

Workshop online

Eredità di Lamberto Cesari nella costruzione di nuove sinergie scientifiche

Venerdì 26 Marzo 2021

9.30-13.00 – 15.00-18.00

Programma dei Lavori

9.30 Saluti e interventi introduttivi

10.00 Modelli matematici nella filtrazione delle bevande fermentate, **Ombretta Marconi** (Dipartimento di scienze agrarie, alimentari ed ambientali - DSA3)

Abstract. Nella teoria della filtrazione, l'equazione di Darcy $Q = P A / R \mu$ descrive la portata come una funzione della resistenza R e dell'area A della membrana dove P (pressione della transmembrana) e μ (viscosità della soluzione) sono costanti. Sulla base dell'equazione di Darcy, ci siamo interessati allo studio di modelli matematici in processi di microfiltrazione tangenziale a pressione costante della birra. I modelli sono volti alla descrizione della formazione di fouling della membrana che determina una riduzione della superficie di filtrazione. Precisamente abbiamo studiato quattro modelli a pressione costante già presenti in letteratura e le loro possibili combinazioni per la valutazione nel tempo del volume filtrato e della portata. I modelli combinati tengono conto sia dell'occlusione superficiale sia di quella della porosità interna della membrana. I modelli sono stati validati tramite dati sperimentali forniti dal Centro di Ricerca per l'Eccellenza della Birra (CERB) dell'Università di Perugia. Sono state effettuate prove sperimentali di microfiltrazione tangenziale della birra usando un impianto pilota con membrana di ceramica. I modelli combinati hanno fornito i risultati migliori, e questo può essere spiegato considerando la composizione della birra e le differenti dimensioni delle sue componenti che agiscono in modo diverso sui meccanismi di occlusione. Il nostro progetto è di continuare questi studi migliorando l'accuratezza della stima dei processi studiati anche con riferimento ad altri fluidi e altre tipologie di membrane.

10.30 Analisi di reti sociali e semantiche per la Business Intelligence, **Andrea Fronzetti Colladon** (Dipartimento di Ingegneria - DI)

Abstract: Secondo Freud (1989) "Le parole erano originariamente magiche e ancora oggi hanno conservato molto del loro antico potere. Con le parole una persona può rendere un'altra beatamente felice o portarla alla disperazione". Attraverso l'uso delle parole cambiamo i comportamenti, risolviamo problemi e riveliamo le nostre intenzioni, aspirazioni e valori. Lo studio del linguaggio ci consente di catturare preziosi "segnali onesti" che

diventano chiavi fondamentali per la business intelligence e l'intelligence economica. Dalle analisi del linguaggio sui media, per esempio, riusciamo a fare previsioni politiche o di andamento dei mercati finanziari. Dall'analisi del linguaggio dei consumatori traiamo informazioni fondamentali per le decisioni di marketing. Queste informazioni vengono estratte combinando tra loro tecniche apparentemente distanti, ovvero il Text Mining e la Social Network Analysis. In questa presentazione, illustrerò due misure innovative – il Semantic Brand Score e la Distinctiveness Centrality - mostrando altresì varie loro applicazioni e le funzionalità della web app SBS BI (<https://semanticbrandscore.com>).

11.00 Il ruolo della matematica nella modellazione del processo idrologico di infiltrazione, **Alessia Flammini** (Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale - DICA)

Abstract: Il processo di infiltrazione rappresenta una delle componenti fondamentali del ciclo idrologico e può definirsi come il flusso verticale entrante di acqua che si realizza in corrispondenza della superficie del suolo. Tale processo gioca un ruolo determinante nella riduzione del deflusso superficiale, che a sua volta contribuisce alla formazione delle piene fluviali, alimenta la ricarica delle acque sotterranee, che costituiscono la fonte di approvvigionamento idrico per la pratica agricola e per tutte le altre attività antropiche, e può anche produrre fenomeni di dissesto idrologico. La modellazione matematica del processo di infiltrazione presenta molteplici difficoltà. Il processo fisico avviene in un mezzo poroso costituito da una matrice solida e da pori parzialmente riempiti di acqua e aria, mezzo che in linea di principio presenta eterogeneità sia in direzione verticale che orizzontale. Sotto le ipotesi semplificative di mezzo indeformabile e isotropo, fluido omogeneo e suolo orizzontalmente omogeneo, alla scala puntuale è possibile formulare un modello matematico costituito da una equazione differenziale alle derivate parziali non lineare, di secondo ordine, nota come equazione di Richards, attraverso una combinazione della legge del moto e della legge di conservazione della massa d'acqua. Tale equazione è accompagnata da condizioni al contorno complesse e temporalmente variabili sulla superficie del suolo che ne rendono impossibile la soluzione analitica se non sotto ipotesi semplificative non realistiche. D'altra parte, soluzioni numeriche, comunque non semplici, possono essere ottenute. Sono stati sviluppati anche modelli matematici semi-analitici che combinano le equazioni rigorose con elementi concettuali nella rappresentazione del processo, consentendo così di prevedere anche una stratificazione verticale del suolo. L'obiettivo ultimo della modellazione del processo è la sua rappresentazione alla scala areale, cioè alla scala di versante, a valle del quale si determina la risposta idrologica in termini di deflusso diretto ad un evento pluviometrico. Il passaggio dalla scala puntuale alla scala areale pone la problematica di tener conto della forte variabilità spaziale di alcune proprietà idrauliche del suolo, come la conducibilità idraulica di saturazione, nonché della intensità di pioggia, che si comportano come variabili stocastiche. Tale variabilità rende da un lato il problema matematico analiticamente intrattabile, dall'altro il ricorso ad accurate simulazioni Monte Carlo inficiato da enormi sforzi computazionali. Sono tuttavia disponibili in letteratura alcune formulazioni semi-analitiche che esprimono l'infiltrazione media areale. Una in particolare, combinando la variabilità spaziale stocastica della pioggia (variabile anche nel tempo) e quella della conducibilità idraulica del suolo, prevede una integrazione spaziale di un modello matematico semplificato per la stima del processo di infiltrazione valido alla scala puntuale. Tale modellistica è stata più recentemente estesa anche al caso di suolo verticalmente stratificato. Un ulteriore sforzo matematico è ora richiesto per la

rimozione di alcune importanti semplificazioni introdotte, come pure per la formulazione di una modellistica per l'infiltrazione media areale combinata con un modello di trasferimento del deflusso verso valle che richieda sforzi computazionali accettabili.

11.30 L'Universo Matematico. Un'introduzione ai fondamenti della Meccanica Quantistica, **Matteo Rinaldi** (Dipartimento di Fisica e Geologia)

Abstract: *Le scienze esatte partono anche dal presupposto che alla fine sarà sempre possibile comprendere la natura, anche in ogni campo dell'esperienza, ma che non possiamo fare supposizioni a priori sul significato della parola "comprendere". Werner Heisenberg* L'eredità di Fisici come Newton ed Einstein è rappresentata dall'affascinante, quanto intrinsecamente desiderata, possibilità di conoscere l'Universo che ci circonda in modo completamente deterministico. In altre parole, la comprensione ultima dei fenomeni che ci circondano è possibile a patto di essere in grado di porre il problema in modo matematicamente corretto e di essere poi capaci di risolvere le relative equazioni. Questa teoria, chiamata classica è concettualmente semplice, auto-consistente e testata con altissima precisione da molti secoli. Tuttavia, la natura è molto più complessa e fantasiosa di quanto possiamo immaginare. Infatti, la teoria classica fallisce la descrizione di fenomeni che avvengono alle scale degli atomi. Non possiamo infatti conciliare la meccanica classica con la semplice idea di un atomo visto come degli elettroni che ruotano intorno ai protoni. Agli inizi del '900, grazie alle molteplici osservazioni di fenomeni apparentemente inspiegabili, nasce la meccanica quantistica. Questa rappresenta una completa rivoluzione e riformulazione delle leggi della dinamica e del concetto stesso di "comprendere la natura". In questo seminario i fondamenti matematici della meccanica quantistica verranno introdotti. In particolare si discuterà del principio d'indeterminazione di Heisenberg e dell'equazione di Schrödinger, i pilastri della meccanica quantistica. Inoltre, alcune tecniche per la risoluzione dell'equazione sopra citata, la quale ricopre lo stesso ruolo di $F = m a$ in meccanica classica, verranno presentate. Saranno poi presentati alcuni esempi di fenomeni puramente quantistici con la relativa trattazione matematica. In particolare, verrà discussa una delle conseguenze più importanti della meccanica quantistica: "la natura ondulatoria delle particelle".

12.00 Modelli per la dinamica delle criptovalute, **Gianna Figà Talamanca** (Dipartimento di Economia)

Abstract: In this talk we will give a brief introduction to cryptocurrencies and blockchain and then move to the modeling of the price dynamics based on several contributions in the literature. In particular we will focus on the impact of internet based attention measures on Bitcoin returns and volatility and then describe the interconnection among different cryptocurrencies and show how comovements may be exploited to build profitable trading strategies.

12.30 L'equazione delle onde con condizioni al bordo di tipo acustico, **Enzo Vitillaro** (Dipartimento di Matematica e Informatica - DMI)

Abstract: Lo scopo di questo intervento è di proporre alcuni recenti risultati, ottenuti in collaborazione (ancora attiva) con Delio Mugnolo, sulle equazione delle onde con condizioni

al bordo di tipo acustico, che ha goduto di un'amplia letteratura, iniziando dall'analisi originale di Beal e Resencrans negli anni 70 che continua tuttora, in cui si studia l'effetto di perturbazioni nonlineari.

In particolare, dopo aver brevemente dato risultati di buona positura e regolarità nello spazio dell'energia associato, mostreremo che per domini limitati alcune soluzioni stazionarie, inspiegabili dal punto di vista fisico, rendono il problema asintoticamente instabile, anche in presenza di un termine dissipativo effettivo, mentre il sistema è stabile quando si vincolano i dati iniziali ad un sottospazio di codimensione 1, che è invariante per il flusso.

Questo risultato matematico motiva un ripensamento della derivazione del modello in Acustica Teorica. In particolare, partendo dalla Seconda Legge di Newton, proveremo che le equazioni a derivate parziali che compaiono in esse devono essere integrate da una condizione integrale che è esattamente quella che si trova nell'analisi della stabilità, un fatto mai osservato in letteratura.

Lunch Break

15.00 Modello di ottimizzazione per la gestione integrata della risorsa idrica a scopo irriguo utilizzando un approccio su tre scale spaziali,

Francesca Todisco (Dipartimento di scienze agrarie, alimentari ed ambientali - DSA3)

Abstract. Si sviluppa un modello per la gestione ottimale di una riserva idrica destinata a soddisfare usi multipli tra cui quello irriguo. Gli usi ambientali e domestici/industriali sono valutati e considerati come usi prioritari e inducono condizioni di irrigazione deficitaria. Il modello tiene conto della variabilità spazio-temporale della domanda idrica per l'irrigazione a livello di bacino. L'obiettivo è di massimizzare la redditività agricola inter-stagionale. Il processo di allocazione ottimale risolve il problema di competizione per l'acqua su diverse scale temporali (settimanale, stagionale e inter-stagionale) e su diverse scale spaziali (a scala di bacino tra le aree irrigue, a scala di area irrigua tra le colture). Il modello integra tre sotto-modelli operanti a livello di unità suolo-coltura, a livello di area multiculturale e di bacino multi-area. Quest'ultimo è un modello di ottimizzazione basato su una programmazione dinamica parametrica multidimensionale, per la quale è stata definita la funzione obiettivo ed è stata determinata la soluzione esatta. Questo modello permette di sostituire la classica procedura iterativa, nel senso che possiamo tenere conto di tutte le variabili senza incorrere nel problema della "curse of dimensionality". L'assegnazione di risorsa agli usi ambientali è espressa in forma parametrica. I diversi valori assunti dal parametro indicano differenti livelli di protezione ambientale. L'applicazione del modello ad un caso di studio conferma l'importanza di considerare la variabilità spazio-temporale della domanda nella gestione della risorsa idrica. Questo livello di generalità è stato possibile grazie all'uso del modello sviluppato, che rende il problema "computazionalmente trattabile".

15.30 Livin' on the edge: caos e complessità nel Sistema Terra,
Diego Perugini (Dipartimento di Fisica e Geologia)

Abstract: La Terra è un sistema complesso costituito da una varietà di sottosistemi (biosfera, atmosfera, litosfera, ecc.), che si relazionano in modo non lineare attraverso lo scambio di materia, energia e informazioni. Si può considerare ogni sottosistema separatamente, ma la crescente comprensione dell'intera struttura indica che un approccio olistico, che tenga conto delle interazioni tra questi sottosistemi, è fondamentale per lo sviluppo di modelli evolutivi più realistici. Negli ultimi decenni, il crescente interesse pubblico e scientifico per i problemi riguardanti il pianeta ha fornito lo spunto per ottenere, analizzare e interpretare dati contenenti informazioni sostanziali sulle dinamiche del Sistema Terra. Nuovi concetti, tra i quali molti originati dalla teoria dei sistemi dinamici non lineari, sono stati recentemente applicati in tutti gli ambiti delle geoscienze. Questa prima fase è stata seguita da un ulteriore aumento di interesse nell'utilizzo e nello sviluppo di metodi innovativi per l'analisi dei dati e la loro modellazione. In questo contributo si intende fornire un quadro generale sull'utilizzo di modelli concettuali basati sulla Teoria del Caos e della Complessità nello studio delle dinamiche del pianeta Terra. In particolare, viene mostrato come semplici modelli matematici possono riprodurre, in prima approssimazione, le complesse dinamiche terrestri. Questo rappresenta la chiave per valutare in modo diretto il loro impatto sull'ambiente e sulla società, evidenziando come la maggior parte dei parossismi naturali si verifichino a causa di piccolissime variazioni nelle loro condizioni di equilibrio metastabile conducendo, in tempi brevi, ad una evoluzione catastrofica del sistema. La Teoria del Caos e della Complessità non pongono limiti ad una Natura che può finalmente sbarazzarsi del fardello deterministico troppo a lungo assegnatole e che può quindi dare dimostrazione della sua creatività, modulando su una base teorica universale tutti i suoi casi particolari.

16.00 Alcune applicazioni della matematica per lo studio e la modellazione di materiali tradizionali e innovativi, **Federico Cluni** (Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale - DICA)

Abstract: Nel corso degli ultimi anni, nell'ambito dell'ingegneria civile lo studio e la modellazione dei materiali ha assunto un ruolo sempre più importante anche con riferimento alla sostenibilità ambientale. Questo tema trova riscontro nell'analisi delle costruzioni esistenti, dove la necessità di salvaguardare l'aspetto storico e culturale si deve coniugare a quella di determinare in modo affidabile le caratteristiche meccaniche del materiale costituente al fine di pervenire ad una stima accurata della vulnerabilità alle azioni ambientali. Relativamente alle nuove costruzioni, il riferimento a materiali compositi, innovativi e smart, si va sempre più consolidando. Inoltre, l'uso sempre più diffuso di dispositivi quali MEMS o NEMS ha portato alla necessità di sviluppare modelli validi a scale molto minori di quelle considerate nei modelli meccanici classici. La ricerca sviluppata nell'ambito del settore di Scienza delle costruzioni dell'Università di Perugia, insieme con i colleghi del settore di Analisi matematica dello stesso ateneo, ha portato ai contributi in questo campo che vengono presentati nella presente memoria. In particolare, una parte della ricerca è stata rivolta a investigare l'uso della termografia per la stima delle caratteristiche meccaniche di murature esistenti ricoperte da intonaci, eventualmente affrescati. L'uso di questa tecnica consente il riconoscimento della tessitura muraria, ovvero della reciproca disposizione delle pietre o mattoni e dei giunti di malta, senza necessità di rimuovere l'intonaco esistente e quindi preservando il valore artistico e culturale della muratura stessa. Mediante opportuni algoritmi matematici di miglioramento è possibile

aumentare la qualità dell'immagine termografica e quindi pervenire a una stima affidabile delle caratteristiche meccaniche, tramite tecniche di omogeneizzazione, sia in campo elastico che a rottura della muratura, consentendo una valutazione rapida, puntuale ed estesa all'intera struttura.

Un'altra parte della ricerca ha riguardato lo sviluppo di modelli non locali per l'analisi del comportamento di materiali innovativi e alla micro-scala. Per la modellazione si è utilizzato l'approccio basato sul Laplaciano frazionario, che consente di pervenire a un'equazione costitutiva caratterizzata da diversi parametri che, calibrati rispetto ai risultati derivanti da test sperimentali, consente di predire la risposta di una barra di materiale elastico con comportamento non locale. Il vantaggio rispetto ad altri modelli è la possibilità di avere più parametri di calibrazione e la facilità con cui si può ottenere una stima della risposta utilizzando tecniche computazionali riferibili all'ambito delle differenze finite. Lo studio ha consentito di sviluppare un modello capace di valutare la risposta sia in campo statico che in campo dinamico.

16.30 Il rilevamento delle discontinuità termiche e acustiche del costruito: tecniche di elaborazione di immagini applicate alla termografia e al beamforming, **Giorgio Baldinelli** (Dipartimento di Ingegneria - DI)

Abstract: Negli ultimi decenni il settore delle costruzioni ha conosciuto un forte impulso verso un miglioramento delle performance di isolamento termico e di protezione dal rumore. Di conseguenza, il peso delle discontinuità geometriche e materiche nelle prestazioni globali degli edifici è cresciuto in maniera significativa. La termografia a infrarossi rappresenta uno dei metodi non distruttivi per valutare il trasferimento di calore nelle strutture edilizie. In particolare, tale metodologia è utilizzata nell'audit dell'energia edilizia al fine di verificare le anomalie negli elementi opachi dell'edificio come la mancanza di materiale isolante o l'effetto del ponte termico. Sebbene la termografia a raggi infrarossi sia vista principalmente come tecnica qualitativa, è stato proposto un indice chiamato fattore di incidenza del ponte termico che ne definisce anche aspetti quantitativi. La collaborazione con l'area matematica si è sviluppata nel miglioramento in termini di accuratezza di tale indice grazie a tecniche di image processing, migliorando così la valutazione delle perdite di calore dell'edificio.

Parimenti, nella definizione dei cosiddetti ponti acustici degli edifici o in linea più generale per l'individuazione delle fonti di rumore preponderanti in ambienti multisorgente, sono stati sviluppati algoritmi matematici per il miglioramento di immagini acustiche provenienti da sorgenti industriali, ottenute con tecnica beamforming.

17.00 Modelli decisionali in cui le preferenze sono condizionate a molteplici scenari, **Davide Petturiti** (Dipartimento di Economia)

Abstract: In many decision problems under uncertainty we need to choose between uncertain consequences that are contingent on the states of the world. In such situations, a

finitely additive framework has shown to be the most natural environment, as it allows to overcome any measurability restriction and to model ambiguity, by considering classes of finitely additive probabilities (together with their envelopes). We consider decisions under different scenarios on generalized Anscombe-Aumann acts that map states of the world to finitely additive probabilities on the set of menus of consequences, the latter conveying a form of ambiguity. We assume that a decision maker is able to give conditional preferences on such acts, encoding his subjective uncertainty and utility of consequences. We provide a system of axioms assuring the representability of such preferences by a conditional functional in which subjective uncertainty is modeled through a finitely additive conditional probability. Then, ambiguity in subjective uncertainty evaluations is introduced through a family of non-empty closed convex sets of finitely additive probabilities satisfying a pessimistic/optimistic attitude towards subjective ambiguity, together with a suitable form of conditioning. All the models we introduce allow conditioning on null (i.e., unexpected) events.

17.30 Modelli matematici per l'Image Processing: collaborazioni scientifiche tra dipartimenti dell'Ateneo di Perugia, **Danilo Costarelli** (Dipartimento di Matematica e Informatica - DMI)

Abstract: Nell'era dell'informazione, le immagini digitali intervengono prepotentemente nella vita di tutti i giorni grazie a tutti i dispositivi elettronici che utilizziamo, come ad esempio gli smartphone, i tablet, i pc e così via. In particolare, le immagini digitali rivestono un ruolo cruciale in numerosi settori scientifici, e portano allo sviluppo di applicazioni che risultano molto importanti per la vita reale, che riguardano, ad esempio, l'ambito biomedico e ingegneristico. Grazie ad una proficua collaborazione tra alcuni ricercatori afferenti ai dipartimenti di Matematica e Informatica, Medicina e Chirurgia, Ingegneria, e Ingegneria Civile e Ambientale dell'Ateneo di Perugia, sono stati sviluppati dei modelli matematici per l'Image Processing al fine di studiare alcune applicazioni concrete riguardanti i settori scientifici sopra indicati. In questo contesto, la matematica teorica riveste, quasi inaspettatamente, un ruolo cruciale; il ramo dell'Analisi Matematica noto con il nome di Teoria dell'Approssimazione si occupa da tempo di studiare operatori matematici particolarmente adatti all'elaborazione di segnali ed immagini digitali. Tali operatori di quasi-interpolazione, noti come operatori di tipo sampling, sono stati implementati in un algoritmo per l'elaborazione e il miglioramento delle immagini digitali che si è rivelato estremamente efficiente. Le proprietà di approssimazione degli operatori di tipo campionamento sono alla base del funzionamento di tale algoritmo. Tra le varie applicazioni studiate, mostreremo in dettaglio quelle che riguardano problemi di diagnostica in chirurgia vascolare, lo studio dell'efficienza energetica degli edifici in ingegneria energetica, e infine, il problema dell'individuazione delle sorgenti di rumore che sono causa di inquinamento acustico. Nel campo delle applicazioni biomediche, abbiamo sviluppato una procedura per la diagnosi assistita e automatica dell'aneurisma dell'aorta addominale basata sulla rielaborazione delle immagini CT (computer tomography) eseguite senza mezzo di contrasto. In chirurgia vascolare, la procedura gold standard per la diagnosi di alcune patologie dell'apparato vascolare, come gli aneurismi, prevede l'utilizzo di CT con mezzo di contrasto, al fine di distinguere la zona del lume dal resto del vaso. E' tuttavia noto che il mezzo di contrasto non può essere somministrato a pazienti con problemi allergici o con severe patologie renali per via della sua nefrotossicità. In questo caso la diagnosi non può essere eseguita. La procedura matematica sviluppata permette di superare tale limite, poiché consente di estrarre la zona pervia del vaso sanguigno a partire da CT eseguite senza mezzo di contrasto. Sul fronte energetico, grazie all'elaborazione di "immagini" termografiche, è stato

possibile sviluppare metodi per l'individuazione dei ponti termici e lo studio dell'efficienza energetica degli edifici. I ponti termici si localizzano di norma in prossimità delle discontinuità strutturali delle costruzioni e sono caratterizzati da significative variazioni di temperatura cause di umidità e muffe. Infine, mostreremo una procedura per la localizzazione di quelle fonti di rumore responsabili dell'inquinamento ambientale. Grazie ad una matrice di microfoni solidale con una telecamera, tale indagine è oggi possibile semplicemente "fotografando" l'ambiente in esame.

18.00 Chiusura lavori

Comitato Scientifico e Organizzatore

Vittorio Gusella (DICA), Simone Pacetti (Fisica e Geologia), Mauro Pagliacci (Economia), Patrizia Pucci (DMI), Anna Salvadori (DMI), Francesca Todisco (DSA3), Luigi Vergori (DI), Gianluca Vinti (DMI)