



Poi deve  
funzionare

Un libro di **Trisha Greenhalgh**  
320 pagine. € 28,00

**Il Pensiero Scientifico Editore**  
www.pensiero.it



Numero Verde  
**800-259620**

Trimestrale - Poste Italiane Spa - Sped. Abb. Post. - DL 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 1 DCB Roma  
ISSN: 1590-069X Fascicolo singolo € 35

# Politiche sanitarie

Economia, organizzazione e valutazione dei servizi sanitari

*Italian Journal of Health Policy*

**Ps**

Anno 18, numero 4  
ottobre-dicembre 2017

*Direttori*  
Roberto Grilli  
Vincenzo Rebba

153

• EDITORIALE

Operations management nei processi sanitari: case studies e opportunità di miglioramento  
*Roberto Aringhieri e Paola Cappanera*

155

• SAGGI

Lean thinking per l'ottimizzazione del percorso stroke dell'Azienda ospedaliero-universitaria senese  
*Caterina Bianciardi, Jacopo Guercini, Giuseppe Martini, Rossana Tassi*

Progettare soluzioni innovative con il design thinking in sanità: il caso del pronto soccorso di Reggio Emilia  
*Clio Dosi, Annamaria Ferrari, Matteo Vignoli*

Modelli e metodi per la gestione della rete dell'emergenza-urgenza  
*Roberto Aringhieri*

Gestione dei flussi di pazienti in un reparto di ematologia: progetto e validazione  
*Alessandro Agnetis, Caterina Bianciardi, Nicola Iasparra*

L'uso di modelli di simulazione per programmare, gestire e valutare i percorsi clinici ospedalieri.  
*Angela Testi, Elena Tanfani, Paolo Landa*

Metodi e modelli di supporto alle decisioni inerenti la logistica del farmaco  
*Davide Aloini, Paola Cappanera, Maddalena Nonato, Fabio Schoen, Filippo Visintin*



Il Pensiero Scientifico Editore

## L'uso di modelli di simulazione per programmare, gestire e valutare i percorsi clinici ospedalieri

Angela Testi<sup>1</sup>, Elena Tanfani<sup>1</sup>, Paolo Landa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Economia, Università degli Studi di Genova; <sup>2</sup>Medical School, University of Exeter, UK

**Riassunto.** Negli ultimi anni l'introduzione dei percorsi clinici ha creato una particolare innovazione nelle modalità di gestione dei pazienti. Si tratta di uno strumento di governo clinico centrato sul processo di creazione del valore dal punto di vista del paziente, particolarmente adatto per descrivere la produzione di servizi sanitari perché permette di considerare contemporaneamente il punto di vista del clinico (aderenza alle linee guida e alle evidenze scientifiche) e quello dei manager (controllo dei costi attraverso un'efficiente gestione delle risorse). I vantaggi dei percorsi clinici sono ben descritti da una ricca letteratura di tipo clinico, mentre dal punto di vista organizzativo sono relativamente carenti studi che consentano di applicare i percorsi clinici nelle situazioni operative correnti, all'interno delle strutture sanitarie, dove diversi percorsi competono sulle stesse risorse.

Obiettivo del lavoro è dimostrare come la ricerca operativa, e in particolar modo i modelli di simulazione, rappresentino un approccio metodologico in grado di assicurare la compatibilità di un'organizzazione per percorsi clinici e la messa a punto delle migliori condizioni per soddisfare i due principali portatori di interesse: il cittadino/paziente e l'azienda sanitaria. Si riportano a tal fine alcuni esempi tratti da un insieme di applicazioni svolte in collaborazione con un dipartimento ospedaliero di chirurgia e un ente regionale.

**Parole chiave.** Organizzazione ospedaliera, percorsi clinici, simulazione.

**Abstract.** In recent years, the introduction of clinical pathways has created a particular innovation in patient management. Clinical pathway is a clinical governance tool centred on the value process creation from the patient's viewpoint, which is particularly suitable for describing the production of health services because it allows considering the clinicians' viewpoint (compliance with guidelines and scientific evidence) as well as the healthcare managers' one (cost control through an efficient resource management). The benefits of clinical pathways are well described by a wide clinical literature, while from an organizational viewpoint, there are few studies that allow applying clinical pathways to the current operational situations within the healthcare facilities where different pathways compete.

The aim of this study is to demonstrate how operational research, and more specifically simulation models, represent a methodological approach that can ensure the compatibility of an organization based on clinical pathways and the development of the best conditions to meet the two major stakeholders: citizens/patients and healthcare authorities. For this purpose, this paper reports some examples from a set of applications carried out in collaboration with a hospital department of surgery and a local healthcare government.

**Key words.** Clinical pathways, hospital organization, simulation.

### 1. Introduzione e analisi della letteratura

Negli ultimi anni si è passati da modelli organizzativi basati sulle classiche funzioni aziendali a nuovi modelli definiti in termini di processi. La visione per processi consente di passare da una prospettiva verticale per funzioni (ad esempio: acquisti, personale) a una prospettiva orizzontale in grado di integrare tutte le funzioni e le risorse che contribuiscono alla formazione e allo sviluppo del processo. La visione per processi permette di identificare la cosiddetta 'catena del valore', ossia di capire come si crea il valore per il cliente o l'utente finale. L'adozione di

questo modello dovrebbe essere prioritario in sanità, dove bisognerebbe partire dai risultati in termini di salute e di soddisfazione finale del paziente, in particolar modo in un sistema sanitario pubblico, dove il cittadino/paziente deve essere considerato come titolare delle risorse delegate dalla collettività alle aziende sanitarie. È pertanto del tutto giustificato utilizzare un modello basato sulla creazione di valore, dove per valore si intende l'esito (*outcome*) derivante dalle risorse impiegate (Porter, 2010). In sanità la catena del valore è incorporata nel percorso clinico (*clinical pathway*). I percorsi clinici sono piani multidisciplinari che descrivono sequenze spaziali e

temporali di attività da svolgersi basandosi su conoscenze scientifiche e tecniche e sulle risorse organizzative, professionali e tecnologiche disponibili (De Bleser et al, 2006).

I percorsi clinici forniscono le procedure organizzative e terapeutiche per ogni fase del processo di cura di un paziente (diagnosi, terapia, intervento chirurgico, follow-up, etc). Possono essere visti come algoritmi descritti da flowchart dove sono definite in dettaglio tutte le decisioni e i trattamenti da fornire al paziente, con una logica basata su fasi sequenziali. Sono essenziali nella gestione di un ospedale perché mettono d'accordo due punti di vista che spesso sono antitetici: il beneficio per il paziente e il rispetto dei vincoli di bilancio. Sono al tempo stesso uno strumento cardine del governo clinico e un'assicurazione della qualità e dell'efficacia, ma anche indicatori di una buona organizzazione e quindi dell'efficienza produttiva. I percorsi clinici permettono di descrivere la creazione del valore ponendo al centro il paziente (Panella et al, 2003). Sono, pertanto, a tutti gli effetti gli strumenti ideali per il cosiddetto *value-based management*, perché definiscono le modalità operative per conseguire al meglio lo scopo proprio della struttura sanitaria, ossia l'esito finale in salute, l'*outcome* per il paziente, e determinare di conseguenza la quantità di risorse necessarie. Essi permettono di raggiungere contemporaneamente tutte le caratteristiche positive richieste all'attività di un ospedale (e in generale di una struttura sanitaria), ossia di fare le cose giuste (efficacia) con le risorse e nei tempi giusti (efficienza), garantendo uniformità di trattamento (equità).

I percorsi clinici furono introdotti nei primi anni Novanta nel Regno Unito e negli Stati Uniti e successivamente si sono diffusi in tutto il mondo occidentale (Zander, 2002). L'implementazione di un percorso clinico per una patologia specifica richiede una chiara identificazione delle attività che compongono il processo di cura da parte di un team multiprofessionale e multidisciplinare (medici, infermieri, tecnici sanitari, etc). Sotto questo punto di vista, il percorso clinico viene visto come un progetto composto da molte attività. Uno degli scopi per cui si studia un percorso clinico è il miglioramento della qualità delle cure, eliminando o riducendo il più possibile l'eccessiva variabilità che si osserva nella pratica corrente.

Una parte di questa variabilità è giustificata dalla presenza di diverse condizioni di salute dei pazienti e dall'incertezza che governa alcuni trattamenti terapeutici, ma una parte di questa variabilità non è giustificata ed è fonte di sprechi e inefficienze (Cote e Stein, 2007). Di conseguenza, la standardizzazione delle cure attraverso la definizione di percorsi di cura e la loro applicazione con i metodi della ricerca

operativa può consentire di migliorare la qualità e al tempo stesso ridurre i costi (Panella et al, 2003; Aringhieri et al, 2013; Ozcan, 2009; Vissers e Beech, 2005).

Nella letteratura medica i singoli percorsi clinici per le diverse condizioni sono descritti in molti studi di gestione delle malattie (*disease management*). Questi studi mostrano che i percorsi clinici, se implementati in modo appropriato, migliorano l'*outcome* e gli esiti delle cure, riducendo i tempi di degenza e la variabilità del trattamento, consentendo di ridurre i costi di produzione (Campbell et al, 1998; Rotter et al, 2010). Dal punto di vista organizzativo, gli studi presenti in letteratura sono piuttosto eterogenei e di solito affrontano singoli aspetti (Vissers e Beech, 2005), ma la maggiore carenza a livello di studi riguarda il collegamento del percorso clinico agli aspetti organizzativi delle strutture sanitarie. Ad esempio, come si può selezionare una patologia affinché si presti alla gestione standard del flusso dei pazienti? Al riguardo, Zander e Bower (1987) riportano una lista di criteri per la selezione della patologia, indicando l'utilità nell'impegnare risorse per stabilire e implementare un percorso clinico per una determinata condizione clinica.

I criteri riportati in questa lista sono i seguenti: patologia prevalente nell'ambito dell'assistenza, patologia con un rischio significativo per i pazienti, patologia con un costo elevato per l'ospedale, corso clinico prevedibile, patologia ben definita e che consente una cura omogenea, presenza di raccomandazioni cliniche o di opinioni degli esperti, variabilità inspiegabile della cura/trattamento, possibilità di ottenere un accordo professionale, implementazione multidisciplinare. Si suggerisce che si possa selezionare la patologia se almeno l'80% dei criteri sopra elencati è presente (Ozcan et al, 2013). Il percorso clinico si rappresenta usualmente attraverso una flowchart per descrivere il movimento del paziente attraverso le diverse fasi della cura.

In ogni fase il paziente incontra una particolare figura professionale della struttura che svolge una determinata attività. Nella figura 1 è riportato, come esempio, il percorso clinico della tiroidectomia (Drg 290) adottato presso l'ospedale San Martino di Genova (Ozcan et al, 2011 e 2013). La messa a punto di questo percorso relativo a un particolare intervento chirurgico di elezione richiede tempi piuttosto lunghi in quanto occorre in primo luogo assicurarsi che vi siano i criteri per implementarlo e che tutte le decisioni e le azioni siano identificate. Questa flowchart è stata sviluppata grazie a diversi incontri con il personale dell'ambulatorio, delle aree di degenza e della sala operatoria di una unità di chirurgia endocrina.

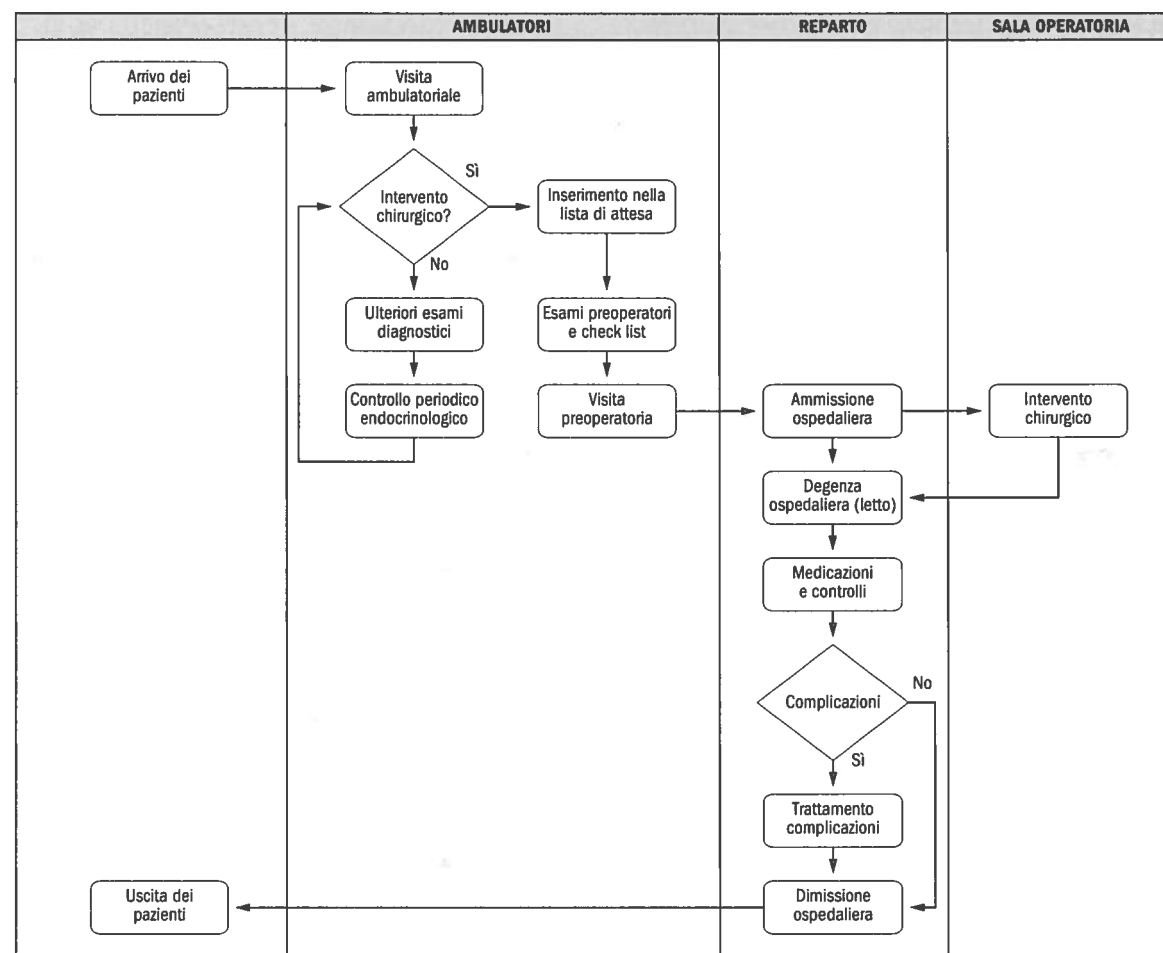


Figura 1 - Flowchart per rappresentare il percorso clinico per l'intervento di tiroidectomia (Drg 290).

## 2. La costruzione di un modello di simulazione per singolo percorso

Obiettivo specifico di questo lavoro è dimostrare come la ricerca operativa e, in particolar modo, i modelli di simulazione rappresentino un approccio metodologico in grado di assicurare la compatibilità di un'organizzazione per percorsi clinici e la messa a punto delle migliori condizioni per soddisfare sia il cittadino/paziente che l'azienda sanitaria. Rispetto ai modelli di gestione tradizionali, i metodi quantitativi aziendali sono quelli che più si adattano alla rappresentazione e all'analisi dei percorsi clinici in sanità (figura 1). Gli strumenti di analisi di processo tradizionali a disposizione non appaiono infatti adeguati a rappresentare l'elevata complessità dei percorsi clinico-terapeutici. Uno strumento che permette la costruzione di un modello per la rappresentazione e l'analisi di un percorso clinico è la simulazione.

La simulazione è uno strumento proveniente dalla ricerca operativa e utilizza modelli astratti che replicano la realtà e le caratteristiche di un sistema. Permette di progettare sistemi stocastici e di definirne le caratteristiche operative, replicando il funzionamento di un sistema tramite il ricorso a distribuzioni di probabilità che generano casualmente gli eventi all'interno del sistema stesso. Dal sistema simulato si possono ottenere osservazioni su indici di performance e statistiche sugli elementi presenti all'interno del sistema reale per valutarne il funzionamento.

Nel modello di simulazione vengono descritte le operazioni all'interno del sistema e le modalità e la sequenza in cui devono essere eseguite. La simulazione consente di sviluppare modelli costruiti per determinare la risposta di un sistema a fronte di cambiamenti endogeni e/o esogeni. Il suo punto di forza consiste nella capacità di rappresentare e analizzare

un processo dinamico che sarebbe troppo complesso da analizzare con i consueti strumenti dell'analisi di management aziendale.

Per definire un percorso clinico tramite la simulazione si eseguono tre diverse fasi di seguito elencate.

- **Fase 1.** Per individuare la natura del processo di flusso e per creare un percorso clinico funzionale, il primo passo consiste nell'identificare le attività fondamentali che compongono il processo delle prestazioni sanitarie (*Breakdown activity structure*) come un progetto integrato con molteplici attività da eseguire.
- **Fase 2.** Per tener conto della variabilità e delle caratteristiche stocastiche del sistema, nonché della disponibilità di risorse coinvolte nel percorso clinico, l'uso di un modello di simulazione a eventi discreti (*Discrete event simulation - Des*) è la scelta più naturale e ovvia. Lo scopo del modello di simulazione è duplice. In primo luogo consente di valutare le prestazioni del modello, attraverso l'uso di un insieme di indicatori, tenendo conto sia del punto di vista del paziente (tempo di attesa, variabilità rispetto alle linee guida cliniche) sia del punto di vista ospedaliero (*throughput*, sovra o sottoutilizzo delle sale operatorie, occupazione delle aree di degenza, etc). In particolare l'analisi dell'output della simulazione individua le misure di prestazione del sistema relative a ciascun compito e le relative attività critiche. In secondo luogo, il modello di simulazione può identificare le risorse 'scarse' che rappresentano i colli di bottiglia del processo. Ultima componente di questa fase è la definizione di un insieme di indicatori di performance da adottare nella fase successiva per la valutazione delle performance del sistema.
- **Fase 3.** Quando le prestazioni sono scarse, e più specificamente quando la differenza tra il valore reale e il valore standard degli indicatori è superiore rispetto a un valore obiettivo predeterminato (ad esempio, il tempo di attesa di un paziente più lungo di quello garantito dalle indicazioni nazionali), alcune strategie devono essere sviluppate per poter essere migliorate, ad esempio aumentando i blocchi operatori se le sale operatorie sono insufficienti per la domanda del servizio. Nel framework proposto, tali strategie vengono rilevate attraverso modelli di ottimizzazione. Dopo aver individuato che "cosa è migliore" (*what is best*), è possibile sviluppare un'analisi di scenario, ossia vedere "cosa succede se" (*what if*) per convalidare la soluzione trovata attraverso il modello di ottimizzazione. L'analisi di scenario è un altro punto di forza del framework, in quanto consente di considerare contemporaneamente sia il punto di vista del singolo paziente, sia il punto

di vista della struttura sanitaria. In termini economici, ciò significa che il modello integra sia il lato dell'offerta che il lato della domanda.

È importante inoltre che il modello venga validato. La validità del modello concettuale sta nel determinare che le teorie e le ipotesi sottostanti al modello stesso siano corrette e la rappresentazione del modello e la struttura, la logica e le relazioni matematiche e causali del modello siano 'ragionevoli' (Balci, 1989). Le teorie e le ipotesi che sottostanno al modello devono essere valutate tramite test, usando analisi matematiche e metodi statistici sui dati forniti dal modello (Balci, 2003). Pertanto la validazione può essere vista come una verifica quantitativa che informa l'analista che il modello può rappresentare la realtà oggetto dello studio, attraverso un insieme di indicatori e altri valori numerici. La validazione del modello inoltre deve coinvolgere gli operatori del sistema che si vuole simulare, come ad esempio i medici (il cosiddetto '*face validity*') o i pazienti (il cosiddetto '*public and patient involvement*') (Pearson et al, 2013).

Per poter implementare un modello di simulazione è necessario *in primis* analizzare il sistema e da questo capire quale tipo di simulazione si adatta ai bisogni dell'analista, valutando se è necessaria una simulazione a eventi discreti, una simulazione dinamica dei sistemi (*system dynamics*) o una simulazione basata sugli agenti (*agent-based*). I dati necessari per la definizione del modello derivano dall'osservazione del sistema. Per quanto riguarda il percorso clinico possono essere, ad esempio, il tempo di 'interarrivo' dei pazienti (tempo intercorso tra l'arrivo di un paziente e il successivo), le distribuzioni di frequenza di un determinato servizio, i tempi e gli orari delle attività delle strutture, le regole di accesso alle strutture (se l'accesso del paziente alla struttura avviene tramite delle priorità cliniche oppure tramite una determinata regola, come il *First-in, First-out*).

Ma come può la simulazione gestire i percorsi clinici? A questa domanda è possibile rispondere attraverso un insieme di lavori sviluppati dal nostro gruppo di ricerca. Un esempio è rappresentato da uno studio effettuato per il Dipartimento chirurgico dell'Ospedale San Martino di Genova, dove venivano rappresentati diversi percorsi clinici di pazienti che afferivano alla struttura. La potenzialità di questo modello fu di rappresentare un insieme di problemi e fornirne la relativa soluzione. Il modello considerava diversi percorsi nella struttura e la loro gestione, considerando anche le risorse disponibili (come le sale operatorie e i letti di degenza). Dopo aver raccolto i dati e descritto i diversi percorsi attraverso delle flow-chart, è stato definito un modello di simulazione a eventi discreti costruito a partire non

solo dalle singole flowchart, ma considerando anche l'intera struttura del dipartimento di chirurgia e gli accessi sia elettivi che urgenti (figura 2).

### 3. La costruzione di un modello di simulazione per struttura

Non è sufficiente peraltro soffermarsi soltanto sul singolo percorso clinico, perché all'interno di una struttura sanitaria afferiscono contemporaneamente gruppi di pazienti con diverse condizioni cliniche, definendo per ogni gruppo un diverso percorso clinico.

È evidente che tutti i percorsi competono sulle stesse risorse aziendali, quali i posti letto di degenza, le sale operatorie o il personale medico e infermieristico. Oltre a una flowchart che definisca in dettaglio ciascun percorso, occorre formalizzare un modello per struttura che possa servire da framework di riferimento per lo studio della performance complessiva della struttura. L'organizzazione di una struttura sanitaria basata sui percorsi clinici è piuttosto complessa e richiede un approccio integrato dove diversi metodi quantitativi, e *in primis* i metodi di ricerca operativa, dovrebbero essere utilizzati per fornire le migliori soluzioni operative. Un'ulteriore complessità

deriva dal fatto che le soluzioni operative devono tenere conto contemporaneamente dei due principali stakeholder del processo di cura: i pazienti e le strutture sanitarie (figura 2) (Ozcan, 2009; Vissers e Beech, 2005).

Ogni percorso clinico viene implementato in un modello di simulazione che include anche il flusso degli altri pazienti nella struttura. Il modello di simulazione complessivo della struttura presenta elementi diversi ed eterogenei, come code, tempi di attesa, regole decisionali, casistiche diverse di pazienti, servizi (Tanfani e Testi, 2012).

Il modello descrive tutti i pazienti che si muovono in un certo periodo all'interno di un determinato contesto, che nel nostro esempio può essere il dipartimento di chirurgia o l'intero ospedale. I pazienti possono essere urgenti (provenienti dal pronto soccorso) oppure elettivi (ammissioni programmate). Ogni paziente presenta specifiche caratteristiche (cliniche, sociosanitarie, anagrafiche) e svolge un cammino personalizzato a seconda della propria condizione patologica (ad esempio, presenza di una degenza preoperatoria, intervento di day hospital, esami diagnostici pre o post-operatori). Altre caratteristiche che contraddistinguono il paziente, oltre ai dati anagrafici, sono l'urgenza del trattamento (che si traduce

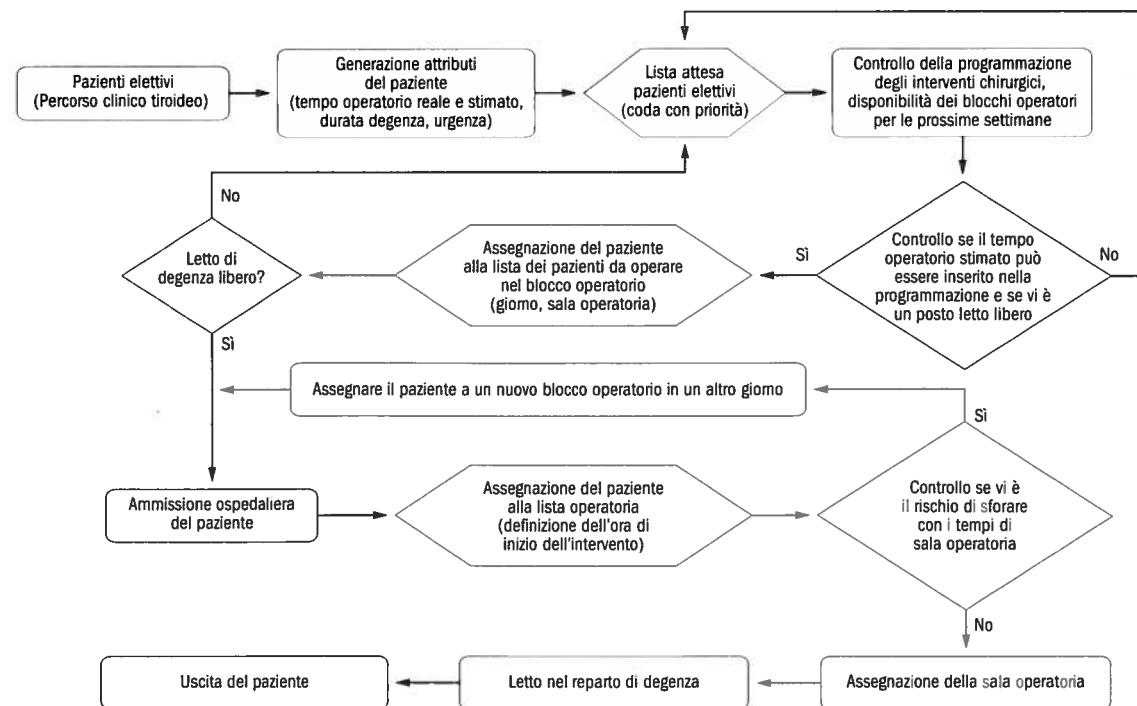


Figura 2 - Modello di simulazione per la gestione del percorso clinico del paziente tiroideo.

in priorità di trattamento) e il tempo atteso dell'intervento. Una volta entrati nel percorso clinico, i pazienti elettivi passano prima nelle liste di attesa dove verranno tenute in considerazione le caratteristiche del paziente (come la patologia, la priorità clinica, etc) per l'ammissione. Per i pazienti urgenti invece è previsto l'accesso diretto tramite ammissione ospedaliera e la successiva valutazione per l'intervento chirurgico. In seguito all'intervento chirurgico, il paziente rimane ricoverato per un certo periodo e poi dimesso dalla struttura ospedaliera.

Vi sono diversi metodi per analizzare e implementare il modello, combinando diverse tecniche, quali l'uso di modelli ibridi (eventi discreti con dinamica dei sistemi o eventi discreti con agenti) o la combinazione di simulazione con modelli di ottimizzazione. Uno dei vantaggi dei modelli di simulazione è che si possono considerare contemporaneamente diversi punti di vista. Nei casi di studio qui indicati si considerano il punto di vista sia del paziente sia della struttura sanitaria.

Quindi l'elemento chiave nella funzione di analisi del sistema è la rappresentazione non di un solo percorso clinico, bensì l'inclusione di diversi percorsi clinici all'interno di una struttura dove vengono svolte diverse attività. Nella figura 3 viene rappresentato un modello di simulazione complessivo dove diversi percorsi clinici afferiscono al dipartimento di chirurgia, mettendo in evidenza un insieme di problemi organizzativi, quali la gestione delle liste di attesa, la gestione delle sale operatorie e la gestione delle aree di degenza e dei pazienti nel reparto.

Un ulteriore problema presente e interconnesso con i precedenti è l'arrivo dei pazienti provenienti dal pronto soccorso che concorrono nell'uso delle risorse di reparto, generando il problema del 'boarding'. Nella tabella 1 sono riportati gli indicatori utilizzati per il modello di simulazione della gestione del dipartimento di chirurgia.

### 4. Applicazione a diversi casi di studio

In questo paragrafo si riportano alcune delle applicazioni che hanno utilizzato la simulazione nell'ambito del framework presentato nella figura 3. Si tratta di studi effettuati in collaborazione con l'Ospedale San Martino di Genova ed enti regionali che hanno affrontato i principali problemi di gestione dei percorsi clinici. Le attività di collaborazione svolte dal nostro gruppo di ricerca hanno portato allo sviluppo di molti progetti di ricerca basati sull'individuazione di soluzioni ottimali in sanità attraverso l'uso di strumenti quali percorsi clinici, simulazione e ottimizzazione.

I modelli che verranno presentati di seguito ri-

guardano problemi legati alla gestione delle liste di attesa, alla gestione delle sale operatorie e alla determinazione del mix ottimale di risorse, alla gestione delle aree di degenza e infine alla gestione degli accessi concorrenti di flussi di pazienti su risorse condivise.

#### 4.1. La gestione della lista di attesa

La prima applicazione riguarda la valutazione dell'impatto di un algoritmo per trasformare l'urgenza clinica in regola di chiamata (priorità) per pazienti in attesa di ricovero chirurgico.

La gestione delle liste di attesa è affrontata nel progetto 'Surgical waiting list info system' (Swalis) (Valente et al, 2009). Il modello di simulazione comprende tutti i flussi di pazienti elettivi che afferiscono al dipartimento di chirurgia, composto da diverse unità operative. Lo studio si propone di assicurare che i pazienti vengano operati entro il tempo massimo di attesa previsto dalla loro condizione clinica, migliorando gli accessi alle sale operatorie e la gestione dei letti di degenza.

Le risorse presenti nel modello sono il numero di letti di degenza post-chirurgica (105) e il numero di ore di apertura sala operatoria (sei ore per cinque giorni a settimana), mentre i processi presenti sono la gestione delle liste di attesa dei pazienti, la gestione del blocco operatorio e la gestione delle aree di degenza. Il modello classifica i pazienti per classe di urgenza, programma le ammissioni attraverso un sistema progressivo di punteggio (Testi et al, 2008). L'algoritmo Swalis è stato applicato con successo alla realtà ospedaliera e ha permesso di raggiungere risultati significativi a parità di risorse.

#### 4.2. Determinazione del mix ottimale di risorse per obiettivo

La seconda applicazione riguarda la messa a punto di un supporto decisionale per determinare il mix di risorse (posti letto e ore di sala operatoria) necessario a seconda dell'obiettivo scelto dal management dell'ospedale (Ozcan et al, 2017). Quando diverse prospettive sono presenti in un problema di decisione, diventa critico il bilanciamento degli obiettivi. In particolare il problema di trattare i pazienti nel tempo 'appropriato' secondo le indicazioni cliniche per evitare un peggioramento di condizioni, dolore e disfunzioni ai pazienti senza aumentare le risorse esistenti.

Il modello dimostra che non è tanto importante aumentare le risorse esistenti, quanto piuttosto assicurare il loro corretto mix. Esso consente di determinare quanto il raggiungimento di un obiettivo – per esempio il trattamento di un paziente secondo il tempo appropriato, obiettivo considerato priori-

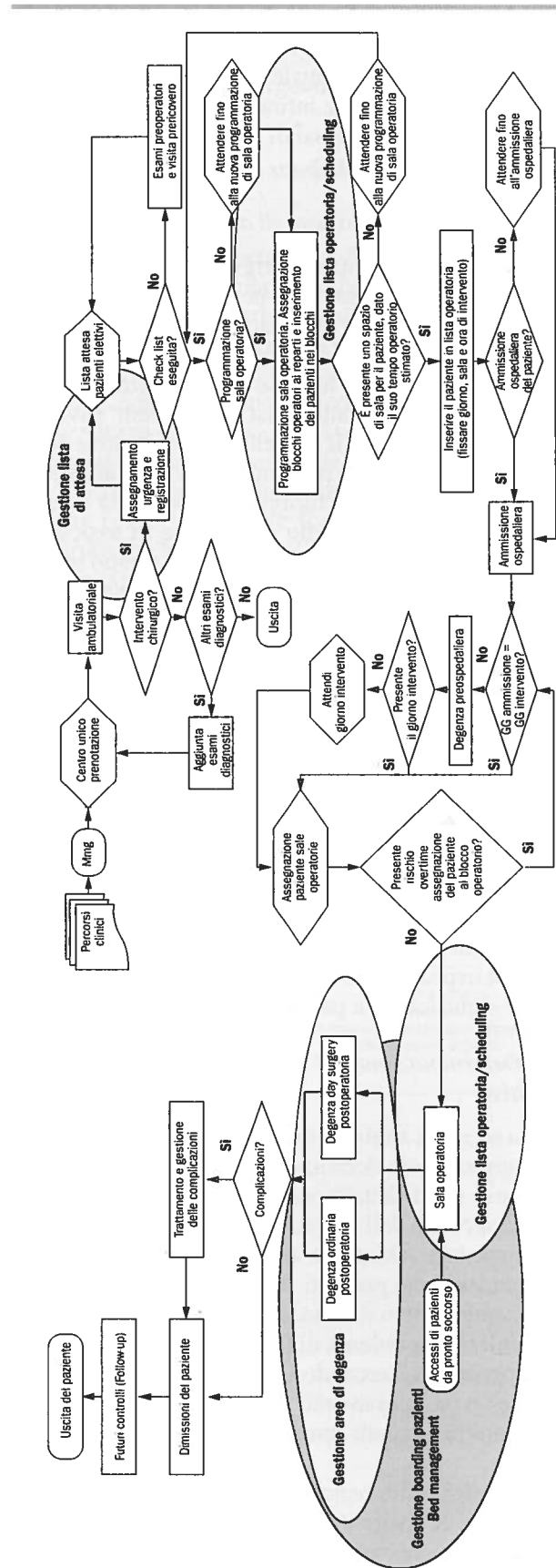


Figura 3 - Modello di simulazione complessivo per la descrizione dell'attività di un dipartimento di chirurgia.

tario – costi in termini di minore tasso di occupazione dei posti letto o della sala operatoria. Il modello di simulazione e ottimizzazione sviluppato cerca e valuta le configurazioni di risorse alternative per equilibrare i due obiettivi principali che soddisfano sia le esigenze del paziente (garantendo l'intervento entro il tempo massimo previsto secondo la relativa classe di priorità clinica), sia le esigenze della struttura sanitaria, rappresentate da un alto tasso di utilizzo dell'area di degenza, delle sale operatorie e da un alto numero di pazienti trattati (*throughput*). Il modello è stato applicato per valutare il percorso della tiroidectomia e di tutti gli altri pazienti afferenti all'unità operativa contemporaneamente.

Il basso tasso di utilizzo dei posti letto associato a lunghi tempi di attesa indica un sovradimensionamento delle aree di degenza rispetto alla disponibilità della sala operatoria. Il modello permette di calcolare le risorse aggiuntive necessarie a seconda della priorità scelta, migliorare l'utilizzo complessivo delle risorse (posti letto e sale operatorie), oppure assicurare che tutti i pazienti siano operati entro il tempo garantito dalle indicazioni nazionali.

### 4.3. La riorganizzazione delle aree di degenza per intensità assistenziale

La terza applicazione riguarda la definizione della composizione ottima delle aree di intensità assistenziale previste dalla riorganizzazione di un dipartimento chirurgico (Landa et al, 2013).

Un modello di simulazione a eventi discreti descrive i flussi di pazienti elettivi e urgenti che afferiscono al dipartimento e si pone l'obiettivo di valutare l'impatto di una riorganizzazione delle risorse interne delle aree di degenza per intensità di cura rispetto al modello 'tradizionale' (con aree di degenza divise per specialità clinica come, ad esempio, urologia, ortopedia, chirurgia toracica, chirurgia plastica, etc). La capacità disponibile dei letti non viene più divisa tra unità operative basate sulla patologia e sulla disciplina medica, ma in tre aree di degenza omogenee rispetto alla complessità dell'assistenza (bassa, media, alta). Attraverso un modello di ottimizzazione integrato nel modello di simulazione, viene determinato il numero di letti da assegnare a ciascun livello assistenziale al fine di massimizzare il numero di pazienti operati.

I risultati evidenziano come, a parità di risorse in termini di disponibilità di sala operatoria, l'organizzazione per intensità di cura permetta non soltanto di aumentare il numero di pazienti operati ma anche di migliorare altri indicatori rilevanti, quali interventi chirurgici cancellati o rinviati, tasso di utilizzo delle sale operatorie, tasso di occupazione dei posti letto.

Tabella 1 - Indicatori di performance scelti per la valutazione del modello di simulazione nel caso di un dipartimento di chirurgia

Indicatori di performance	Sottoprocessi	Dimensione valutata
Tempo medio di attesa di pazienti operati entro il proprio tempo massimo	Gestione liste di attesa	Efficienza Equità
Numero di interventi Numero di interventi rimandati Numero di interventi cancellati Tasso di utilizzo sala operatoria	Gestione della sala operatoria	Attività sala operatoria Equità Efficienza della sala operatoria
Numero di ricoveri Degenza media Tasso di utilizzo dei posti letto	Gestione del reparto di degenza	Attività reparto degenza Efficienza reparto degenza

### 4.4. La gestione del ricovero dei pazienti provenienti dal pronto soccorso

La quarta applicazione riguarda la messa a punto di regole e indicatori per migliorare il *boarding* dei pazienti emergenti nelle aree di degenza valutando l'efficacia di diverse strategie alternative. Diversi modelli di simulazione sono stati sviluppati (Landa et al, 2016a e b, 2018) grazie a una collaborazione scientifica con Agenzia regionale sanitaria (Ars) Liguria e Agenzia ligure per la sanità (Alisa), agenzie della Regione Liguria.

Obiettivo della ricerca è la definizione di modelli di simulazione per valutare l'introduzione della figura del *bed manager* e le possibili azioni da intraprendere per la gestione dei due flussi di pazienti che si rivolgono agli ospedali, i pazienti urgenti provenienti dal pronto soccorso e i pazienti elettivi che provengono dalle liste di attesa. La competizione di questi due flussi su una capacità recettiva ospedaliera che non può essere aumentata e che nel tempo è diminuita porta gravi problemi di sovraffollamento, di peggioramento della qualità delle cure e di insoddisfazione dei cittadini.

Come caso di studio, è stata analizzata l'attività di un ospedale di medie dimensioni (Villa Scassi, Asl 3 Genovese), utilizzando microdati relativi al 2012 provenienti da due flussi informativi amministrativi: il pronto soccorso e la banca dati delle schede di dimissione ospedaliera. I modelli consentono di riprodurre il percorso dei flussi di pazienti nei due momenti di:

- generazione della domanda, esaminata nella sua variabilità temporale (per ora del giorno, giorno della settimana e mese dell'anno), stimando anche alcune funzioni comportamentali che la modificano in funzione del sovraffollamento (per esempio, dimissioni accelerate dei pazienti meno gravi dal pronto soccorso e aumento del flusso degli arrivi in pronto soccorso di pazienti elettivi per evitare attese troppo lun-

ghese se si seguono i canali usuali della programmazione);

- erogazione delle prestazioni (aspetto dell'offerta), tenendo conto del percorso dei pazienti dei due flussi (urgenti e elettivi) durante la loro permanenza nelle aree di degenza ospedaliera. Obiettivo specifico della ricerca è stato lo studio del momento di maggiore criticità, ossia la cosiddetta fase di *boarding* dei pazienti, dove i pazienti che non possono essere rimandati a casa e che devono essere ricoverati attendono un posto letto di degenza libero. In mancanza di posti letti adeguati liberi, si registrano, infatti, lunghe attese su barelle aspettando il ricovero che molto spesso è subottimale perché nelle situazioni concrete si adottano due possibili azioni: i) ammettere le persone temporaneamente in reparti diversi da quelli indicati (la cosiddetta 'misallocazione'), ii) bloccare le ammissioni di pazienti elettivi già programmati per i giorni immediatamente successivi, rimandando i relativi interventi chirurgici.

Questi due meccanismi di compensazione vengono attivati da un algoritmo (che simula l'attività del *bed manager*, la figura professionale ospedaliera dedicata ai problemi di *bed management*). L'algoritmo agisce sul valore registrato di parametri prefissati (che vengono scelti in anticipo e costituiscono il livello di qualità che si vuole raggiungere), quali il tempo massimo di attesa dei pazienti diagnosticati dal pronto soccorso prima di proseguire nei reparti ospedalieri, il numero massimo di pazienti in attesa sulle barelle e il numero di giornate di blocco degli elettivi.

Il superamento di tali parametri attiva i due meccanismi di compensazione sopra descritti: in particolare, quando il tempo di attesa è maggiore di quello fissato, si autorizza il ricovero in reparti non appropriati; quando invece il numero di pazienti in attesa sulle barelle è maggiore del numero massimo fissato,

si bloccano le ammissioni programmate per uno o più giorni successivi. Le strategie correttive confrontate nell'analisi si possono raggruppare in due livelli a seconda dei vincoli considerati.

Livello operativo: a parità di risorse e di organizzazione, si modificano le regole e i parametri del *bed management*.

Livello tattico: si prevede la revisione di alcune regole organizzative aziendali che non richiedono modificazioni delle risorse complessive, ma una semplice redistribuzione del lavoro, degli spazi e dei turni (introduzione di una *discharge room* con funzioni di *buffer*, possibilità di dimettere anche durante i fine settimana, riassegnazione temporanea di alcuni letti tra le diverse specialità per far fronte a particolari emergenze).

## 5. Conclusioni

L'alta complessità dei processi in sanità porta notevoli difficoltà nell'analisi per l'introduzione, la gestione e la valutazione di nuovi strumenti quali i percorsi clinici di cura. Tecniche derivanti dalla ricerca operativa, quali i modelli di simulazione, permettono all'analista attraverso la definizione di modelli, framework e software dedicati, di sviluppare soluzioni ottimali multiobiettivo.

In questo articolo si descrivono alcune collaborazioni scientifiche tra università e aziende sanitarie ed enti regionali. Gli esempi descritti mostrano i vantaggi della simulazione, l'importanza e l'utilità dell'applicazione di queste metodologie come supporto alle decisioni per programmare, gestire e valutare i percorsi clinici ospedalieri.

## Ringraziamenti

Questo lavoro di sintesi è il frutto di anni di collaborazione e confronto con lo staff dell'Ospedale San Martino di Genova. In particolar modo si ringrazia il professor Giancarlo Torre, che ha fornito un aiuto essenziale allo sviluppo di questi studi.

Si ringrazia inoltre lo staff di Ars Liguria e Alisa, in particolare i dottori Walter Locatelli, Domenico Gallo e Francesco Quaglia, per averci dato la possibilità di analizzare i dati della Regione Liguria per lo sviluppo degli studi sul *bed management*.

## Bibliografia

- Aringhieri R, Tanfani E, Testi A (2013), Operations research for health care delivery, *Computers & Operations Research*, 40 (9): 2165-2166.
- Balci O (1989), How to assess the acceptability and credibility of simulation results, in MacNair EA, Musselman KJ, Heidelberger P (a cura di), *Proceedings 1989 winter simulation conference*, Piscataway-NJ, Institute of electrical and electronic engineers inc, pp 62-71.
- Balci O (2003), Validation, verification, and certification of

modeling and simulation applications, in Chick S, Sanchez PJ, Ferrin E, Morrice DJ (a cura di), *Proceeding 2003 winter simulation conference*, Piscataway-NJ, Institute of electrical and electronic engineers inc, pp 150-158.

- Campbell HHR, Bradshaw N, Porteous M (1998), Integrated care pathways, *BMJ*, 316: 133-144.
- Cote MJ, Stein WE (2007), A stochastic model for visit to the doctor's office, *Mathematical and Computer Modeling*, 45: 309-323.
- De Bleser L, Depreitere R, De Waele K et al (2006), Defining pathways, *J Nurs Manag*, 14: 553-563.
- Landa P, Sonnessa M, Tanfani E, Testi A (2016a), Managing emergent patient flow to inpatient wards: a discrete event simulation approach, in *Simulation and modeling methodologies, technologies and applications. International conference*, Simultech 2014, Vienna, Austria, August 28-30, 2014. Revised selected papers, Edition: Advances in intelligent systems and computing, chapter 17, Springer, Obaidat MS, Oren T, Kacprzyk J, Filipe J (a cura di), pp 333-350.
- Landa P, Sonnessa M, Tanfani E, Testi A (2016b), System dynamics modeling of emergent and elective patient flows, in Matta A, Sahin E, Li J, Guinet A, Vandaele NJ (a cura di), *Health care systems engineering for scientists and practitioners*, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics.
- Landa P, Sonnessa M, Tanfani E, Testi A (2018), Multiobjective bed management considering emergency and elective patient flows, *IntTrans Oper Res*, 25 (1): 91-110.
- Landa P, Tanfani E, Testi A (2013), Simulation and optimization for bed re-organization at a surgery department, in *Simulation and modeling methodologies, technologies and applications*, International Conference, Simultech 2013 Reykjavik, Iceland, pp 584-594.
- Ozcan YA (2009), *Quantitative methods in health care management: techniques and applications*, 2ª edizione, Jossey-Bass Wiley, San Francisco.
- Ozcan YA, Tanfani E, Testi A (2011), A simulation-based modeling framework to deal with clinical pathways, in Jain S, Creasey RR, Himmelspach J et al (a cura di), *Proceedings of the 2011 winter simulation conference*, Piscataway-NJ, Institute of electrical and electronic engineers inc, pp 1190-1201.
- Ozcan YA, Tanfani E, Testi A (2013), Project management approach to implement clinical pathways: an example for thyroid treatment, in Zaric G (a cura di), *Operations research and health care policy, Series on operations research and management science*, 190, Springer, Newton, pp 91-104.
- Ozcan YA, Tanfani E, Testi A (2017), Improving the performance of surgery-based clinical pathways: a simulation-optimization approach, *Health Care Manag Sci*, 20: 1-15.
- Panella M, Marchisio S, Stanislao F (2003), Reducing clinical variations with clinical pathways: do pathways work?, *Int J Qual Health Care*, 15: 509-521.
- Pearson M, Monks T, Gibson A et al (2013), Involving patients and the public in healthcare operational research: the challenges and opportunities, *Oper Res Health Care*, 2 (4): 86-89.
- Porter ME (2010), What is value in health care?, *NEJM*, 363: 2477-2481.
- Rotter T, Kinsman L, James E et al (2010), Clinical pathways: effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs (review), *Cochrane Database Syst Rev*, (3): CD006632. doi: 10.1002/14651858.CD006632.pub2.
- Tanfani E, Testi A (2012), A decision support tool to analyze clinical pathways in hospital, in Tanfani E, Testi A (a cura di), *Advanced decision making methods applied to health services, International series on operations research and management science*, 173, Springer-Verlag, Milano, pp 191-211.

Testi A, Tanfani E, Valente R, Ansaldo G, Torre GC (2008), Prioritising surgical waiting list, *J Eval Clin Pract*, 14 (1): 59-64.

- Valente R, Testi A, Tanfani E et al (2009), A model to prioritize access to elective surgery on the basis of clinical urgency and waiting time, *BMC Health Serv Res*, 9: 1.
- Vissers J, Beech R (2005), *Health operations management patient flow logistics in health care*, Routledge, UK.
- Zander K (2002), Integrated care pathways: eleven international trends, *J Integr Care Pathways*, 6: 101-107.
- Zander K, Etheredge ML, Bower K (1987), *Nursing case man-*

*agement: blueprints for transformation*, Boston, New England Medical Center, Center for Nursing Case Management.

**Conflitto di interessi** Nessuno

**Autore per la corrispondenza**  
Paolo Landa, p.landa@exeter.ac.uk

Ricevuto 1 novembre 2017; accettato 29 novembre 2017