



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Istituto di Fisiologia Clinica

Area della Ricerca S.Cataldo Pisa

Sez. Epidemiologia e Ricerca sui Servizi Sanitari

Technical Report / Jul. 2011

**Analisi di rete basata sul modello matematico dei grafi, sperimentazione
nell'ambito del progetto BINET**

Versione 1.0

Autori

S. Pieroni, S. Salvadori, V. Lorenzoni, S. Molinaro, F. Mariani

Indice

Scopo del Documento	3
Analisi statistica tradizionale.....	3
Analisi di rete basata su grafi	5
Spunti conclusivi	20

BINET Esempi di Analisi basate su Grafi

Scopo del Documento

Il documento introduce alcune sperimentazioni attraverso il modello di analisi di reti basato su grafi utilizzando dati sanitari di IFC. Lo scopo è quello di definire casi studio rilevanti in ambito sanitario che possano essere trattati con la tecnologia del progetto BINET.

Partendo dall'analisi statistica tradizionale vengono condotte alcune sperimentazioni parallele utilizzando i grafi. I risultati di queste sperimentazioni vengono documentati nel seguito.

Analisi statistica tradizionale

La sperimentazione intende fornire un'analisi del comportamento prescrittivo dei medici di medicina generale (medici di base e pediatri di libera scelta, di qui in poi riferiti come MMG) in linea con il contesto in cui i medici si trovano ad operare. Il tentativo è di valutare le differenze nell'erogazione di prestazioni da parte dei MMG correlandole alla complessità epidemiologica dei loro assistiti. La coesistenza di patologie diverse nello stesso paziente può infatti confondere i risultati delle analisi e limitare la generalizzabilità delle loro conclusioni.

Il dataset iniziale è costituito dalle prescrizioni farmaceutiche (con ricetta rossa) effettuate dai MMG ai cittadini residenti nei 9 comuni della Zona Pisana nell'anno 2007. Il totale delle prescrizioni è di oltre 1.700.000 records, ma ai fini dell'esempio sono stati selezionati 4 medici dislocati in 4 diversi comuni della zona Pisana (Cascina, Pisa, San Giuliano e Vico pisano) per un totale di **53726** prescrizioni.

I medici sono simili in età e numero di pazienti e si collocano in una fascia di prescrittori medio-alti. Il Db è stato analizzato al fine di monitorare il comportamento prescrittivo dei 4 MMG considerati.

Medico	Pazienti	Prescrizioni	Prescrizioni/Paziente
MMG1	1216	14191	11.7
MMG2	1041	12558	12.1
MMG3	1556	13071	8.4
MMG4	1075	13906	12.9
Totale	4888	53726	11.0

I valori del numero di prescrizioni per paziente risultano simili in 3 medici su 4 ed in linea con il dato calcolato sul totale delle prescrizioni. MMG3 si distingue riportando, a fronte del maggior numero di pazienti, il più basso valore di prescrizioni per paziente eseguite. Prendendo in esame i grandi gruppi di farmaci secondo la codifica ATC, per 3 dei 4 medici il farmaco più frequentemente prescritto appartiene alla categoria "Inibitori della pompa acida"(A02BC), con percentuali variabili tra il 6.1% ed il 10.2% del totale delle prescrizioni eseguite. Anche in questo caso MMG3 si distingue. La quota di prescrizioni di farmaci inibitori della pompa acida (4.4%) risulta nettamente inferiore a quella degli altri medici (in un caso addirittura meno della metà). A questo si aggiunge che i farmaci più frequentemente prescritti da MMG3 appartengono al gruppo "Antiaggreganti piastrinici, esclusa l'eparina"(B01AC), con il 5.7% dal totale.

Distribuzione % delle prescrizioni per gruppo ATC	Medico				
Farmaco	MMG1	MMG2	MMG3	MMG4	Totale
Inibitori della pompa acida	7.2	6.1	4.4	10.2	7.1
Ace-inibitori, non associati	7.1	4.8	5.3	6.0	5.8
Inibitori selettivi della serotonina-ricaptazione	4.6	3.9	4.0	2.8	3.8
Antiaggreganti piastrinici, esclusa l'eparina	4.4	4.9	5.7	4.6	4.9

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

Per valutare se il diverso comportamento prescrittivo di MMG3 fosse imputabile alle caratteristiche della popolazione assistita, le quote percentuali sono state standardizzate al fine di renderle confrontabili. Nello specifico è stata effettuata una standardizzazione diretta delle quote percentuali di prescrizione di farmaci inibitori della pompa acida utilizzando come variabili di standardizzazione il sesso, l'età e l'appartenenza al gruppo di patologia dei cardiovascolari (gruppo di patologia modale per i pazienti di tutti e quattro i medici con frequenze prossime al 50%). Come popolazione standard è stata considerata quella pertinente a MMG3.

Stante la sovrapposibilità delle distribuzioni per sesso, età e presenza di cardiovascolopatia nei pazienti trattati dai diversi medici, le percentuali standardizzate non si discostano in maniera sostanziale da quelle grezze confermando l'atipicità di MMG3 rispetto agli altri 3 medici.

% standardizzate	Medico			
Farmaco	MMG1	MMG2	MMG3	MMG4
Inibitori della pompa acida	7.1	6.2	4.4	10.3

Analisi di rete basata su grafi

Caso studio 1: prescrizioni dei soli farmaci inibitori di pompa acida

Al fine di approfondire le ragioni della atipicità di MMG3, nello specifico per ciò che riguarda i farmaci inibitori della pompa acida, le prescrizioni sono state analizzate per pattern di patologia (considerando le patologie concomitanti per ciascun paziente) e numero di pazienti distinti all'interno di tali pattern.

Risultano quindi 26 diversi pattern così composti:

Pattern con 5 patologie concomitanti

- Diabete, Cardiovascolopatia, Broncopneumopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica

Pattern con 4 patologie concomitanti

- Neoplasia, Cardiovascolopatia, Gastroenteropatia e Malattia Autoimmune
- Neoplasia, Cardiovascolopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Neoplasia, Broncopneumopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Diabete, Cardiovascolopatia, Broncopneumopatia e Gastroenteropatia
- Diabete, Cardiovascolopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Cardiovascolopatia, Gastroenteropatia, Neuropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Cardiovascolopatia, Broncopneumopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Cardiovascolopatia, Broncopneumopatia, Gastroenteropatia e Neuropatia

Pattern con 3 patologie concomitanti

- Disabilità Grave, Cardiovascolopatia e Gastroenteropatia
- Neoplasia, Cardiovascolopatia e Gastroenteropatia
- Neoplasia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Diabete, Cardiovascolopatia e Gastroenteropatia
- Diabete, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Cardiovascolopatia, Broncopneumopatia e Gastroenteropatia
- Cardiovascolopatia, Gastroenteropatia e Neuropatia
- Cardiovascolopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Broncopneumopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica

Pattern con 2 patologie concomitanti

- Disabilità Grave e Gastroenteropatia
- Diabete e Cardiovascolopatia
- Cardiovascolopatia e Gastroenteropatia
- Gastroenteropatia e Malattia Endocrina/Metabolica
- Broncopatia e Gastroenteropatia

Pattern con una sola patologia

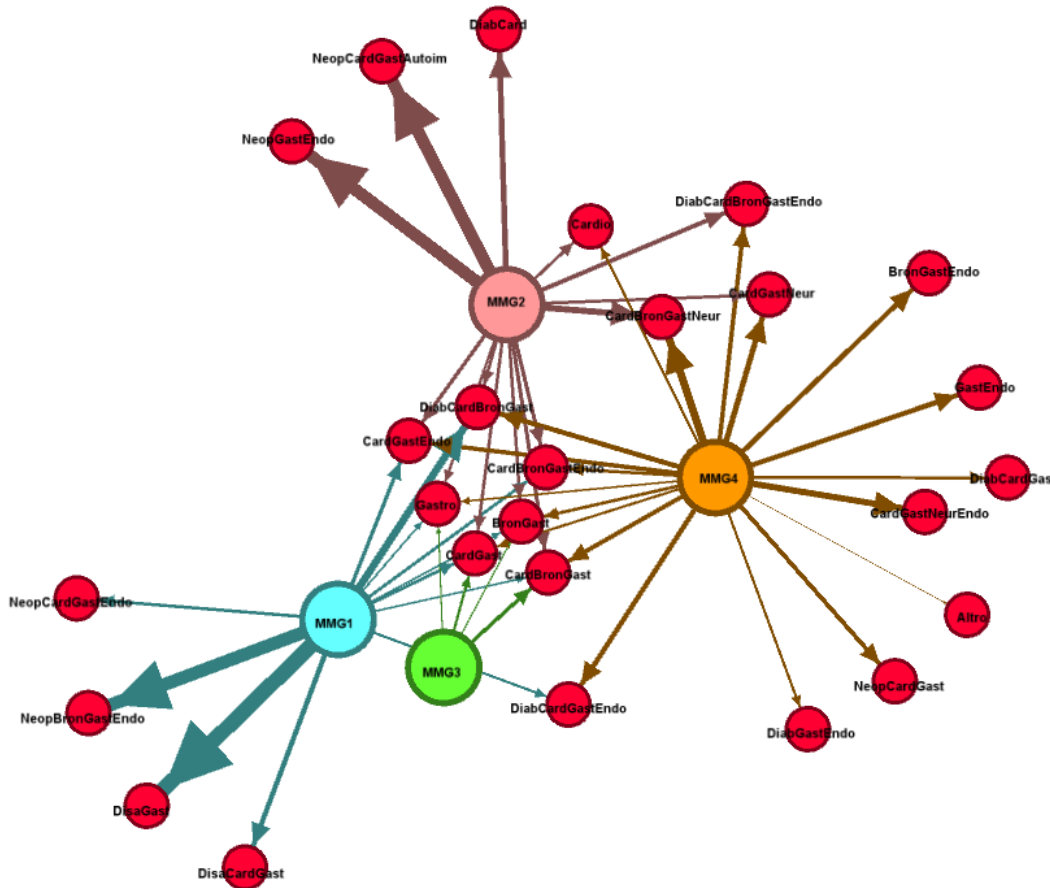
- Cardiovascolopatia
- Gastroenteropatia
- Altra patologia non cronica

Modello

L'analisi è stata effettuata utilizzando la piattaforma open source Gephi che consente di esplorare interattivamente reti complesse di dati attraverso tecnologia basata sul modello matematico dei grafi.

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

Il modello viene semplificato il più possibile fino ad ottenere due soli nodi: medici e pattern di patologia degli assistiti a cui sono stati prescritti i farmaci inibitori di Pompa acida. Gli archi collegano i medici ai diversi pattern, ogni arco è pesato in base al numero medio di prescrizioni (numero totale di prescrizioni / numero di pazienti) fatte sullo specifico pattern



Grafo 1. Analisi delle prescrizioni dei farmaci inibitori di pompa acida

L'algoritmo di visualizzazione scelto è Yifan HU Proportional (algoritmo basato su modello di attrazione repulsione force-directed, utilizza uno schema di dislocamento proporzionale)

Il grafo mostra che la situazione patologica dei pazienti del medico MMG3 è sensibilmente meno complessa rispetto a quella degli altri medici, avendo 4 soli pattern di patologia con numero limitato di comorbidità (patologie concomitanti):

- Cardiovascolopatia, Broncopneumopatia e Gastroenteropatia
- Cardiovascolopatia e Gastroenteropatia
- Broncopneumopatia e Gastroenteropatia
- Gastroenteropatia

Questo è in linea con il numero di prescrizioni fatte in assoluto da questo medico , sensibilmente minore rispetto agli altri (valori osservati **575 prescrizioni di MMG3 rispetto a 1425 di MMG4**)

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

Il grafo spiega anche la situazione di MMG4, il più alto prescrittore, che si trova con una casistica di 19 pattern di patologia di cui 18 comprendenti cardiopatia e gastropatia.

Cardiopatia e Cardiopatia insieme a Gastropatia sono i due soli pattern comuni a tutti e 4 i medici.

Caso studio 2: evoluzione del caso 1 per considerare tutte le classi di farmaci

L'analisi del caso precedente poteva essere ulteriormente affinata creando pattern che considerino anche Sesso e Classe di Età, ma viste le indicazioni utili fornite dal modello basato sui grafi, abbiamo sofisticato lo stesso al fine di non limitare la casistica ai soli farmaci inibitori di pompa acida estendendola a tutte le classi di farmaci prescritti, secondo il modello seguente.

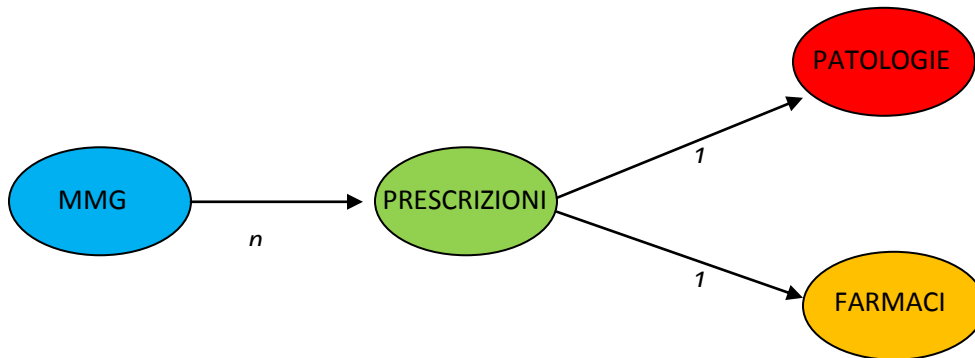


Figura 1: il modello dati

Il **nodo MMG** rappresenta i 4 medici selezionati per lo studio.

Il **nodo patologie** rappresenta i pattern di patologia. Ne sono stati individuati 34 diversi, filtrando su una percentuale cumulata che coprisse l'80% della casistica.

Il **nodo farmaci** rappresenta le classi di farmaci secondo la codifica ATC (Anatomical Therapeutic Chemical Classification System) considerando il quarto livello di raggruppamento: Sottogruppo Chimico-Terapeutico Farmacologico.

Il nodo **prescrizioni** non rappresenta un dato fisico, ma è stato introdotto per collegare allo stesso medico tutte le prescrizioni fatte dello stesso farmaco a fronte dello stesso pattern di patologia. In pratica il nodo prescrizioni rappresenta i diversi comportamenti prescrittivi dei medici.

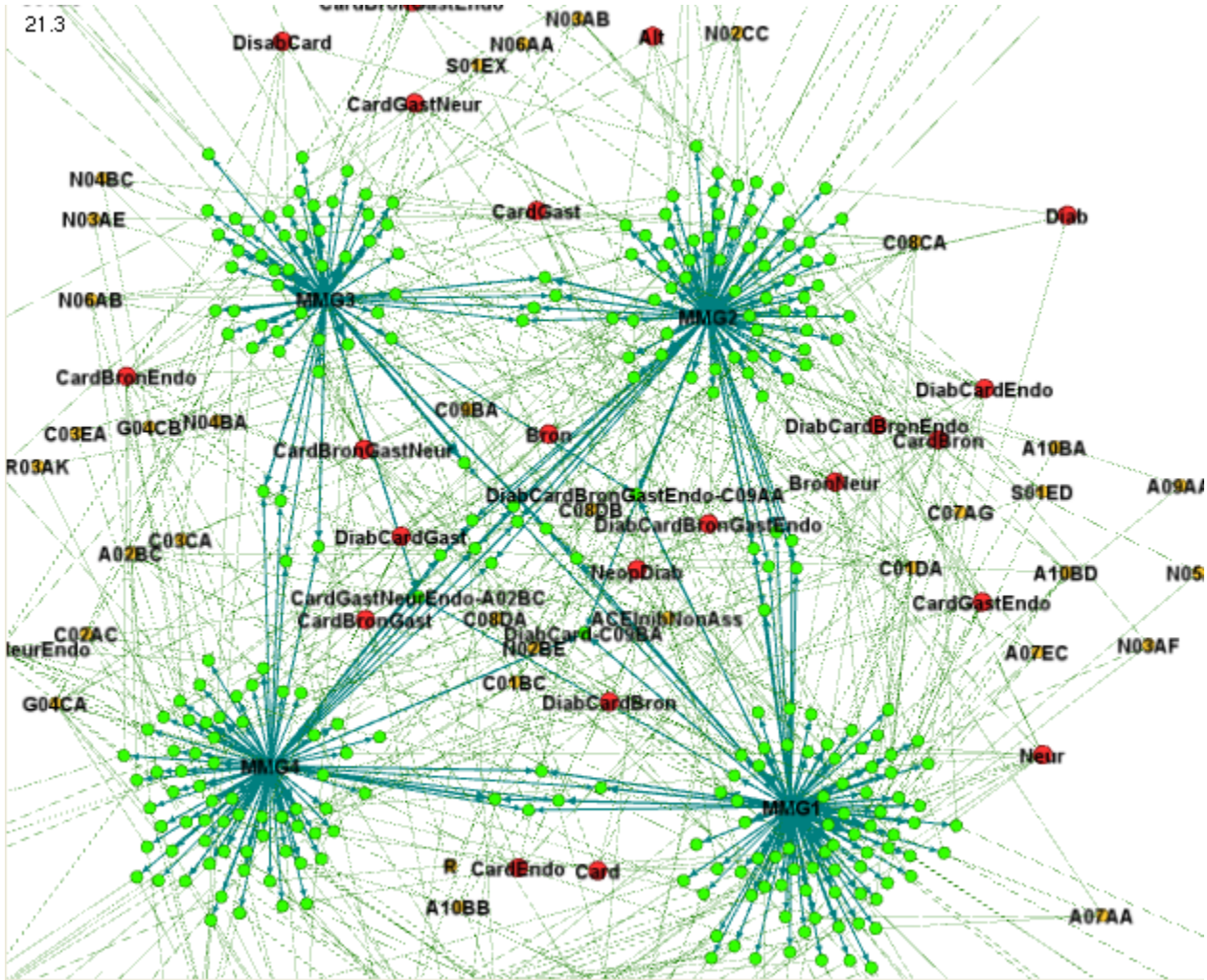
Il numero di prescrizioni è mediato sul numero di pazienti distinti e viene applicato un filtro che seleziona le sole prescrizioni di almeno 10 ricette in media per paziente.

Il dataset così organizzato è costituito di 4539 righe ed origina un grafo in Gephi composto di 400 nodi ed 868 archi

L'arco che collega il medico alla prescrizione è pesato utilizzando il valore del numero medio di prescrizioni fatte dello stesso farmaco a fronte dello stesso pattern di patologia. Il peso di tutti gli altri archi è sempre 1.

Il grafo che si ottiene utilizzando l'algoritmo di visualizzazione Force Atlas (algoritmo basato sulla teoria delle forze vettoriali – attrazione, repulsione, gravità ecc, considerando la repulsione tra due nodi proporzionale al degree degli stessi) è il seguente:

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari



Grafo 2. Analisi delle prescrizioni su tutte le classi di farmaci con filtro per almeno 10 ricette in media per paziente sullo stesso pattern

I Medici sono in celeste i comportamenti prescrittivi in verde, i pattern di patologia in rosso ed i farmaci in giallo.

MMG3, il medico che stiamo investigando, è posizionato in alto a sinistra.

Dal calcolo degli indici principali risulta che:

MMG3 ha Closeness centrality (grado di vicinanza) più alta rispetto agli altri medici

MMG3 ha Betwensness centrality (grado di interposizione) più bassa rispetto agli altri medici

MMG3 ha Eigenvector centrality (autovettore di centralità) più bassa rispetto agli altri medici

MMG3 ha page rank ed authority più bassa rispetto agli altri medici

Questo è in linea con lo studio mirato del comportamento prescrittivo sulla classe specifica degli inibitori di Pompa Acida. Anche visivamente si può notare che MMG3 ha una complessità patologica dei pazienti più bassa rispetto agli altri medici (minore è il numero di nodi verdi a cui è collegato).

Considerando la closeness centrality come indice, i nodi più importanti della rete dopo MMG1 (che sappiamo essere il medico con numero più elevato di prescrizioni) sono rappresentati dai seguenti comportamenti prescrittivi condivisi da 3 medici su quattro:

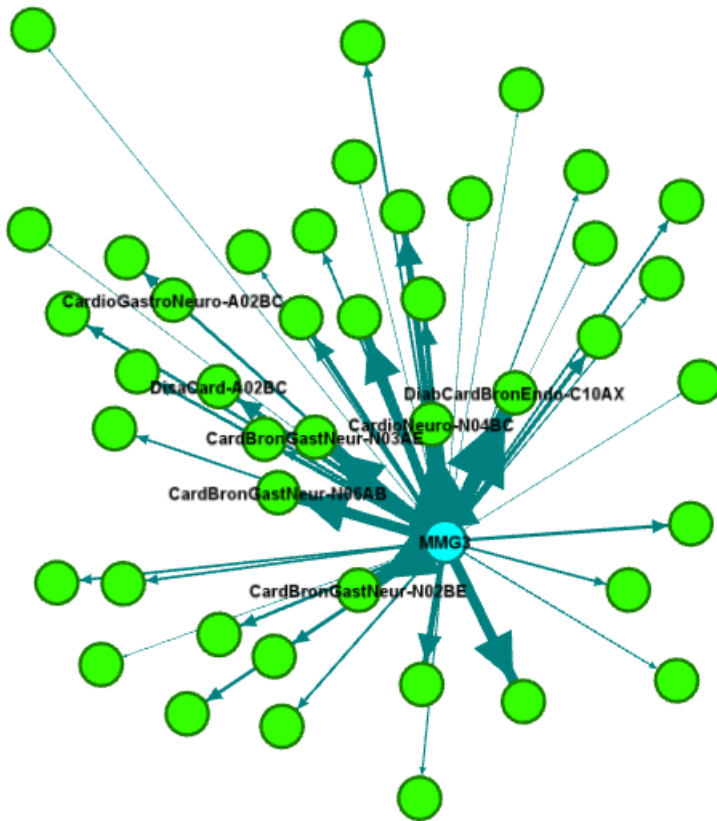
Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

- Prescrizioni fatte sul pattern di patologia Diabetico e Cardiovascolopatico del gruppo di farmaci Ace-inibitori e diuretici. Comportamento condiviso dai 3 medici escluso MMG3
- Prescrizioni fatte sul pattern di patologia Cardiovascolopatico, Gastropatico, Neuropatico e Malattia EndocrinaMetabolica del gruppo di farmaci inibitori di Pompa Acida. Comportamento condiviso da 3 medici
- Prescrizioni fatte sul pattern di patologia Diabetico, Cardiovascolopatico, Broncopneumopatico, Gastroenteropatico e Malattia EndocrinaMetabolica del gruppo di farmaci Ace inibitori non associati. Comportamento condiviso da 3 medici

Sempre considerando la closeness centrality come indice, la classe di farmaco più importante sulla rete è C09AA Ace inibitori non associati, mentre il pattern di patologia più importante è dato da Cardiovascolopatico, Broncopneumopatico e Malattia Endocrina/Metabolica.

Tutti questi nodi sono posizionati **centralmente** sul grafo

Filtrando sul grafo il solo MMG3 si ottiene



Sottografo1 del grafo2: vista del solo MMG3

Guardando alla dimensione degli archi il cui spessore è proporzionale al peso degli stessi si evidenziano:

CardioNeuro -N04BC Agonisti della dopomina

DiabCardioBroncoEndo -C10AX Altri ipocolesterolemizzanti ed ipotrigliceridimizzanti

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

CardioBroncoGastroNeuro -N02BE Anilidi. Questo è un comportamento diverso da MMG4 ed MMG2 che per questo pattern di patologia prescrivono principalmente A02BC

CardioBroncoGastroNeuro -N03AE Derivati benzodiazepinici. Questo è un comportamento diverso da MMG4 ed MMG2 che per questo pattern di patologia prescrivono principalmente A02BC

CardioBroncoGastroNeuro -N06AB Inibitori selettivi della serotonina-ricaptazione Questo è un comportamento diverso da MMG4 ed MMG2 che per questo pattern di patologia prescrivono principalmente A02BC

Viene quindi confermata la conclusione a cui eravamo giunti con l'analisi del grafo 1.

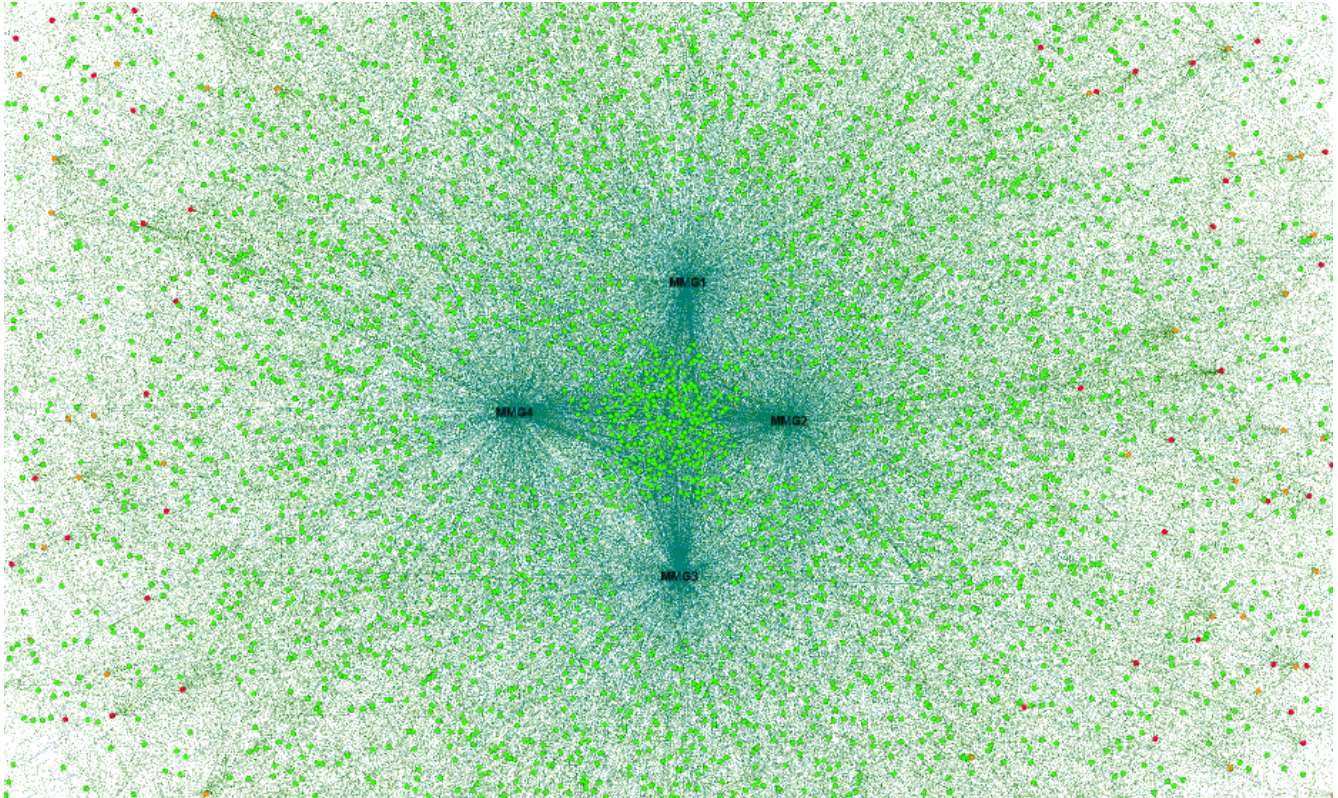
Ritornando infine sul grafo 2, si può notare che i comportamenti prescrittivi condivisi dai 4 MMG (nodi verdi racchiusi dal quadrilatero che unisce i 4 medici) risultino di fatto una minoranza rispetto al totale dei nodi verdi, cosa che non ci aspettavamo a priori. Nemmeno un pattern è condiviso da tutti e quattro i medici.

Per questo motivo si è deciso di creare un nuovo grafo con lo stesso modello concettuale ma senza applicazione di filtri ne' sul numero medio di ricette, ne' sui pattern di patologia, per valutare quindi il comportamento prescrittivo nella totalità dei casi. Questo è il caso studio dell'esempio che segue.

Caso studio 3: evoluzione del caso 2, per analizzare la totalità delle prescrizioni farmaceutiche dei 4 medici, senza filtri sui dati di partenza

Questo caso studio utilizza lo stesso modello dati descritto al paragrafo precedente e rappresentato in figura 1. In questa situazione però sono stati considerati tutti i distinti pattern di patologia (in totale 292) e di conseguenza tutti i possibili comportamenti prescrittivi. Nessun filtro è stato applicato sul numero di prescrizioni.

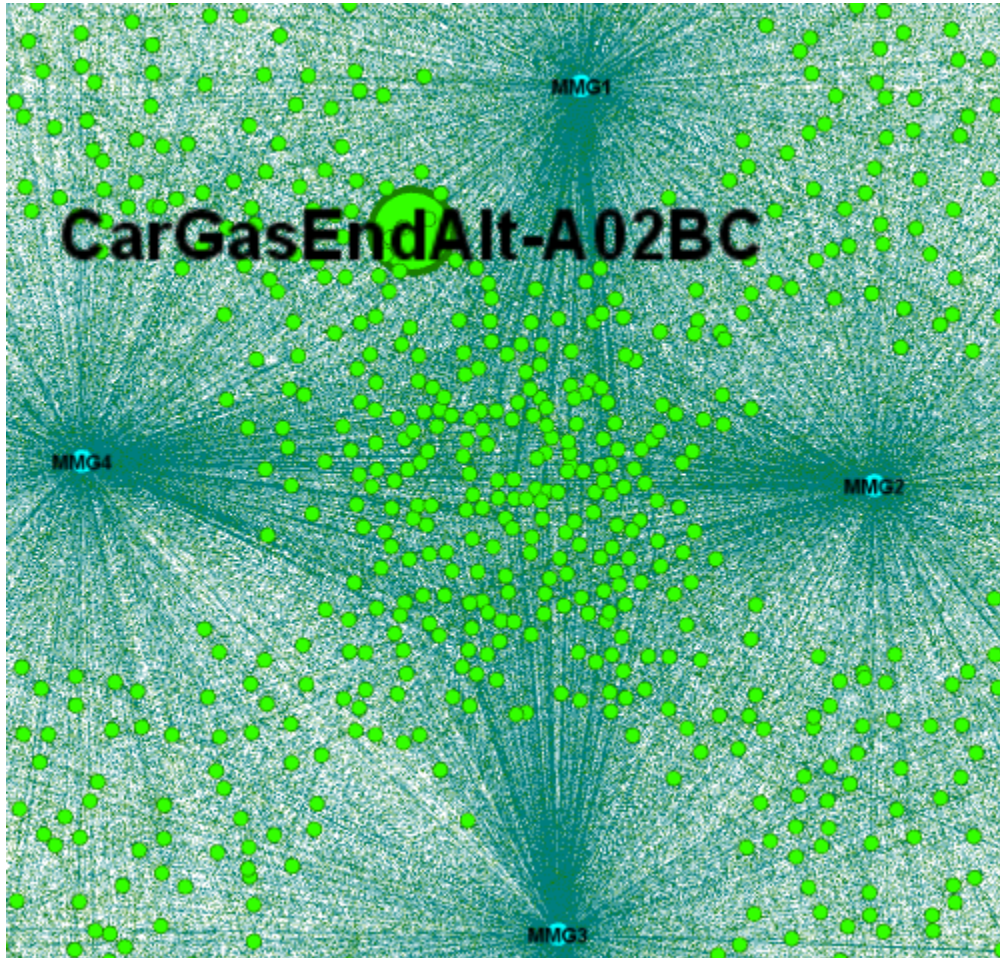
Il data set così costruito genera un grafo di 5.402 nodi e 17.575 archi



Grafo 3: analisi delle prescrizioni farmaceutiche senza filtri sul dataset di partenza

Considerando come nel caso precedente la closeness centrality come indice, i nodi più importanti della rete sono rappresentati dai seguenti comportamenti prescrittivi, condivisi da tutti gli MMG:

- BroAlt-H02AB prescrizioni di glicocorticoidi a pazienti broncopneumopatici
- CarGasAlt-B01AC prescrizioni di antiaggreganti piastrinici, esclusa l'eparina a pazienti affetti da Cardiovasculopatia e Gastropatia
- CarGasEndAlt-A02BC prescrizioni di inibitori di Pompa Acida a pazienti affetti da Cardiovasculopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina. Dunque emerge di nuovo l'alto utilizzo dei farmaci inibitori di pompa acida. E' interessante notare come questo nodo si collochi più lontano da MMG3 rispetto agli altri medici



Dettaglio 1 del grafo 3: in evidenza il comportamento prescrittivo di farmaci inibitori di pompa acida condiviso dai 4 medici

Tutti i pattern prescrittivi di farmaci inibitori di pompa condivisi dai 4 MMG sono rappresentati analogamente, a conferma del fatto che MMG3 e' il piu' basso proscrittore di questa tipologia di farmaco.

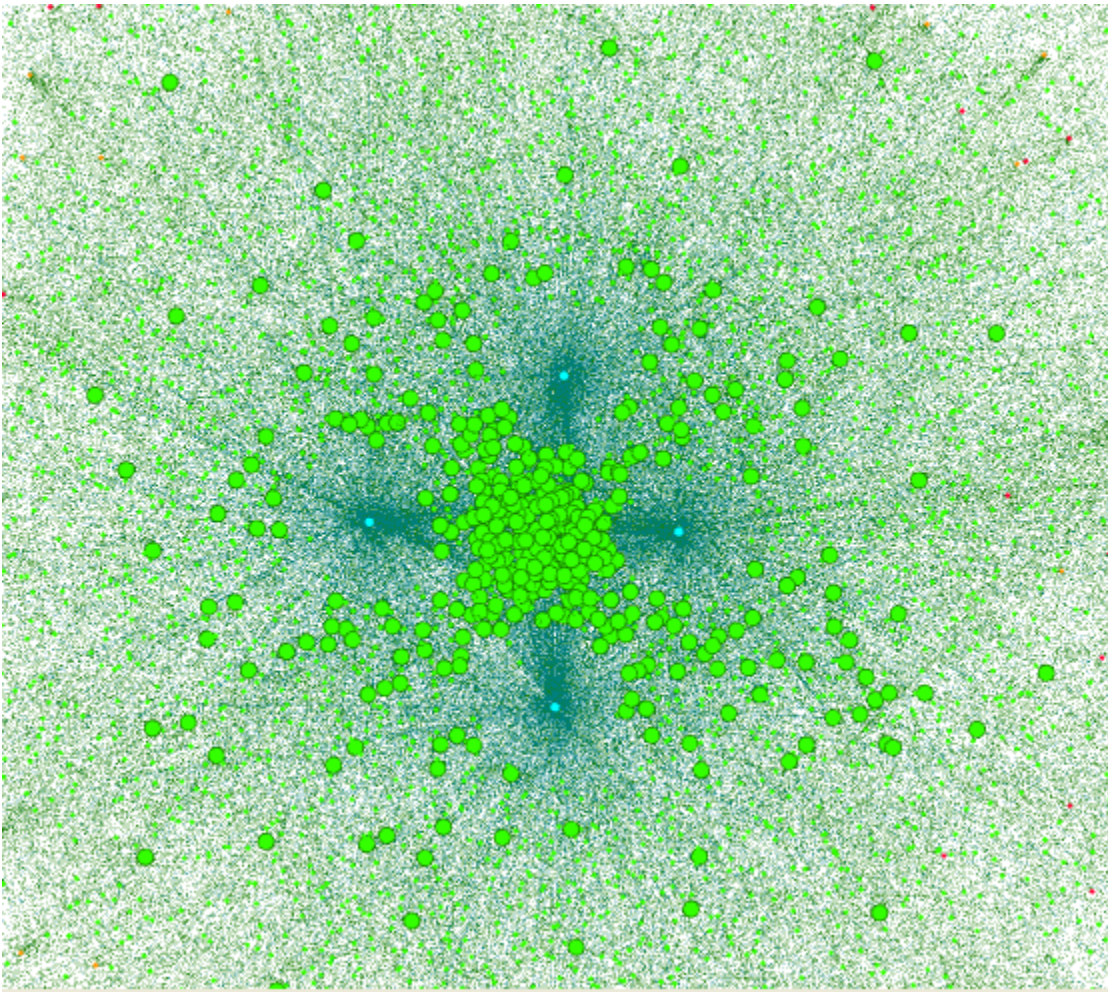
Proseguendo con l'indicazione dei nodi più importanti sulla rete troviamo:

- CarBroAlt-B01AC prescrizioni di antiaggreganti piastrinici, esclusa l'eparina a pazienti affetti da Cardiovasculopatia e Broncopneumopatia
- CarEndAlt-C09DA prescrizioni di Antagonisti dell'angiotensina ii e diuretici a pazienti affetti da Cardiovasculopatia e Malattia Endocrina

I comportamenti prescrittivi condivisi dai 4 MMG sono 398 su un totale di 4911, (0,081%). Nel caso studio 2 con i filtri applicati ne avevamo 31 su 2174 (0,014%). Inoltre hanno tutti stesso indice di eccentricità ($EC(u)$ reflects how far, at most, is each node from every other node.) e stesso indice di closeness centrality .

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

I comportamenti condivisi sono evidenziati in questo zoom:



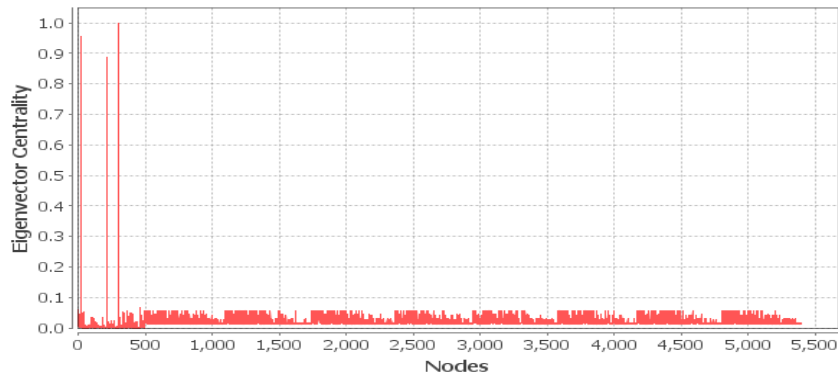
Dettaglio2 del grafo 3: in evidenza tutti i comportamenti prescrittivi condivisi dai 4 medici

La classe di farmaco più importante sulla rete è A02BC, mentre la patologia più importante della rete è la Cardiovasculopatia.

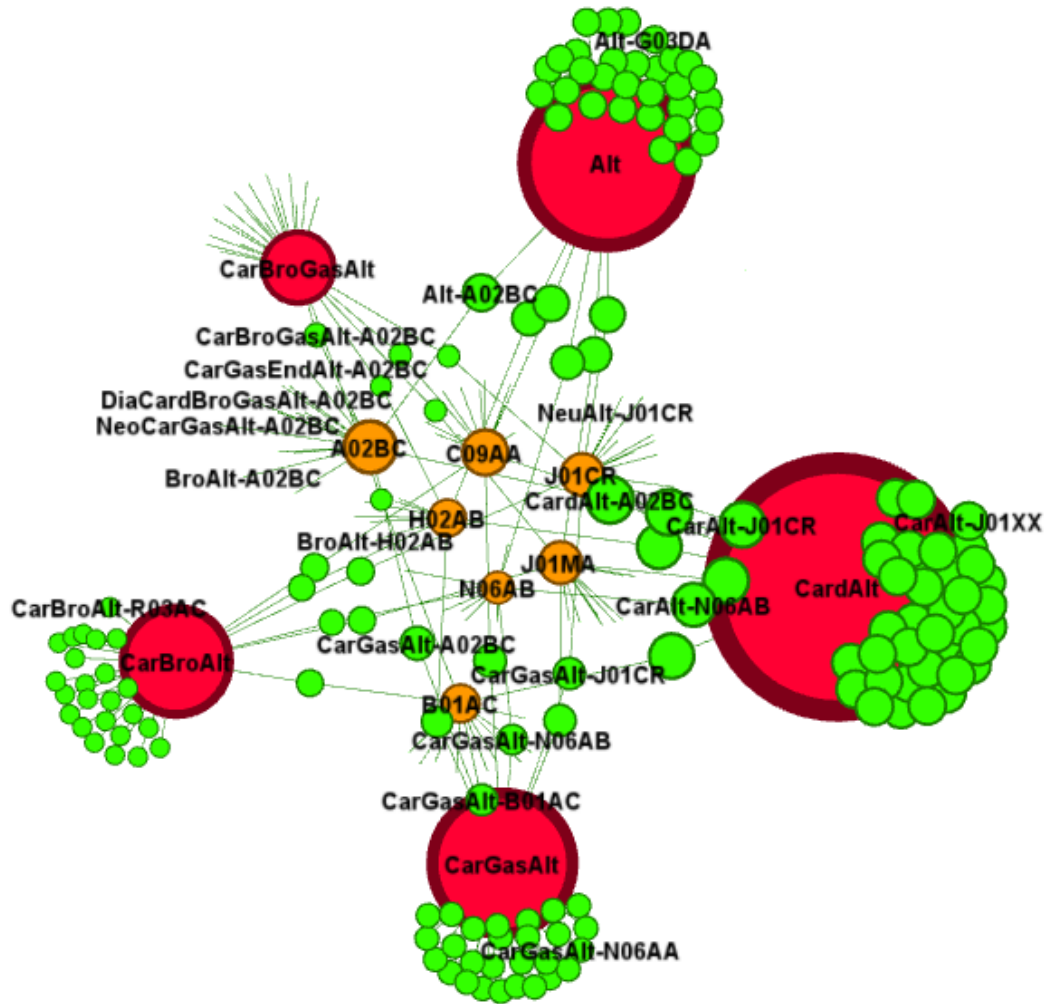
Allo scopo di creare un grafo con un layout di rappresentazione che ci permetta di individuare agevolmente i comportamenti prescrittivi condivisi, le patologie ed i farmaci più importanti sulla rete, senza aver bisogno di studiare gli indici descrittivi, utilizziamo l'indice **Eigenvector Centrality**. Questo indice misura l'importanza del nodo nella rete: assegna uno score relativo a tutti i nodi basandosi sul principio che le connessioni agli high scoring nodes contribuiscono di più allo score del nodo in questione che le stesse connessioni ai low scoring nodes (principio molto simile al page rank di Google).

L'eigenvector centrality è il seguente:

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari



Impostiamo quindi un intervallo di significatività tale da escludere i MMG che sono ovviamente i nodi più importanti (i tratti che sul grafico sono vicini ad 1.0), per concentrarci sui comportamenti prescrittivi comuni ai 4 MMG e visualizzare questo dettaglio della rete. Quindi scegliamo come intervallo 0.05:0.06, modifichiamo la size dei nodi dandogli valore 5.000 per renderli più evidenti e volutamente non facciamo comparire tutte le etichette dei nodi per un problema di leggibilità. Il layout risultante del grafo è il seguente:



Dettaglio 3 del grafo 3: Layout ottenuto tramite eigenvector centrality

La classe di farmaco più importante è A20BC (Inibitori Pompa Acida), di seguito J01CR (Associazioni di penicilline), quindi H02AB preparati ormonali, quindi C09AA (Ace Inibitori non associati), quindi B01AC (Antiaggreganti piastrinici, esclusa l'eparina) seguita da N06AB (Inibitori selettivi della serotonina, antidepressivi), mentre i comportamenti prescrittivi condivisi più importanti sono gli stessi che ci aveva indicato lo studio dell'indice di centralità, disposti accanto alle classi di farmaco centrali nel grafo.

I comportamenti prescrittivi addensati intorno alle patologie, sono legati alle rispettive patologie ma riferiscono farmaci non molto prescritti per altre patologie.

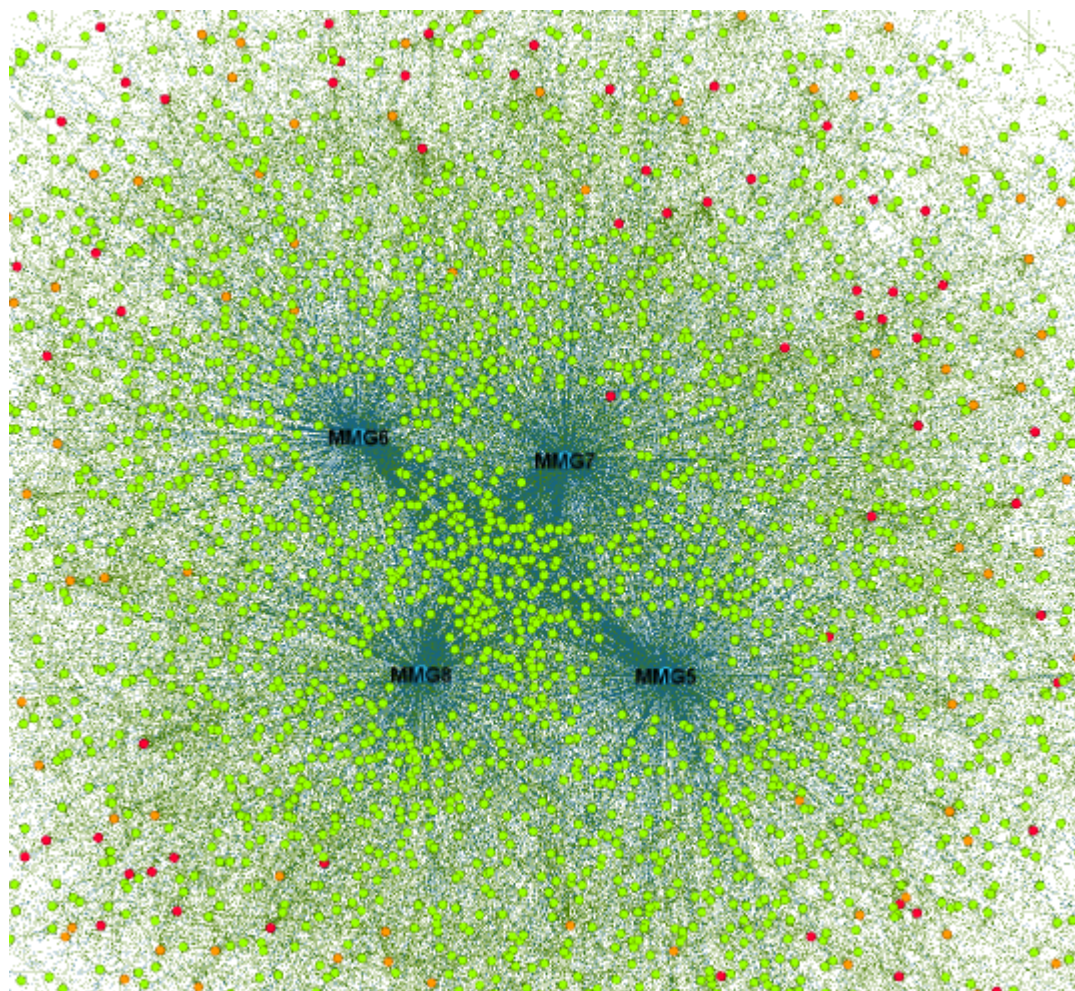
Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

Caso studio 4: stesso modello e stesse impostazioni di selezione utilizzati dal caso 3, ma applicato a 4 medici diversi scelti nella fascia dei prescrittori medio-bassi

Per validare il modello su un insieme diverso di dati, si selezionano altri 4 MMG operanti nella Zona Pisana e le relative prescrizioni farmaceutiche per l'anno 2007. In questo caso i MMG si collocano in una fascia di prescrittori medio-bassi

Medico	Pazienti	Prescrizioni	Prescrizione/Paziente
MMG5: SBRMHL61H57G702O	715	5.415	7,6
MMG6: PRDFRZ53S17G702J	363	4.900	13,5
MMG7: PZZVCN48D21I753X	783	5.034	6,4
MMG8: RZOSFN53E23G702U	440	5.191	11,8
Totale	2.301	20.540	8,9

Anche in questa situazione sono stati considerati tutti i distinti pattern di patologia (in totale 227) e tutti i possibili comportamenti prescrittivi. Nessun filtro è stato applicato sul numero di prescrizioni (in totale 20.540). Il data set così costruito genera un grafo di 3.335 nodi e 10.008 archi



Grafo 4: analisi delle prescrizioni farmaceutiche senza filtri sul dataset di partenza per MMG prescrittori medio-bassi

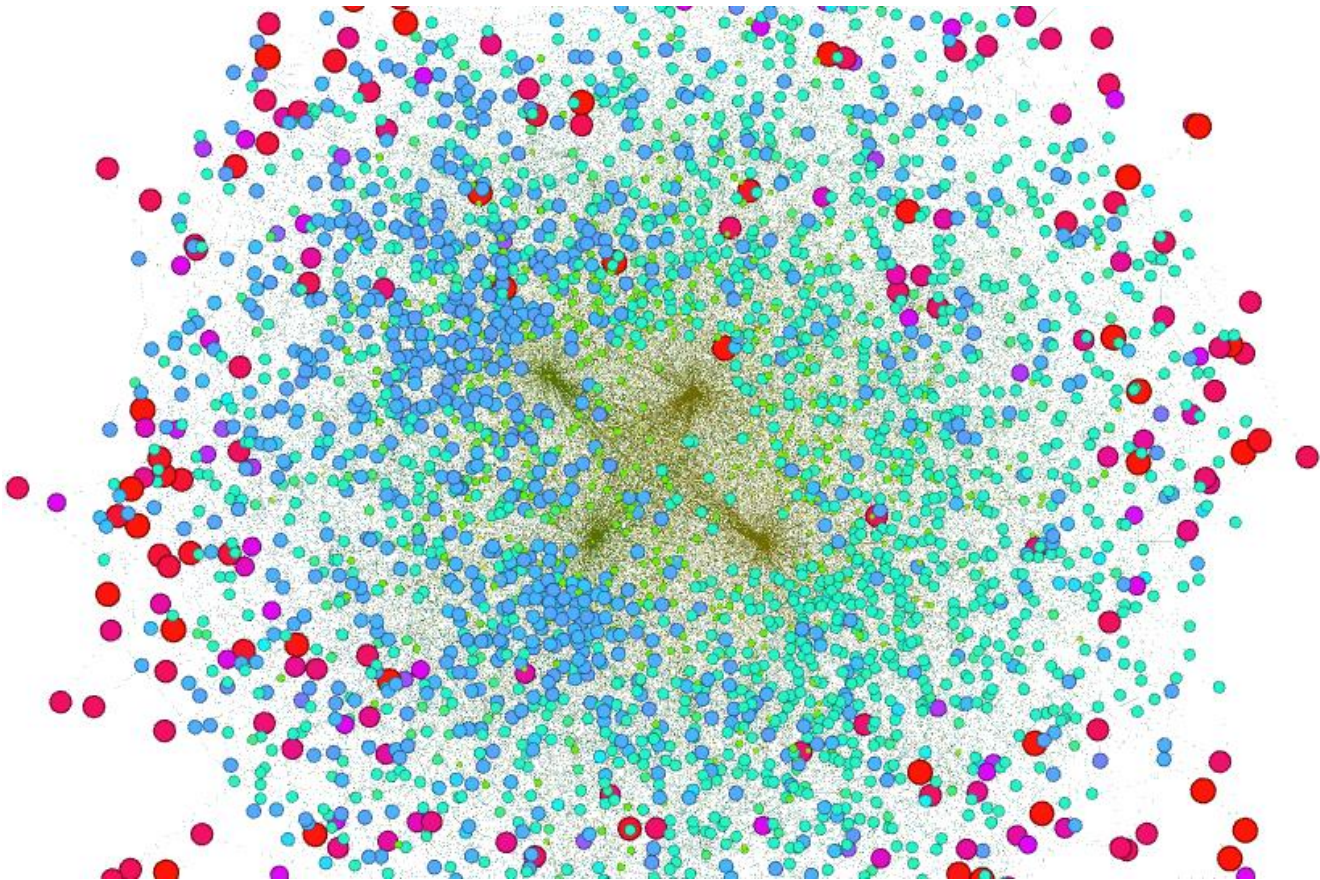
Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

Sempre considerando l'indice di closeness centrality, tra i pattern prescrittivi più importanti della rete risultano:

- BroAlt-H02AB prescrizioni di glicocorticoidi a pazienti broncopneumopatici (come per i 4 MMG del caso precedente)
- CarGasAlt-B01AC prescrizioni di antiaggreganti piastrinici, esclusa l'eparina a pazienti affetti da Cardiovasculopatia e Gastropatia (come per i 4 MMG del caso precedente)
- CarGasEndAlt-A02BC prescrizioni di inibitori di Pompa Acida a pazienti affetti da Cardiovasculopatia, Gastroenteropatia e Malattia Endocrina (come per i 4 MMG del caso precedente). Dunque emerge di nuovo l'alto utilizzo dei farmaci inibitori di pompa acida.

I pattern condivisi da tutti e quattro i medici sono 132 (tutti con stessa eccentricity e closeness centrality) rispetto al totale di 2916 pattern distinti (0,045%)

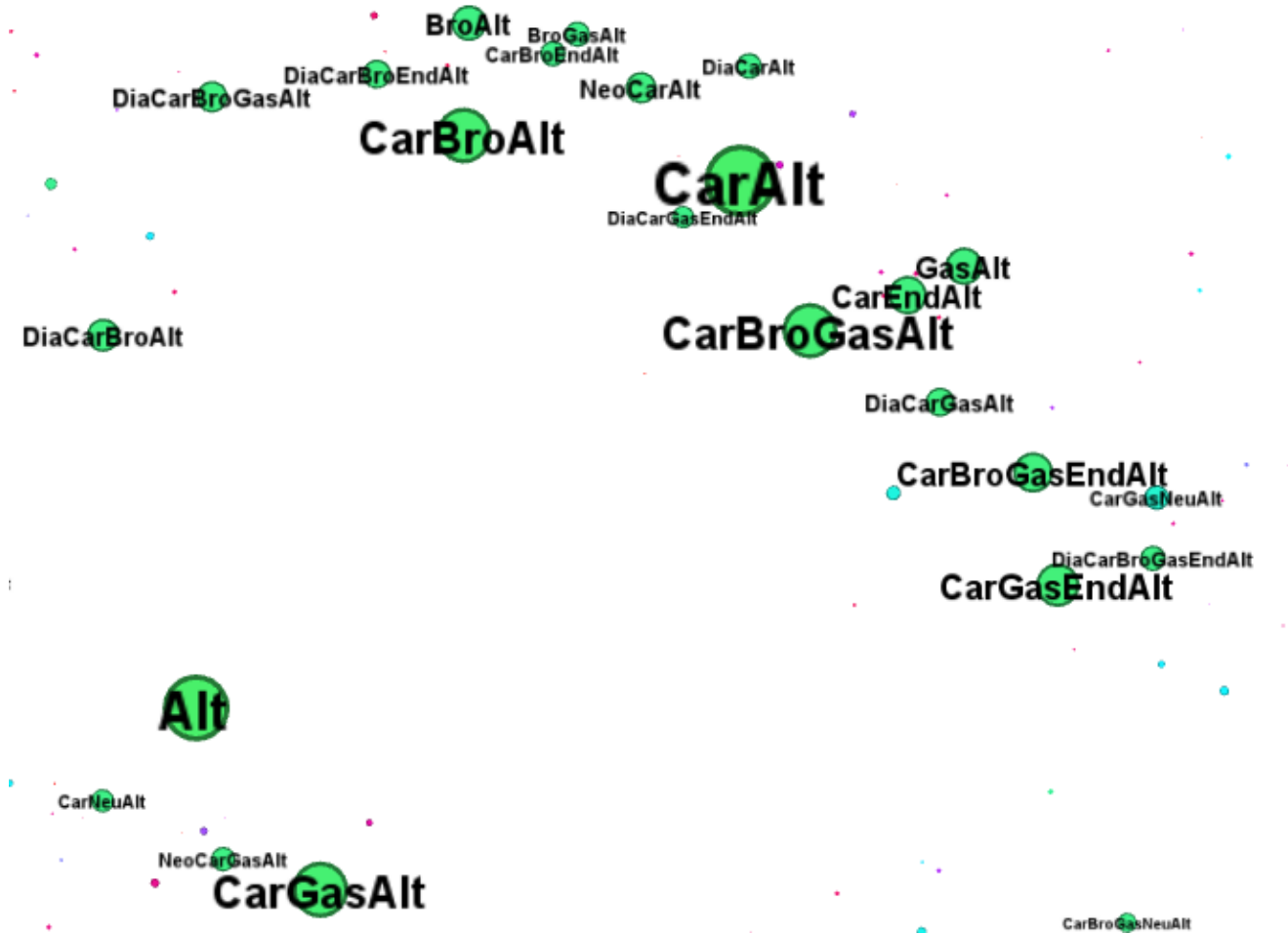
Il grafo colorato in base ai valori della closeness (scala giallo verde celeste viola rosso, dove giallo indica closeness più bassa quindi nodo più importante) è il seguente.



Dettaglio 1 del grafo 4: closeness centrality

Impostando un filtro per visualizzare le sole patologie:

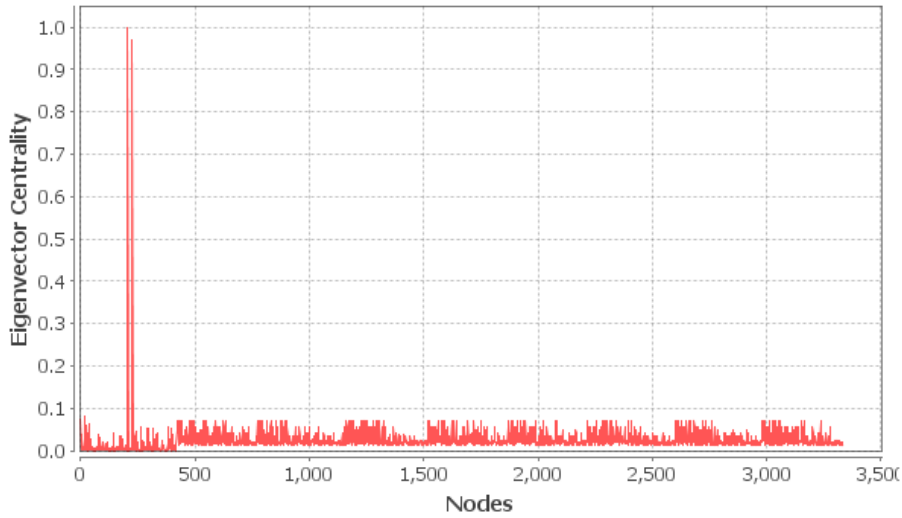
Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari



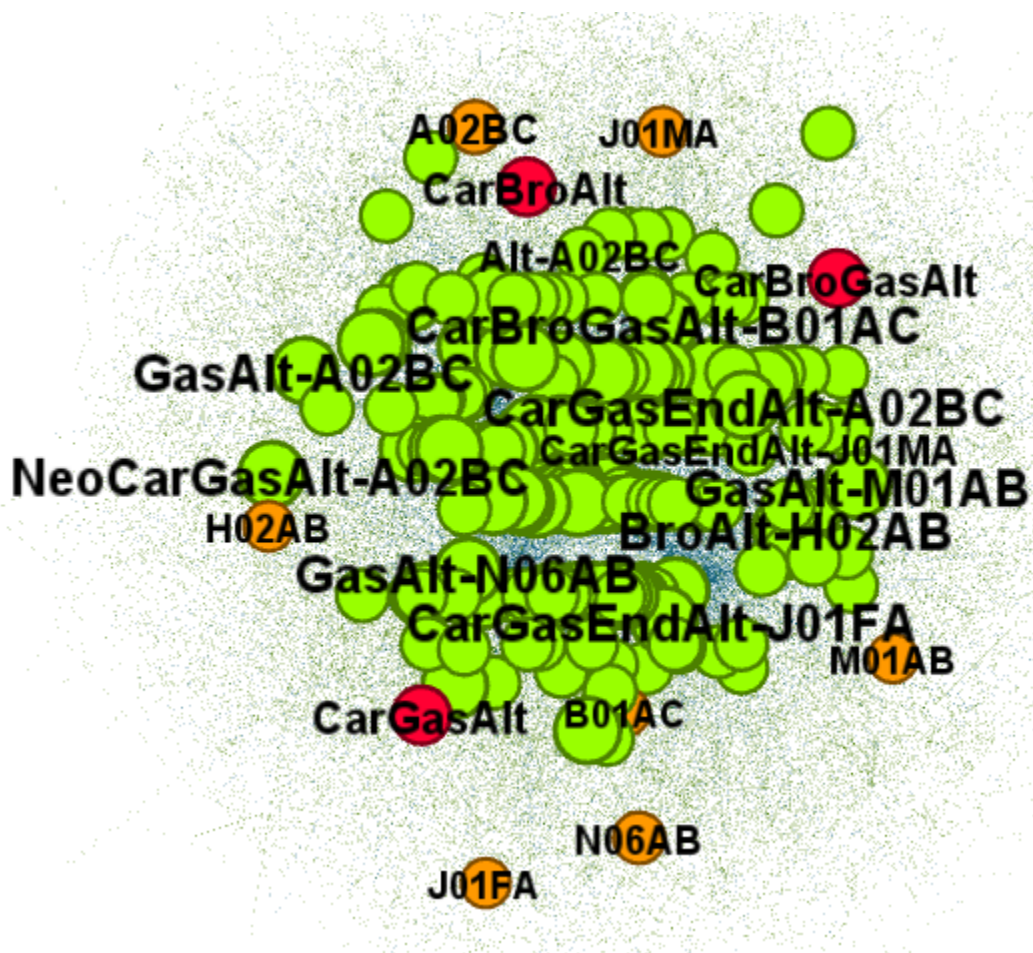
Dettaglio 2 del grafo 4: closeness centrality, patologie più importanti della rete

Utilizzando l'indice Eigenvector Centrality impostiamo un intervallo di significatività secondo la logica stabilita nel caso studio precedente.

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari



Selezionando Range 0.05-0.07 e size dei nodi a 15000, il layout che si ottiene è il seguente



Dettaglio 1 del grafo 4: Layout ottenuto tramite eigenvector centrality

Il modello dei Grafi, esempi di analisi su dati sanitari

Entrambi i layout derivanti dall'uso dell'indice di eigenvector centrality per i casi studio 3 e 4 si potrebbero affinare ancora lavorando sul dettaglio dei range. Comunque facendo da subito un primo confronto possiamo cogliere delle similitudini fra le classi di farmaco ed i comportamenti prescrittivi più importanti nei due gruppi di medici selezionati per l'analisi.

Spunti conclusivi

Allo scopo di fare una valutazione di appropriatezza prescrittiva abbiamo scelto 4 MMG operanti nella Zona Pisana simili in età e collocati nella fascia dei prescrittori medio-alti.

L'analisi statistica tradizionale sui 4 MMG evidenzia un medico (MMG3) che per i farmaci inibitori di pompa acida (IPA), che sappiamo essere i più prescritti in assoluto, si comporta in modo sensibilmente diverso rispetto agli, in particolare emerge come basso prescrittore. L'analisi attraverso strumenti di visualizzazione di reti basati su grafi, applicata sullo stesso insieme di dati opportunamente modellati per consentire l'utilizzo dello strumento Gephi scelto allo scopo, conferma che il medico è un basso prescrittore di questi farmaci, evidenziando che la situazione patologica dei pazienti a cui ha prescritto tale classe di farmaci è sensibilmente meno complessa rispetto a quella degli altri medici.

Poiché questa prima analisi considera le sole ricette di IPA, abbiamo sofisticato il caso di studio per confrontare i 4 MMG su tutte le classi di farmaci prescritti. Il grafo così ottenuto conferma la situazione patologica meno complessa dei pazienti di MMG3 rispetto agli altri e mostra che i comportamenti prescrittivi condivisi dai 4 MMG risultano di fatto una minoranza rispetto al totale. Per facilità di lettura e visualizzazione del grafo erano stati operati alcuni filtri sul dataset di partenza per diminuire il numero di nodi ed archi; considerato che questo poteva avere un effetto negativo sul numero di comportamenti prescrittivi condivisi, abbiamo ricostruito il modello dati con stessa logica ma senza operare filtri in origine. Così facendo i comportamenti prescrittivi condivisi dai 4 MMG diventano lo 0,081% rispetto al totale, mentre in precedenza erano lo 0,014%.

Per avere un ulteriore termine di confronto abbiamo scelto altri 4 MMG della Zona Pisana collocati nella fascia di prescrittori medio-bassi. Anche in questo caso i comportamenti prescrittivi condivisi sono una minoranza (0,045%). Considerando i valori di closeness centrality come metodo di confronto tra i due grafi ottenuti per i due diversi gruppi di medici, si riscontrano similitudini di comportamento fra i due gruppi, non apprezzabili però intuitivamente guardando i grafi rispettivi. Creando invece un layout basato sull'indice di eigenvector centrality, per entrambe le reti, i grafi ottenuti evidenziano similitudini fra le classi di farmaco ed i comportamenti prescrittivi più importanti nei due gruppi di medici selezionati per l'analisi.