***Progetto: Agent Based Modelling in Healthcare***

**Un modello basato su agenti per l’analisi della mobilità ospedaliera di pazienti che necessitano di sottoporsi a sostituzione d’anca.**

Diversi lavori in letteratura hanno analizzato il fenomeno della mobilità ospedaliera[[1]](#footnote-1), in particolare nei paesi in cui il sistema sanitario è prevalentemente decentralizzato. Questo perché la mobilità passiva (residenti nella regione A che vengono curati in altre regioni) e quella attiva (residenti in altre regioni e curati nella regione A) rappresentano un importante *proxy* per valutare la qualità e l’equità delle cure ospedaliere nelle varie regioni. E’ inoltre un aspetto importante da tenere sotto controllo per i policy maker: ogni regione che ospita dei pazienti residenti in altre regioni dovrà ricevere un rimborso da quelle regioni in base a durata del ricovero, tipo di intervento, ecc. Secondo il rapporto GIMBE 2018 il valore della mobilità sanitaria ammonta a oltre 4 miliari di Euro, con regioni a credito (Lombardia oltre 700 milioni di credito verso le altre regioni) e ovviamente regioni a debito (Campania oltre 350 milioni). La letteratura ci dice che i principali fattori che favoriscono la mobilità ospedaliera sono legati al paziente (sociali, demografici, economici, ecc.) alla qualità dei servizi regionali, oltre che a componenti strutturali come personale, tecnologie e attrezzature disponibili. In appendice vengono riportati alcuni lavori e le variabili analizzate. Generalmente, la capacità ospedaliera viene misurata utilizzando il numero di posti letto per popolazione a livello regionale. Tuttavia questo indicatore non tiene conto di due aspetti correlati fra loro: 1) l’accessibilità alle strutture in termini di distanza che il paziente deve percorrere per accedere al servizio e 2) la disponibilità di strutture extra-regionali in particolare per pazienti che vivono nelle zone rurali o nelle aree interne.

Questo argomento vede al momento due studi pubblicati e uno in via di pubblicazione da parte del gruppo di lavoro IRPPS. Il primo[[2]](#footnote-2) ha analizzato la distribuzione delle terapie intensive a livello nazionale per determinare quali porzioni di territorio hanno una scarsa accessibilità alle cure intensive verificando, per ogni regione, il livello di equità in tale accesso. Il secondo studio[[3]](#footnote-3) ha invece approfondito il discorso della mobilità ospedaliera attraverso lo studio di flussi di pazienti e la identificazione di due pattern ben specifici: il primo riguarda le regioni i cui pazienti accedono agli ospedali in base alla loro prossimità. Ciò si riscontra principalmente nelle regioni settentrionali dove la richiesta di prestazioni ospedaliere può essere associata ad una rete capillare di strutture extraregionali che in regioni, come il Friuli Venezia Giulia, sono facilmente accessibili per la conformazione del territorio, della rete dei trasporti e la distribuzione della popolazione. Il secondo pattern comprende invece le regioni i cui pazienti desiderano o hanno bisogno di spostarsi per accedere a ospedali situati a distanze molto lunghe. Questo modello si riscontra principalmente nelle regioni meridionali, come Molise e Calabria, dove un'alta percentuale di pazienti accede a servizi extraregionali forniti dalle regioni del nord, come la Lombardia. Questo fenomeno è associabile alla richiesta di servizi qualitativi e tempestivi non sempre garantiti dalle strutture limitrofe. Questo studio si basa sui dati di mobilità forniti dal rapporto SDO e quindi aggregati a livello regionale.

Il gruppo sta inoltre portando avanti uno studio focalizzato sulla mobilità passiva con particolare riferimento agli interventi di protesi d’anca. La scelta del caso studio è dovuta sia all’importanza data a questo intervento dal Programma Nazionale Esiti (il numero di interventi e la qualità espressa da ogni ospedale fa parte degli indicatori di qualità delle strutture e dei territori), sia al fatto che si tratta di un tipo di intervento elettivo e che quindi favorisce la mobilità (a differenza degli interventi in emergenza dove spesso la scelta è dettata dal tempo). In questo caso i dati disponibili nel PNE sono aggregati a livello provinciale (mobilità) e di struttura (numerosità di interventi) e consentono uno studio statistico più accurato. Quello che emerge da questo ultimo studio è che i pazienti non solo si spostano alla ricerca di strutture di qualità (non solo meno rientri post-operazione, ma anche un numero importante di interventi che rendono l’ospedali più affidabile) ma anche di prossimità. L’analisi ci dice che i pazienti residenti in province con una scarsa prossimità di strutture ospedaliere tendono a spostarsi al di fuori della regione per essere trattati/curati.

Partendo da queste premesse, questo studio vuole realizzare un modello basato su agenti che a partire dai dati che descrivono i pazienti, le informazioni che descrivono le strutture ospedaliere dislocate al momento sul territorio e le ulteriori informazioni a contorno (es. qualità del sistema regionale), determini lo spostamento dei pazienti dalle diverse regioni sul territorio per accedere al servizio di sostituzione dell’anca. Questo servirà per stimare come la mobilità passiva impatti sull’economia di una regione. Non solo economia in termini di crediti/debiti fra regioni ma anche la identificazione di strutture potenzialmente a rischio chiusura per insufficienza di numerosità di interventi. Infatti, è appurato che una struttura per esistere ed essere di qualità deve garantire almeno un certo numero di interventi. Tale primo risultato sarà la base per determinare una serie di interventi che il regolatore può mettere in piedi per favorire la diminuzione della mobilità passiva.

*Letteratura di riferimento per ABM e scelta struttura.*

Al momento ho trovato questi due lavori che si avvicinano al nostro scopo. Ovviamente questa parte va approfondita cercando anche altri esempi di scelta di strutture in base a distanza e qualità anche non in campo sanitario.

Alibrahim A, Wu S. An agent-based simulation model of patient choice of health care providers in accountable care organizations, 2018. Disponibile al link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27704322/>

*L’agente/paziente.*

Ogni paziente è descritto da una serie di parametri che lo identificano a livello demografico, socio-economico, clinico, ecc. Il minimum data set comprende i fattori di rischio dell’intervento all’anca: età, genere, presenza di diabete, obesità, demenza, cardiopatia cardiaca e/o reumatica, malattie cerebrovascolari, nefropatie, ecc. Inoltre, ulteriori fattori riguardano la componente economica (salario/pensione), quella familiare (composizione), quella educativa (titolo di studio), ecc. Notare che alcune di queste informazioni sono fattori che possono scatenare la patologia ma non necessariamente determinano se un paziente si curerà o meno nella sua regione. Tutte queste caratteristiche verranno desunte dai dati aggregati a livello comunale o provinciale in base alla disponibilità.

*L’ospedale.*

Partendo dalla situazione attuale (dati 2020) e analizzando il pregresso, sul territorio vengono distribuite le strutture ospedaliere che si occupano di protesi e sostituzione d’anca. Ogni struttura è descritta da una serie di parametri che la identificano a livello di qualità e capacità: numero di interventi che tale struttura può erogare e loro distribuzione nell’arco annuale, rientri post-operatori a 2 anni per revisione dell’intervento, riammissioni a 30 giorni dall’intervento. Tutti i dati ospedalieri sono presenti nel PNE e quindi reali.

*Il territorio.*

Oltre alle caratteristiche del paziente e dell’erogatore del servizio, un importante fattore da considerare è quello del territorio. Un esempio su tutti è la percentuale di spesa che una regione dedica alla sanità. Ci sono poi altri indicatori aggregati da considerare e che andrebbero inseriti nel modello come le liste d’attesa per l’intervento, il numero di specialisti presenti sul territorio delle singole ASL, ecc.

*Rapporto paziente-ospedale-territorio.*

Cruciale nel modello è la distanza (di viaggio in minuti in auto) che intercorre fra il paziente e gli ospedali che può raggiungere. Nei modelli di accessibilità generalmente si limita l’accesso ad ospedali nell’intorno di 120 minuti di guida. Tuttavia per questo tipo di simulazione non terrei questo limite ma considererei tutti gli ospedali indipendentemente dalla distanza. Il livello di accessibilità che un paziente ha verso un qualsiasi ospedale è inversamente proporzionale non solo alla distanza ma anche al bacino di utenza e alla qualità che quell’ospedale ha. Per maggiori dettagli su questi aspetti vedere gli articoli citati nelle note precedenti. Nel caso dell’analisi intra- inter-regionale si intende usare il modello gravitazionale. Ogni ospedale avrà una certa capacità attrattiva verso un paziente che si disperde in funzione della distanza. Oltre ai questi fattori legati all’ospedale però vanno considerati gli altri fattori (che tipo di paziente è, quali ospedali ha nel suo raggio d’azione e in che regione vive).

*Granularità del dato.*

Paziente: la granularità media che secondo me si adatta allo studio in questione è quella comunale. Si può pensare di disaggregare a livello municipale i grandi comuni come Roma, Milano e Napoli. Da questo punto di vista, tuttavia, se necessario è possibile arrivare a un livello di dettaglio di 5 o anche 1 km^2. Si tratta di dati stimati e forniti dalla Nasa[[4]](#footnote-4). Tuttavia, ovviamente, questo richiede una certa complessità computazionale per determinare l’accessibilità di ogni nodo della griglia con tutti gli ospedali del territorio. Infatti per calcolare la distanza fra un nodo e un ospedale ci sono due strade: 1) usare i dati ISTAT che offre una matrice con le distanze fra due comuni; 2) usare un servizio di Map (i.e. openstreetmap). Da valutare anche come inserire questo aspetto nel modello ad agenti. Se ad esempio si pensa di inserire una nuova struttura ospedaliera, tutti i calcoli di accessibilità e rapporto fra intra- ed inter-accessibilità devono essere rifatti.

Ospedale: la posizione dell’ospedale dipende dalla granularità del paziente. Negli studi portati avanti finora gli ospedali venivano aggregati a livello comunale. Nel nostro caso comunque gli ospedali rimarrebbero a se stanti poiché nella simulazione potrebbero mutare le loro caratteristiche (es. incremento della capacità o miglioramento delle prestazioni) anche se insistono sullo stesso territorio.

Altri dati saranno inclusi nel modello e avranno informazioni a livello regionale (spesa sanitaria), provinciale (livello di educazione) o comunale (reddito). Questi saranno anche utilizzati per associare a ogni paziente determinate caratteristiche. Ad esempio un paziente nato a Reggio Calabria avrà uno span di reddito diverso da uno nato a Padova.

*Scenario/Simulazione.*

I pazienti vengono distribuiti sul territorio nazionale tenendo presenti due parametri:

1. La numerosità di cittadini sottoposti a intervento sostituzione anca negli anni precedenti. Questo dato è disponibile a livello provinciale.
2. Ogni provincia avrà quindi un certo numero di pazienti sul territorio che possono essere successivamente distribuiti per comune utilizzando i dati demografici e sui fattori di rischio disponibili

Ogni paziente sarà rappresentato dai parametri descritti in precedenza (età, genere, patologie e loro gravità, livello di educazione, ecc.). Questi parametri serviranno per due scopi: 1) determinare la coda di pazienti che accedono alle strutture e 2) determinare la probabilità di accedere ad uno specifico ospedale. Da determinare il numero di pazienti da inserire nella simulazione considerando che nella realtà l’ordine di grandezza è 100 mila pazienti / anno.

Gli ospedali vengono distribuiti sul territorio e descritti dai parametri di qualità e capacità. Questi parametri serviranno a determinare il livello di attrazione che ogni ospedale ha rispetto ai pazienti che devo essere sottoposti al servizio di sostituzione anca. Come detto prima verrà utilizzato un approccio gravitazionale per cui un ospedale avrà una certa attrattività a pazienti che risiedono nello stesso comune che decrescerà esponenzialmente con la distanza. La capacità di un ospedale sarà rimodulata in funzione del numero di pazienti.

A questo punto la simulazione prevede che, in base alle caratteristiche dei pazienti e a una componente casuale, si crei una coda. In base alla coda i pazienti richiederanno il servizio. L’ospedale sarà scelto dai dati dei pazienti, degli ospedali, delle distanze, dell’ambiente. E’ possibile pensare anche in questo caso a una componente casuale nella scelta, ovviamente pesata in base alle probabilità di accesso alle strutture. Se ad esempio io sono un residente Campano al bordo con il Lazio e ho delle caratteristiche che mi porterebbero o a chiedere ricovero nelle strutture di Roma (con probabilità 0.10) o di Napoli (con probabilità 0.97), attraverso una parte casuale potrei scegliere l’ospedale non primo in classifica.

Ogni qual volta un ospedale ospita un paziente la sua capacità si riduce. Importante la componente ricovero e la distribuzione nel tempo degli interventi. Questo aspetto aumenta la complessità e non so se è il caso di gestirlo nella prima fase del progetto. Questo perché non essendo interventi in urgenza un paziente potrebbe anche aspettare 6 mesi per l’intervento e non ripiegare su un ospedale secondario. Il primo modello potrebbe semplicemente riproporre le numerosità degli anni precedenti. Quindi un ospedale X che ha ricoverato 1000 individui, nella nostra simulazione, per ogni anno, si satura proprio a 1000.

Una volta terminata la simulazione si tirano le somme e si determina, per ogni comune e poi provincia e regione quali sono i flussi sanitari. Una prima verifica può essere fatta analizzando la mobilità passiva di cui abbiamo i dati. Tuttavia, l’interesse maggiore va non solo a quali sono le regioni o le province da dove i pazienti preferiscono spostarsi per ricevere le cure ma anche a quale è la destinazione preferita. Almeno a livello di simulazione.

Un secondo passo del progetto sarà determinare quali sono i cambiamenti di comportamento nel caso in cui si agisca sulla capacità e/o qualità del sistema sanitario regionale. Ad esempio aumentando il numero di interventi o diminuendo le liste d’attesa. Altri aspetti di interesse su cui è più complesso agire riguarda il reddito piuttosto che il livello educativo.

*Ulteriori fattori da prendere in considerazione*

Si può pensare di:

1. Inserire sul territorio cittadini e non pazienti. La simulazione potrebbe quindi anche comprendere la diagnosi e si potrebbe inserire a livello temporale questo aspetto per generare la coda. Al tempo t0 tutti i cittadini sono sani, la simulazione, in base a tutti i dati visti prima, inizia a pescare i pazienti e, come detto, ogni paziente richiede il servizio.
2. Inserire la durata della degenza (ricovero) e distribuire il numero di interventi sull’anno solare. Un paziente quindi potrà al momento della richiesta di servizio fare affidamento solo a quelle strutture libere. Aspetto complesso che andrebbe associato ai tempi che un paziente in media è disposto ad aspettare per l’intervento.

*La scelta del campione e la popolazione di riferimento*

Per identificare i pazienti eletti per essere sottoposti a intervento chirurgico vengono presi in considerazione 3 fattori di rischio: età, genere e cronicità artrite/artrosi, come riportato nella tabella del report Annuale del Registro Italiano ArtroProtesi (RIAP)

Ad ogni comune italiano quindi verrà attribuito un valore di rischio dovuto alla popolazione e alla sua composizione per genere ed età. I dati a livello regionale sul numero di pazienti affetti da artrite/artrosi verranno inoltre applicati per determinare l’impatto anche di questo fattore.

**Appendice A. Studi e variabili legate alla mobilità ospedaliera.**

What Drives Patient Mobility Across Italian Regions? Evidence from hospital discharge data, 2014

* GDP
* Population (resident, % 0-14, % > 65)
* Hospital beds per 100.000 inhabitants and Distance between hospital capacity and the national target
* Performance index (Efficiency in complex cases)
* Technology index (Factor scores for high technology medical equipment per 1,000,000 inhabitants)
* Surgical admission
* Migration flows (residential changes)
* Accessibility (distance and way of access services, e.g. road, air, etc.)

Patient Mobility for Elective Secondary Health Care Services in Response to Patient Choice Policies: A Systematic Review, 2017

* Balia, 2014. *Accessibility*: Distance; *Region characteristics*: Provider capacity (beds), GDP per capita of region, advanced technology, proportion of population >65 years
* Fattore, 2014. *Provider Characteristics:* Private center; *Patient Characteristics*: Age; *Region Characteristics*: Region of residence, region size.
* Messina, 2013. *Patient Characteristics*: Disease severity; *Region Characteristics*: Local health area
* Hanning, 2012. *Patient Characteristics*: Age, patient comorbidity; *Provider Characteristics*: Waiting times
* Fabbri, 2010. *Region Characteristics*: GDP per capita of region, advanced technology, regional contiguity

A spatial analysis of inter-regional patient mobility in Italy, 2016

* Population, which indicates the number of enrolees at the RHS and approximates the internal demand for healthcare in each RHS.
* GDP
* Population (% 0-14, % > 65)
* Beds
* Technology endowment index
* Case mix index
* Comparative index of performance
* concentration of the organizational structure using the Hirschman-Herfindahl index (HHI), where the shares are calculated as the ratio of admissions in a given hospital type over total admissions
* Area
* Migration flows
* Political similarity

Pediatric interregional healthcare mobility in Italy, 2021.

* Area

Regional incentives and patient cross-border mobility: evidence from the Italian experience, 2015

* Area
* Number of beds

Determinants of Patient Mobility for Prostate Cancer Surgery: A Population-based Study of Choice and Competition, 2018

* Travel time
* Age
* Comorbidities
* Urban/rural areas
* Hospital characteristics

Effect of patient choice and hospital competition on service configuration and technology adoption within cancer surgery: a national, population-based study, 2017

* Hospital characteristics (technology and distance)

Impact of Patient Choice and Hospital Competition on Patient Outcomes After Prostate Cancer Surgery: A National Population-Based Study, 2018

* Patient characteristics: age, cancer severity, comorbidities, index of multiple deprivation, type of procedure
* spatial competition index9,14 based on both the number of eligible patients within a 60-minute drive by car and the number of alternative surgical centers within a 60-minute drive for each eligible patient

Inter-Regional Hospital Patients' Mobility in Italy, 2021

* type of intervention

Individual and contextual determinants of interregional mobility in cancer patients, 2019

* Gender
* Age
* Charlson index (i.e. comorbidity index)
* DRG (surgical or not surgical)
* Deprivation index
* Distance from the nearest center

PATIENT CROSS-BORDER MOBILITY: NEW FINDINGS AND IMPLICATIONS IN SPANISH REGIONS, 2017

* Net balance % of each region
* GDP
* Population (age ranges)
* Health expenditure
* Beds per 100k inhabitants
* Medical doctor per population
* Area

Choice of hospital and long-distances: Evidence from Italy, 2018

* Distance
* Mortality rate (hospital)
* Number of beds (hospital)
* CMI
* Private/Public
* Teaching and research
* Gender
* Age
* Educational level

Choice of hospital: Which type of quality matters?, 2016 (hip replacement in England)

* Distance
* Providers within 10 or 30 km
* Age
* Gender
* Conditions
* Income
* Pre-operative Oxford Hip Score
* Volume
* Waiting times
* Readmission rate (28 day, 1 year, 2 years)

Hospitals’ strategic behaviours and patient mobility: Evidence from Italy, 2021

* Public/Private, Lombardy

Socio-economic inequality, interregional mobility and mortality among cancer patients: A mediation analysis approach, 2022

* Deprivation
* Mobility
* Age
* Gender
* Charlson

Association of age with treatment at high-volume hospitals and distance traveled for care, in patients with rectal cancer who seek curative resection, 2022

* Age
* Charlson
* Race
* Tumor severity (size and grade)
* Insurance type
* Distance
* Facility type and region
* Income
* Education
* Type of region (rural, urban, metropolitan)

1. Accesso a strutture extra-regionali per ricoveri e interventi. [↑](#footnote-ref-1)
2. F.Pecoraro, D. Luzi, F. Clemente. Spatial Inequity in Access to Intensive Care Unit Beds at Regional Level in Italy, 2021. Disponibile al link: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34042690/> [↑](#footnote-ref-2)
3. F.Pecoraro, D. Luzi, F. Clemente. The Impact of Hospital Accessibility on Interregional Patient Mobility in Italy, 2022. Disponibile al link: <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/SHTI220556> [↑](#footnote-ref-3)
4. Vedi <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/gpw-v4/population-estimation-service> [↑](#footnote-ref-4)