-Network Approximation". *Proc. Int. Conf. on Adaptive and Natural Computing Algorithms*, 2009 (pubblicato come [CL9]).
- [AC32] G . Gnecco, M. Sanguineti, "Suboptimal Solutions to Network Team Optimization Problems". *CD-Proc. Int. Network Optimization Conf. (INOC)*, 2009.

- [AC31] G . Gnecco, M. Sanguineti. “Lipschitz Continuity of the Solutions to Team Optimization Problems Revisited”. *Proc. Int. Conf. on Mathematical Science and Engineering (ICMSE)*, 2009.
- [AC30] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Geometric Rates of Approximation by Neural Networks”. *Proc. 34th Int. Conf. on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM)*, 2008 (pubblicato come [CL6]).
- [AC29] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Estimates of Approximation Rates by Gaussian Radial-Basis Functions”. *Proc. Int. Conf. on Adaptive and Natural Computing Algorithms (ICANNGA)*, 2007 (pubblicato come [CL5]).
- [AC28] A . Alessandri, C. Cervellera, D. Macció, M. Sanguineti, “Design of Parametrized State Observers and Controllers for a Class of Nonlinear Continuous-Time Systems ”. *Proc. 45th IEEE Conf. on Decision and Control (CDC)*, pp. 5388-5393, 2006.
- [AC27] A . Alessandri, C. Cervellera, F. A. Grassia, M. Sanguineti, “On Optimal Estimation Problems for Nonlinear Systems and Their Approximate Solution,” *Proc. 16th IFAC World Congress*, 2005.
- [AC26] A . Alessandri, C. Cervellera, F. A. Grassia, M. Sanguineti, “An Approximate Solution to Optimal L_p State Estimation Problems,” *Proc. American Control Conf. (ACC)*, pp. 4204-4209, 2005.
- [AC25] M . Baglietto, C. Cervellera, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Water Reservoirs Management in the Presence of Uncertainties: The Extended Ritz Method Versus Dynamic Programming”. *Proc. Int. Conf. on Reservoir Operation and River Management (ICROM)*, 2005.
- [AC24] A . Alessandri, C. Cervellera, A. F. Grassia, M. Sanguineti, “Design of Observers for Continuous-Time Nonlinear Systems Using Neural Networks”. *Proc. American Control Conf.*, pp. 2433-2438, 2004.
- [AC23] V . Kůrková M. Sanguineti, “Neural Network Learning as Approximate Optimization”. *Proc. Int. Conf. on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms (ICANNGA)*, pp. 53-57, 2003.
- [AC22] A . Alessandri, G. Cirimele, M. Cuneo, S. Pagnan, M. Sanguineti, “EKF Learning for Feedforward Neural Networks”. *CD-Proc. European Control Conf. (ECC)*, 2003.
- [AC21] V . Kůrková M. Sanguineti, “Learning From Data by Neural Networks with Limited Complexity”. *Proc. 1st IAPR-TC3 Workshop “Artificial Neural Networks in Pattern Recognition”*, pp. 146-151, 2003.
- [AC20] A . Alessandri, M. Cuneo, S. Pagnan, M. Sanguineti, “On the Convergence of EKF-Based Parameters Optimization for Neural Networks”. *Proc. 42nd IEEE Conf. on Decision and Control*, pp. 6181-6186, 2003.
- [AC19] A . Alessandri, M. Sanguineti, M. Maggiore “Batch-Mode Identification of Black-Box Models Using Feedforward Neural Networks”. *Proc. American Control Conf. (ACC)*, pp. 406-411, 2002.
- [AC18] A . Alessandri, M. Sanguineti, M. Maggiore, “Optimized Feedforward Neural Networks for On-Line Identification of Nonlinear Models”. *Proc. 41st IEEE Conf. on Decision and Control (CDC)*, pp. 1751-1756, 2002.
- [AC17] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Tightness of Upper Bounds on Rates of Neural-Network Approximation”. *Proc. 5th Int. Conf. on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms (ICANNGA)*, pp. 35-38, 2001.
- [AC16] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Tight Bounds on Rates of Neural-Network Approximation”, *Proc. Int. Conf. on Artificial Neural Networks (ICANN)*, 2001 (pubblicato come [CL1]).
- [AC15] A . Alessandri, M. Sanguineti, “ \mathcal{L}_p -Stable and Asymptotic Estimators for Nonlinear Dynamic Systems”. *Proc. 20th American Control Conf. (ACC)*, pp. 1991-1996, 2001.

- [AC14] A . Alessandri, M. Sanguineti, “Approximate Solution of Optimal Estimation Problems in \mathcal{L}_p Spaces”. *Proc. 5th IFAC Symp. on Nonlinear Control Systems*, pp. 866-871, 2001.
- [AC13] A . Alessandri, M. Sanguineti, “Stable Approximate Estimators for a Class of Nonlinear Systems”. *Proc. 1st IFAC Symp. on System Structure and Control*, 2001.
- [AC12] M . Baglietto, C. Cervellera, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximating Networks for the Solution of T -Stage Stochastic Optimal Control Problems”. *Proc. IFAC Workshop on Adaptation and Learning in Control and Signal Processing*, pp. 107-114, 2001.
- [AC11] A . Alessandri, M. Sanguineti, “ W -Stable Estimators for Nonlinear Systems”. *Proc. European Control Conf. (ECC)*, pp. 330-335, 2001.
- [AC10] A . Alessandri, M. Sanguineti “On the Convergence of Estimators for a Class of Nonlinear Systems”. *Proc. 40th Conf. on Decision and Control (CDC)*, pp. 3372-3377, 2001.
- [AC9] V. Kůrková, M. Sanguineti, “Some Comparisons of the Worst-Case Error in Linear and Neural-Network Approximation”. *Proc. 14th Int. Symp. on Mathematical Theory of Networks and Systems (MTNS)*, 2000.
- [AC8] S . Giulini, M. Sanguineti, “On Dimension-Independent Approximation by Neural Networks and Linear Approximators”. In *Proc. Neural Computing: New Challenges and Perspectives for the New Millenium (IEEE-INNS-ENNS Int. Joint Conf. on Neural Networks - IJCNN 2000), Sessione Speciale “Neural Networks and Geometry”*, pp. I283- I288. Los Alamitos, IEEE, 2000.
- [AC7] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Comparison of Linear and Neural-Network Approximation”. In *Proc. Neural Computing: New Challenges and Perspectives for the New Millenium (IEEE-INNS-ENNS Int. Joint Conf. on Neural Networks - IJCNN 2000), Sessione Speciale “Neural Networks and Geometry”*, pp. I277- I282. Los Alamitos, IEEE, 2000.
- [AC6] A . Alessandri, M. Sanguineti, “On Estimators for Nonlinear Dynamic Systems in \mathcal{L}_p Spaces”. *Proc. 39th Conf. on Decision and Control (CDC)*, pp. 298-303, 2000.
- [AC5] M. Sanguineti, K. Hlaváčková, “Some Comparisons Between Linear Approximation and Approximation by Neural Networks”. *Proc. 4th Int. Conf. on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms (ICANNGA)*, pp. 172-177, 1999.
- [AC4] A. Alessandri, M. Maggiore, M. Sanguineti, “Training Feedforward Neural Networks Through a Parameter–Estimation–Based Algorithm”. *Proc. Conf. on Neural Networks & Their Applications (NEURAP)*, pp. 225-228, 1998.
- [AC3] A. Alessandri, M. Maggiore, M. Sanguineti, “Parameter–Estimation–Based Learning for Feedforward Neural Networks: Convergence and Robustness Analysis”. *Proc. 6th European Symp. on Artificial Neural Networks (ESANN)*, pp. 285-290, 1998.
- [AC2] K. Hlaváčková, M. Sanguineti, “On the Rates of Linear and Nonlinear Approximations”. *Proc. 3rd IEEE European Workshop on Computer-Intensive Methods in Control and Signal Processing (CMP)*, pp. 211-216, 1998.
- [AC1] A. Alessandri, L. Piccardo, M. Sanguineti, G. S. Villa, “Comparison Between Multilayer Feedforward Nets and Radial Basis Functions to Solve Approximate Nonlinear Estimation Problems”. *Proc. Int. Symp. on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA)*, pp. 105-108, 1998.
- [AC0] K. Hlaváčková, M. Sanguineti, “Algorithm of Incremental Approximation Using Variation of a Function With Respect to a Subset”. *Proc. Int. ICSC/IFAC Symp. on Neural Computation (NC)*, pp. 896-899, 1998.

9.10 Altre presentazioni a conferenze internazionali

- [PCI22] G . Gnecco, Y. Hadas, M. Sanguineti, "Transferable Utility Games for the Assessment of Public Transportation Transfers". *Int. Conf. on Optimization and Decision Science (ODS) - 48th AIRO Conf.*, Taormina, 10-13 settembre, 2018.
- [PCI21] G . Gnecco, Y. Hadas, M. Sanguineti, "A Game-Theoretic Approach to Transportation Network Analysis". *Int. Conf. on Optimization and Decision Science (ODS) - 47th AIRO Conf.*, Sorrento, 4-7 settembre, 2017.
- [PCI20] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, "A Machine-Learning Paradigm that Includes Pointwise Constraints", *20th Conf. of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS)* Barcelona, 13-18 Luglio 2014.
- [PCI19] M . Sanguineti, M. Cello, G. Gnecco, M. Marchese, "Forwarding Strategies for Congestion Control in Intermittently Connected Networks", *20th Conf. of the International Federation of Operational Research Societies (IFORS)* Barcelona, 13-18 Luglio 2014.
- [PCI18] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, "Optimality Conditions for Coordinate-Convex Policies in Call Admission Control via a Generalized Stochastic Knapsack Model", *26th EURO/INFORMS Joint Int. Meeting*, Roma, 1-4 Luglio 2013.
- [PCI17] G . Gnecco, M. Sanguineti, "Suboptimal Solutions to Team Optimization Problems with Statistical Information Structure", *24th European Conf. on Operational Research (EURO 2010)*, Lisbona, Portogallo, 11-14 luglio 2010.
- [PCI16] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, "On Call Admission Control with Nonlinearly Constrained Feasibility Regions", *24th European Conf. on Operational Research (EURO 2010)*, Lisbona, Portogallo, 11-14 luglio 2010.
- [PCI15] G . Gnecco, M. Sanguineti, "Deriving Approximation Error Bounds via Rademacher's Complexity and Learning Theory", *22nd European Conf. on Operational Research (EURO 2007)*, Praga, Rep. Ceca, 8-11 luglio 2007.
- [PCI14] G . Gnecco, M. Sanguineti, R. Zoppoli, "Exploiting Structural Results in Approximate Dynamic Programming", *22nd European Conf. on Operational Research (EURO 2007)*, Praga, Rep. Ceca, 8-11 luglio 2007.
- [PCI13] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, "A Least-Squares Algorithm for Nonlinear Regression: Error Analysis and Numerical Results", *Applied Mathematical Programming and Modelling (APMOD)*, Madrid, Spagna, 19-21 giugno 2006.
- [PCI12] M . Sanguineti, R. Zoppoli, "New Developments on a Methodology for the Approximate Solution of Functional Optimization Problems", *21st European Conf. on Operational Research (EURO 2006)*, Reykjavik, Islanda, 2-5 luglio 2006.
- [PCI11] M . Sanguineti, "Rates of Growth of Covering Numbers of Certain Convex Hulls", *21st European Conf. on Operational Research (EURO 2006)*, Reykjavik, Islanda, 2-5 luglio 2006.
- [PCI10] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, "A Nonlinear Programming Algorithm for Neural-Network Learning Based on the Kalman Filter". *Mathematical Methods for Learning - Advances in Data Mining and Knowledge Discovery*, Como, 21-24 giugno 2004.
- [PCI9] M . Sanguineti, "Regularization and A-Priori Bounds on Complexity in Learning from Data by Kernel Methods". *Mathematical Methods for Learning - Advances in Data Mining and Knowledge Discovery*, Como, 21-24 giugno 2004.

- [PCI8] M . Baglietto, C. Cervellera, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “ Water Reservoirs Management Under Uncertainty by Approximating Networks and Learning from Data”. *Workshop “Modelling and Control for Participatory Planning and Managing Water Systems”*, Venezia, 29 settembre - 1° ottobre 2004.
- [PCI7] M . Sanguineti, M. Baglietto, R. Zoppoli, “The Extended Ritz Method for Dynamic Routing in Traffic Networks”. *EURO/INFORMS Joint Int. Meeting*, Istanbul, Turchia, 6-10 luglio 2003.
- [PCI6] M . Sanguineti, V. Kůrková, “Bounding the Error in Approximate Functional Optimization”. *EURO/INFORMS Joint Int. Meeting*, Istanbul, Turchia, 6-10 luglio 2003.
- [PCI5] M . Sanguineti, V. Kůrková, “Approximate Functional Optimization in Kernel Methods”. *EURO/INFORMS Joint Int. Meeting*, Istanbul, Turchia, 6-10 luglio 2003.
- [PCI4] M . Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “The Extended Ritz Method: An Example in Communication Networks”. *Applied Mathematical Programming and Modelling (APMOD)*, Varenna, Lecco, 17-19 giugno 2002 (Book of Abstracts, pp. 70-72)
- [PCI3] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Minimization Rates of Error Functionals Over Boolean Variable-Basis Functions”. *Applied Mathematical Programming and Modelling (APMOD)*, Varenna, Lecco, 17-19 giugno 2002 (Book of Abstracts, pp. 75-77).
- [PCI2] M . Sanguineti, “Error Estimates for Approximate Solution of Optimization Problems by Approximating Networks”. *Workshop Mathematical Diagnostics*, Erice, Italia, 17-25 giugno 2002 (Book of Abstracts, pp. 11-12).
- [PCI1] R . Zoppoli, M. Sanguineti, T. Parisini, “The Extended Ritz Method and the Curse of Dimensionality in Functional Optimization”. *33rd Workshop High Performance Algorithms and Software for Nonlinear Optimization*, Erice, Italia, 30 giugno - 8 luglio 2001.

9.11 Keynote speech e workshop nazionali, con presentazione su invito

- [WNI6] M . Sanguineti, Keynote Speech “Optimization for Machine Learning”. *7th Italian Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), 17th Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)*. Trento, 20-23 novembre 2018.
- [WNI5] M . Sanguineti, V. Kůrková, “Dictionaries for approximation of binary classification tasks by sparse networks”. *6th Italian Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), 16th Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)*. Bari, 14-15 novembre 2017.
- [WNI4] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “A constrained machine-learning paradigm with hard and soft constraints”. *5th Italian Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), 15th Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)*. Genova, 28-29 novembre 2016.
- [WNI3] M . Sanguineti, V. Kůrková, “Model complexities of shallow neural networks for the approximation of input-output mappings with large variations”. *4th Italian Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), 14th Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)*. Ferrara, 22 settembre 2015.
- [WNI2] G . Gnecco, A. Bemporad, M. Gori, R. Morisi, and M. Sanguineti, “A model of online learning as a Linear Quadratic Gaussian (LQG) optimal control problem with random matrices”. *4th Italian Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), 14th Conf. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)*. Ferrara, 22 settembre 2015.
- [WNI1] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, “Learning with mixed hard/soft constraints by support constraint machines”. *3rd Italian Workshop on Machine Learning and Data Mining (MLDM), 13th Symp. of the Italian Association for Artificial Intelligence (AI*IA)*. Pisa, 10-11 dicembre 2014.

9.12 Atti di conferenze nazionali

- [ACN1] A. Alessandri, M. Maggiore, M. Sanguineti, "Training Feedforward Neural Networks: Convergence and Robustness Analysis". *Proc. 10th Italian Workshop on Neural Nets (WIRN)*, pp. 267-272, 1998.

9.13 Altre presentazioni a conferenze nazionali

- [PC44] Y . Hadas, G. Gnecco, M. Sanguineti, "Game Theoretic Approach for Reliability Evaluation of Public Transportation Transfers" *Annual Conf. of the Operations Research Society of Israel (ORSIS)*, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israele, 13-14 maggio 2018.
- [PC43] Y . Hadas, G. Gnecco, M. Sanguineti, "Approach to Transportation Network Analysis via Transferable Utility Games". *Annual Conf. of the Operations Research Society of Israel (ORSIS)*, Bar-Ilan, Israele, 21-22 maggio 2017.
- [PC42] G . Gnecco, A. Bemporad, M. Gori, M. Sanguineti, "A Novel Optimal-Control-Based Model of Online Learning from Data". *46th AIRO Conf.*, Trieste, 6-9 settembre 2016.
- [PC41] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, "Dealing with Mixed Hard/Soft Constraints via Support Constraint Machines". *45th AIRO Conf.*, Pisa, 7-10 settembre 2015.
- [PC40] G . Gnecco, F. El Ouardighi, K. Kogan, M. Sanguineti, "A Two-Player Differential Game Model for the Management of Transboundary Pollution and Environmental Absorption". *45th AIRO Conf.*, Pisa, 7-10 settembre 2015.
- [PC39] M . Degiorgis, G. Gnecco, S. Gorni, R. Morisi, G. Roth, M. Sanguineti, A.C. Taramasso, "Evaluating Flood Hazard at the Catchment Scale via Machine-Learning Techniques". *8th AIRO Winter Conf.*, Champoluc, 25-30 gennaio 2015.
- [PC38] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, "Average Packet Delivery Delay in Intermittently-Connected Networks". *44th AIRO Conf.*, Como, 2-5 settembre 2014.
- [PC37] G . Gnecco, M. Gori, S. Melacci, M. Sanguineti, "Supervised Learning from Regions and Box Kernels". *44th AIRO Conf.*, Como, 2-5 settembre 2014.
- [PC36] M . Sanguineti, C. Cervellera, M. Muselli, R. Zoppoli, "Approximate Dynamic Programming with Bounds on Model Complexity and Sample Complexity: An Application to an Inventory Forecasting Problem". *7th AIRO Winter Conf.*, Champoluc, 28 gennaio - 1 febbraio 2013.
- [PC35] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, "Optimality Conditions for a Nonlinear Stochastic Knapsack Problem", *43rd AIRO Conf.*, Vietri sul Mare, 4-7 settembre 2012.
- [PC34] M . Gaggero, G. Gnecco, M. Sanguineti, R. Zoppoli, "Dynamic Programming and Value-Function Approximation with Application to Optimal Consumption", *43rd AIRO Conf.*, Vietri sul Mare, 4-7 settembre 2012.
- [PC33] G . Gnecco, M. Sanguineti, R. Zoppoli, "Functional Optimization in OR Problems with Very Large Numbers of Variables", *42nd AIRO Conf.*, Brescia, 6-9 settembre 2011.
- [PC32] M . Cello, G. Gnecco, M. Marchese, M. Sanguineti, "A Stochastic Knapsack Problem with Nonlinear Capacity Constraint", *42nd AIRO Conf.*, Brescia, 6-9 settembre 2011.
- [PC31] G . Gnecco, M. Gaggero, M. Sanguineti, "Decentralized Optimization Problems with Cooperating Decision Makers". *41st AIRO Conf.*, Villa San Giovanni, 1-10 settembre 2010.
- [PC30] M . Sanguineti, A. Alessandri, C. Cervellera, D. Macciò, "Design of Estimators via Optimization Based on Quasi-Monte Carlo Sampling". *5th AIRO Winter Conf.*, Cortina d'Ampezzo, 26-30 gennaio 2009.

- [PC29] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Smoothness and Approximation of Optimal Decision Strategies in Team Optimization Problems”. *40th AIRO Conf.*, Siena, 8-11 settembre 2009.
- [PC28] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Approximate Dynamic Programming by Value-Function Approximation via Variable-Basis Schemes”. *40th AIRO Conf.*, Siena, 8-11 settembre 2009.
- [PC27] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Structural Properties of Stochastic Dynamic Concave Optimization Problems and Approximations of the Value and Optimal Policy Functions”. *39th AIRO Conf.*, Ischia, 8-11 settembre 2008.
- [PC26] M . Sanguineti, A. Alessandri, C. Cervellera, D. Macciò, “Optimizing Parametrized Estimators and Controllers via Low-Discrepancy Sampling Techniques”. *4th AIRO Winter Conf.*, Cortina d’Ampezzo, 5-9 febbraio 2007.
- [PC25] G . Gnecco, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Suboptimal Solutions to Dynamic Optimization Problems: Extended Ritz Method Versus Approximate Dynamic Programming”. *38th AIRO Conf.*, Genova, 5-8 settembre 2007.
- [PC24] G . Gnecco, M. Sanguineti, “Deriving Approximation Error Bounds via Rademacher Complexity and Learning Theory”. *38th AIRO Conf.*, Genova, 5-8 settembre 2007.
- [PC23] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, “Approximation of Nonlinear Least-Squares Solutions in the Presence of Disturbances”. *38th AIRO Conf.*, Genova, 5-8 settembre 2007.
- [PC22] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “An Optimization Point of View of Learning Tasks”. *37th AIRO Conf.*, Cesena, 12-15 settembre 2006.
- [PC21] A . Alessandri, C. Cervellera, M. Sanguineti, “Approximate Solution of a Class of Optimal Estimation Problems via Nonlinear Programming and Sampling Techniques”. *37th AIRO Conf.*, Cesena, 12-15 settembre 2006.
- [PC20] A . Alessandri, M. Cuneo, S. Pagnan, M. Sanguineti, “An Incremental Algorithm for Nonlinear Least-Squares Problems in Learning Functional Relationships From Data”. *3rd AIRO Winter Conf.*, Cortina d’Ampezzo, 31 gennaio - 4 febbraio 2005.
- [PC19] M . Sanguineti, “Learning with Kernels: An Overview”. *36th AIRO Conf.*, Camerino, 6-9 settembre 2005.
- [PC18] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Estimates of Covering Numbers of Convex Hulls”. *36th AIRO Conf.*, Camerino, 6-9 settembre 2005.
- [PC17] M . Baglietto, G. Battistelli, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Shortest Path Problems on Stochastic Graphs: Challenges and Promising Approaches”. *36th AIRO Conf.*, Camerino, 6-9 settembre 2005.
- [PC16] M . Sanguineti, C. Cervellera, M. Muselli, R. Zoppoli, “Approximate Dynamic Programming with Bounds on Model Complexity and Sample Complexity: An Application to an Inventory Forecasting Problem”. *2nd AIRO Winter Conf.*, Champoluc, 9-14 febbraio 2004.
- [PC15] M . Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Decentralized Optimal Dynamic Routing in Telecommunication Networks by Parametrization of the Decision Strategies”. *35th AIRO Conf.*, Lecce, 7-10 settembre 2004.
- [PC14] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “Efficient Approximation Schemes for Functional Optimization”. *35th AIRO Conf.*, Lecce, 7-10 settembre 2004.
- [PC13] M . Sanguineti, “Learning and Generalization by Kernel Methods with Bounded Complexity”. *35th AIRO Conf.*, Lecce, 7-10 settembre 2004.
- [PC12] A . Alessandri, M. Cuneo, M. Sanguineti, “An Algorithm for Parameters Estimation: Bounds on the Estimation Error and Application to Time-Series Prediction”. *35th AIRO Conf.*, Lecce, 7-10 settembre 2004.

- [PC11] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximation Schemes for Functional Optimization Problems”. *7th Congresso SIMAI (Società Italiana di Matematica Applicata e Industriale)*, Isola di San Servolo, Venezia, 20-24 settembre 2004.
- [PC10] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximate Solution of Freeway Optimal Control Problems by Approximation Schemes With Bounded Complexity”. *1st AIRO Winter Conf.*, Champoluc, 10-15 febbraio 2003.
- [PC9] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “A Framework for Approximate Infinite-Dimensional Optimization: Recent Results and Open Problems in the Extended Ritz Method”. *34th AIRO Conf.*, Venezia, 2-5 settembre 2003.
- [PC8] M . Baglietto, C. Cervellera, T. Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Approximate Dynamic Programming and Polynomially-Complex Approximating Networks for T -Stage Stochastic Optimal Control”. *34th AIRO Conf.*, Venezia, 2-5 settembre 2003.
- [PC7] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Upper Bounds on Complexity in Kernel Methods”. *34th AIRO Conf.*, Venezia, 2-5 settembre 2003.
- [PC6] V . Kůrková, M. Sanguineti, “From Functional Optimization to Nonlinear Programming by Nonlinear Approximators: Bounds on the Error of Approximate Optimization”. *33rd AIRO Conf.*, L’Aquila, 10-13 settembre 2002 (Book of Abstracts, p. 156).
- [PC5] M . Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Optimization in Large-Scale Traffic Networks: Neural and Other Approximating Networks Can Mitigate the Curse of Dimensionality”. *33rd AIRO Conf.*, L’Aquila, 10-13 settembre 2002 (Book of Abstracts, p. 138).
- [PC4] M . Baglietto, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Il Metodo di Ritz Esteso dei Problemi di Routing Dinamico”. *Convegno CIRA 2002*, Perugia, 11-13 settembre 2002.
- [PC3] T . Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Problemi di Ottimizzazione: è Possibile Contrastare la Maledizione della Dimensionalità con le Reti Approssimanti?”. *Convegno CIRA 2001*, Lecce, 12-14 settembre 2001.
- [PC2] M . Sanguineti, T. Parisini, R. Zoppoli, “Problemi di Ottimizzazione Funzionale: è Possibile Mitigare la Maledizione della Dimensionalità?”. *Convegno CIRA 2000*, Torino, 6-8 settembre 2000.
- [PC1] T . Parisini, M. Sanguineti, R. Zoppoli, “Ottimizzazione Funzionale e Soluzioni Parametriche Approssimate”. *Convegno CIRA 1999*, Como, 11-13 ottobre 1999.

9.14 Rapporti di ricerca

- [RR11] P .C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Rates of Approximation of Smooth Functions by Gaussian Radial-Basis-Function Networks. *Technical report ICS-976, Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 2006, [ftp : //ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v976 – 06.pdf](ftp://ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v976-06.pdf).
- [RR10] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Learning with Generalization Capability by Kernel Methods of Bounded Complexity”. *Technical Report ICS-03-901, Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 2003, [ftp : //ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v901 – 03.pdf](ftp://ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v901-03.pdf).
- [RR9] M . Sanguineti, “Regularization and A-Priori Bounds on Complexity in Learning from Data by Kernel Methods”. *Rapporto Interno DIST, Univ. di Genova*, 2005.
- [RR8] M . Sanguineti, R. Zoppoli, “Kernels for Structured Data in the Stochastic Shortest Path Problem”. *Rapporto Interno DIST, Univ. di Genova*, 2005.
- [RR7] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Tight Bounds on Rates of Variable-Basis Approximation via Estimates of Covering Numbers”. *Technical report ICS-02-865. Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 2002, [ftp : //ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v865 – 02.pdf](ftp://ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v865-02.pdf).

- [RR6] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Error Estimates for Approximate Optimization Over Variable-Basis Functions”. *Technical report ICS-02-882. Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 2002, [http : //www3.cs.cas.cz/research/library/reports_800.shtml](http://www3.cs.cas.cz/research/library/reports_800.shtml).
- [RR5] A . Alessandri, M. Sanguineti “Optimization of Approximating Networks for Optimal Fault Diagnosis in Nonlinear Systems”. *Rapporto Interno DIST, Univ. di Genova*, 2002.
- [RR4] S . Giulini, M. Sanguineti, “Approximation Schemes with Bounded Complexity for High-Dimensional Optimization”. *Rapporto Interno DIST, Univ. di Genova*, 2002.
- [RR3] P . C. Kainen, V. Kůrková, M. Sanguineti, “Minimization of Error Functionals Under Weakened Compactness”. *Technical report ICS-02-864. Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 2002, [ftp : //ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v864 – 02.pdf](ftp://ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v864-02.pdf).
- [RR2] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Covering Numbers and Rates of Neural-Network Approximation”. *Technical report ICS-00-830 - Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 2000, [ftp : //ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v830 – 01.pdf](ftp://ftp.cs.cas.cz/pub/reports/v830-01.pdf).
- [RR1] V . Kůrková, M. Sanguineti, “Dimension-Independent Approximation by Neural Networks and its Comparison with Linear Approximation”. *Technical report ICS-99-789. Inst. Comp. Sc. - Acad. Sc. Czech Republic*, Praga, 1999, [http : //www3.cs.cas.cz/research/library/reports_700.shtml](http://www3.cs.cas.cz/research/library/reports_700.shtml).

9.15 Tesi di Dottorato

- [TD1] M. Sanguineti, “Approssimazione Neurale di Regolatori a Orizzonte Mobile per Sistemi Non-Lineari.” *Tesi di Dottorato in Ingegneria Elettronica e Informatica*. Università di Genova, 1996.

9.16 Tesi di Laurea

- [TL1] A. Alessandri, M. Sanguineti, “Reti Neurali per la Stima dello Stato e il Controllo Ottimo di Sistemi Nonlineari Stocastici.” *Tesi di Laurea in Ingegneria Elettronica*. Università di Genova, 1992.

Marcello Sanguineti