

# Stima delle potenziali vie di trasmissione delle infezioni nei reparti ospedalieri utilizzando sensori di prossimità indossabili

SIMONA FERMO

*Tecniche informatiche per la gestione  
dei dati*  
Libera Università Maria Santissima  
Assunta  
Rome, Italy  
s.fermo@lumsastud.it

NICOLA SANTILLO

*Tecniche informatiche per la gestione  
dei dati*  
Libera Università Maria Santissima  
Assunta  
Rome, Italy  
n.santillo@lumsastud.it

MATTEO IANERI

*Tecniche informatiche per la gestione  
dei dati*  
Libera Università Maria Santissima  
Assunta  
Rome, Italy  
m.ianeri@lumsastud.it

**Abstract**— Questo articolo presenta la rete di contatti tra individui nell'unità geriatrica di un ospedale universitario di Lione. Per comprendere i modelli di trasmissione a livello individuale sono state applicate tecniche di social network analysis su piccola scala ed eseguita una simulazione del modello Susceptible-Infectious-Recovered (SIR). I risultati di questo studio forniscono una base importante per lo sviluppo di strategie di controllo delle infezioni più efficaci nei reparti ospedalieri, sottolineando l'importanza dell'implementazione di sensori di prossimità indossabili per monitorare e limitare le interazioni a rischio tra il personale medico e i pazienti.

**Keywords**— Social network analysis, nosocomial infection, geriatric unit

## I. INTRODUCTION

Le infezioni nosocomiali rappresentano una seria minaccia per la salute dei pazienti ricoverati negli ospedali, nonché per gli operatori sanitari. Queste infezioni possono avere un impatto negativo sulla salute individuale, ma anche agire da potenziale innesco o catalizzatore di epidemie su scala comunitaria e persino globale. Pertanto, ottenere una comprensione dettagliata dei contatti che avvengono all'interno degli ospedali è di fondamentale importanza per l'epidemiologia delle infezioni ospedaliere (IOS) e per la progettazione e la validazione delle misure di controllo. Tuttavia, è importante notare che le reti sociali all'interno degli ospedali possono differire significativamente dalle reti sociali nelle comunità urbane o globali. Gli ospedali, in termini di dimensioni, sono generalmente molto più piccoli rispetto a intere comunità urbane e la loro struttura microscopica è altamente gerarchica, con dipartimenti, reparti e stanze che regolamentano i modelli di contatto.

Inoltre, all'interno di una struttura sanitaria, ci sono individui con ruoli distinti, come pazienti, visitatori e operatori sanitari. Gli operatori sanitari stessi possono essere suddivisi in diverse categorie, tra cui infermieri e medici, ognuno con caratteristiche di suscettibilità, mortalità, infettività e altri fattori che influenzano la dinamica della diffusione delle malattie.

Questa complessità nelle dinamiche dei contatti rende necessaria un'analisi dettagliata e specifica per comprendere appieno come le infezioni ospedaliere si diffondono all'interno di un ospedale.

## II.

## RELATED WORK

Recenti studi hanno dimostrato che nell'ambito dell'epidemiologia degli infezioni, i dispositivi elettronici indossabili possono essere utilizzati come completamento ai metodi tradizionali [1] per misurare le relazioni di prossimità faccia a faccia tra individui con un elevata risoluzione spazio-temporale in vari contesti sociali [2].

## III.

## DATASET DESCRIPTION

Il dataset analizzato contiene i dati raccolti da lunedì 6 dicembre 2010 alle 13:00 a venerdì 10 dicembre 2010 alle 14:00 per un totale di 109 ore nell'unità geriatrica di breve degenza (19 letti) di un ospedale universitario di Lione, Francia.

I dati raccolti rappresentano i contatti avvenuti tra 46 membri del personale (paramedico = 27 membri, medico = 11 membri e amministrativo = 8 membri) e 29 pazienti.

Tutte le stanze del reparto tranne due stanze sono predisposte con un letto singolo e ogni giorno lavoravano due squadre composte da 2 due infermieri e 3 paramedici, ognuna delle quali viene affiancata da un infermiere ausiliario, un fisioterapista un nutrizionista, due medici e due stagisti. La notte sono presenti due infermieri.

### A. Proprietà dei nodi

Ogni nodo nel set di dati ha come attributo il ruolo che svolge all'interno dell'ospedale:

TABLE I: DESCRIZIONE DEI RUOLI

|     |   |
|-----|---|
| MED | Medico e stagista   |
| NUR | Personale paramedico (infermieri, assistenti infermieri, fisioterapisti, nutrizionisti) |
| PAT | Paziente  |
| ADM | Personale amministrativo  |

## B. Proprietà degli edge

Ogni edge ha come attributo il numero di contatti.

## C. Proprietà del grafo

La nostra rete forma un grafo indiretto connesso con grado medio di 28.81.

Ricordiamo che nel grafo indiretto connesso per ogni coppia di vertici  $(u, v) \in V$  esiste un cammino che collega  $u$  a  $v$ .

Il grado medio viene calcolato come segue

$$C_k^{gadmed} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n k_i \quad (1)$$

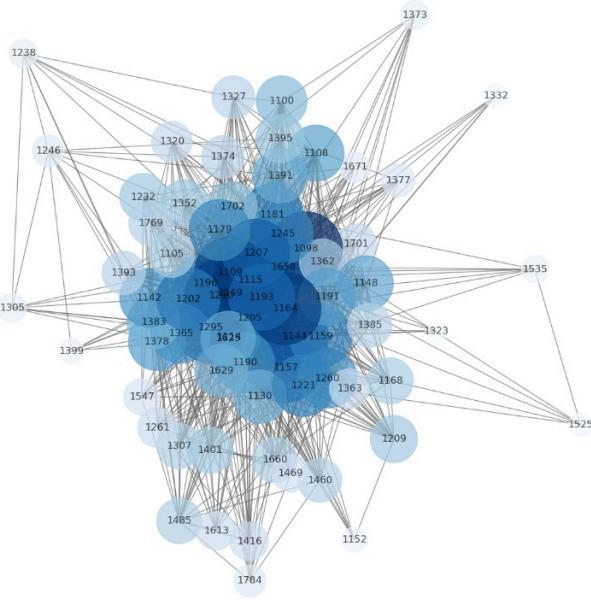


Figure I: Rappresentazione della rete con grandezza e colore dei nodi in base al grado

Il layout utilizzato in questa rappresentazione della rete è Fruchterman Reingold layout. Esso utilizza un modello di attrazione e repulsione tra i nodi per posizionarli in modo che i nodi collegati siano vicini tra loro, allontanando i nodi non collegati.

## IV.

## ANALYSIS

### A. Contatti tra individui

Per determinare qual nodi possano essere particolarmente influenti in caso di epidemia abbiamo analizzato lo score rank delle misure di centralità dei social network.

Ricordiamo che la degree centrality si basa sul numero di collegamenti di un nodo, senza tenere conto della sua posizione all'interno della rete, essa si calcola come segue:

$$C_v^{deg} = \sum_{i=1}^n A_{vi} = \sum_{i=1}^n A_{iv} \quad (2)$$

dove  $A_{vi}$  è l'elemento della matrice di adiacenza che corrisponde all'arco tra i nodi  $v$  e  $i$  e per i grafi indiretti la centralità di nodo è uguale al grado del nodo.

La closeness centrality misura la distanza media da un nodo a tutti gli altri nodi nella rete e si calcola come segue:

$$C_v^{clos} = \frac{N - 1}{\sum_{v=1}^N d(v, u)} \quad (3)$$

con  $N$  nodi e  $d(v, u)$  distanza tra il nodo  $v$  e il nodo  $u$ .

La betweenness centrality calcola quanti dei cammini minimi tra tutti i nodi della rete passano attraverso uno specifico nodo. Si basa sulla concettualizzazione che alcuni nodi agiscono come ponti o intermediari critici nel percorso delle comunicazioni o delle transizioni all'interno della rete.

$$C_k^{bet} = \sum_{i=1}^n \sum_{v=1}^n \frac{g_{ikv}}{g_{iv}} \quad (4)$$

Si contano il numero di volte in cui  $k$  si trova sul percorso più breve tra i nodi  $v$  e  $i$  ( $g_{ikv}$ ) e lo si divide per il numero totale di percorsi minimi che collegano i nodi  $v$  e  $i$  ( $g_{iv}$ ).

Dalla seguente tabella si evince che l'individuo appartenente al personale amministrativo 1098 sia il nodo centrale per tutte e tre le misure di centralità. Per cui può essere particolarmente influente in caso di epidemia, seguito dal personale paramedico 1115, 1210 e dal medico 1164.

| node | degree_centrality | closeness_centrality | betweenness_centrality |
|------|-------------------|----------------------|------------------------|
| 1098 | 0.808219          | 0.839080             | 0.040066               |
| 1115 | 0.780822          | 0.820225             | 0.035734               |
| 1210 | 0.767123          | 0.811111             | 0.031466               |
| 1164 | 0.767123          | 0.811111             | 0.033575               |
| 1295 | 0.753425          | 0.802198             | 0.031762               |
| 1109 | 0.753425          | 0.802198             | 0.035173               |
| 1157 | 0.712329          | 0.776596             | 0.027266               |
| 1658 | 0.698630          | 0.768421             | 0.024305               |
| 1144 | 0.684932          | 0.760417             | 0.022631               |
| 1205 | 0.671233          | 0.752577             | 0.024743               |
| 1207 | 0.671233          | 0.752577             | 0.027145               |
| 1193 | 0.643836          | 0.737374             | 0.018624               |
| 1149 | 0.643836          | 0.737374             | 0.016561               |
| 1202 | 0.589041          | 0.708738             | 0.013280               |
| 1114 | 0.575342          | 0.701923             | 0.019882               |
| 1181 | 0.575342          | 0.701923             | 0.018528               |
| 1159 | 0.575342          | 0.701923             | 0.013162               |
| 1221 | 0.561644          | 0.695238             | 0.012002               |
| 1179 | 0.547945          | 0.688679             | 0.007444               |
| 1245 | 0.547945          | 0.688679             | 0.006531               |
| 1196 | 0.547945          | 0.688679             | 0.010291               |
| 1190 | 0.534247          | 0.682243             | 0.011557               |
| 1260 | 0.520548          | 0.675926             | 0.008961               |
| 1365 | 0.520548          | 0.675926             | 0.010900               |
| 1142 | 0.506849          | 0.669725             | 0.007772               |
| 1191 | 0.479452          | 0.657658             | 0.007752               |
| 1378 | 0.479452          | 0.657658             | 0.012598               |
| 1108 | 0.465753          | 0.651786             | 0.004035               |
| 1148 | 0.452055          | 0.646018             | 0.004780               |
| 1391 | 0.438356          | 0.640351             | 0.010855               |
| 1625 | 0.438356          | 0.640351             | 0.004865               |

|      |          |          |          |
|------|----------|----------|----------|
| 1130 | 0.424658 | 0.634783 | 0.003463 |
| 1383 | 0.410959 | 0.629310 | 0.005832 |
| 1629 | 0.410959 | 0.629310 | 0.005782 |
| 1100 | 0.383562 | 0.618644 | 0.003046 |
| 1702 | 0.369863 | 0.613445 | 0.003011 |
| 1395 | 0.342466 | 0.603306 | 0.002843 |
| 1352 | 0.342466 | 0.603306 | 0.006729 |
| 1232 | 0.328767 | 0.598361 | 0.001690 |
| 1209 | 0.328767 | 0.598361 | 0.002416 |
| 1362 | 0.315068 | 0.588710 | 0.002319 |
| 1401 | 0.315068 | 0.588710 | 0.002149 |
| 1168 | 0.315068 | 0.593496 | 0.002711 |
| 1105 | 0.315068 | 0.593496 | 0.001141 |
| 1660 | 0.301370 | 0.584000 | 0.002572 |
| 1485 | 0.301370 | 0.561538 | 0.005933 |
| 1307 | 0.301370 | 0.588710 | 0.002192 |
| 1460 | 0.287671 | 0.579365 | 0.002297 |
| 1385 | 0.287671 | 0.579365 | 0.002052 |
| 1769 | 0.287671 | 0.584000 | 0.002597 |
| 1327 | 0.273973 | 0.579365 | 0.002062 |
| 1374 | 0.273973 | 0.579365 | 0.003080 |
| 1393 | 0.273973 | 0.579365 | 0.003258 |
| 1320 | 0.246575 | 0.565891 | 0.000586 |
| 1701 | 0.246575 | 0.570312 | 0.001036 |
| 1363 | 0.232877 | 0.557252 | 0.000824 |
| 1261 | 0.232877 | 0.561538 | 0.001593 |
| 1613 | 0.219178 | 0.536765 | 0.002062 |
| 1416 | 0.219178 | 0.561538 | 0.001146 |
| 1469 | 0.205479 | 0.553030 | 0.000905 |
| 1547 | 0.191781 | 0.544776 | 0.000487 |
| 1377 | 0.164384 | 0.532847 | 0.000044 |
| 1784 | 0.150685 | 0.532847 | 0.000472 |
| 1246 | 0.150685 | 0.506944 | 0.002120 |
| 1671 | 0.136986 | 0.536765 | 0.000039 |
| 1373 | 0.123288 | 0.514085 | 0.000153 |
| 1305 | 0.123288 | 0.528986 | 0.001334 |
| 1238 | 0.123288 | 0.480263 | 0.000951 |
| 1535 | 0.109589 | 0.521429 | 0.000636 |
| 1399 | 0.095890 | 0.510490 | 0.000337 |
| 1152 | 0.095890 | 0.514085 | 0.000056 |
| 1332 | 0.082192 | 0.503448 | 0.000000 |
| 1525 | 0.082192 | 0.493243 | 0.000294 |
| 1323 | 0.068493 | 0.500000 | 0.000013 |

Figure II: Score rank delle misure di centralità organizzate in ordine decrescente per la colonna degree\_centrality e colorate con gradiente in base al valore

### B. Analisi contatti del nodo 1098

L'individuo del personale amministrativo 1098 nel corso dello studio ha avuto 59 contatti.

TABLE II: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1098 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| NUR    | 22        |
| PAT    | 21        |
| MED    | 10        |
| ADM    | 6         |
| Totale | 59        |

Non ci stupisce che il nodo più centrale sia un individuo che lavora come personale amministrativo e che il 37.5% dei suoi contatti sia avvenuto con il personale paramedico, poiché potrebbe essere un applicato di segreteria che ha il compito di smistare le cartelle cliniche di ricovero per contabilizzare i trattamenti sanitari o che tratti le richieste di acquisto di materiali di beni di consumo.

TABLE III: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1098 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| NUR   | 37.5        |
| PAT   | 35.6        |
| MED   | 16.9        |
| ADM   | 10.2        |

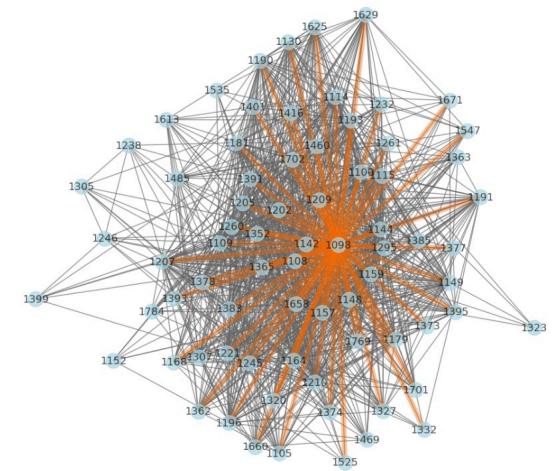


Figure III: Collegamenti del nodo 1098

### C. Analisi contatti del nodo 1115

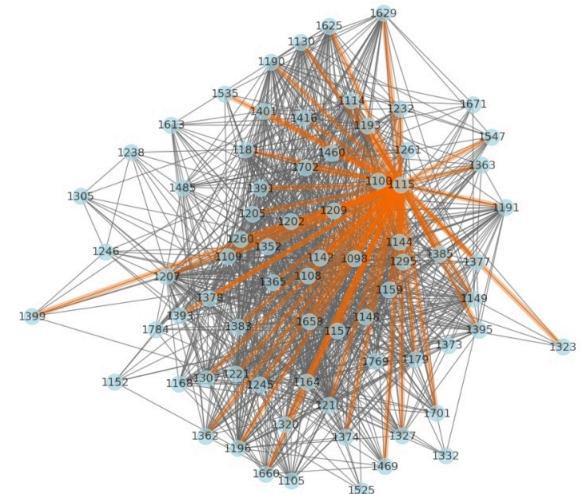


Figure IV: Collegamenti del nodo 1115

L'individuo del personale paramedico 1115 nel corso dello studio ha avuto 57 contatti.

TABLE IV: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1115 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| PAT    | 24        |
| NUR    | 18        |
| MED    | 9         |
| ADM    | 6         |
| Totale | 57        |

Facendo parte del personale paramedico il nodo 1115 abbia avuto il 42.1% di contatti con i pazienti.

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 42.1        |
| NUR   | 31.6        |
| MED   | 15.8        |
| ADM   | 10.5        |

TABLE V: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1115 PER CLASSI

#### D. Analisi contatti del nodo 1164

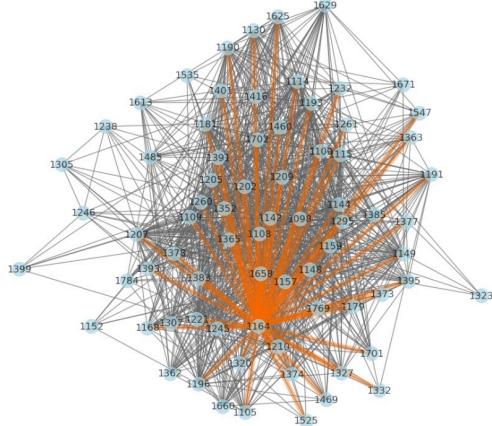


Figure V: Collegamenti del nodo 1164

Il medico 1164 nel corso dello studio ha avuto 56 contatti.

TABLE VI: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1164 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| PAT    | 21        |
| NUR    | 20        |
| MED    | 9         |
| ADM    | 6         |
| Totale | 56        |

Essendo un medico il nodo 1164 ha avuto il 37.5% di contatti con i pazienti e il 35.7% con il personale paramedico.

TABLE VII: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1164 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 37.5        |
| NUR   | 35.7        |
| MED   | 16.1        |
| ADM   | 10.7        |

#### E. Processi di diffusione

Per determinare quali siano i punti di aggregazione che possano aiutare a mantenere la connettività della rete e quindi favorire l'espansione di una eventuale infezione, analizziamo il coefficiente di clustering locale (LCC).

Ricordiamo che il coefficiente di clustering definisce la probabilità che due amici del nodo  $n$  siano a loro volta amici l'uno dell'altro, esso viene calcolato come

$$CC_A = \frac{\sum \text{triangoli}}{\sum \text{triadi}} \quad (5)$$

Dove le triadi sono i sottografi di ordine tre e i triangoli rappresentano la chiusura del terzo lato del triangolo.

Il 91.9% dei nodi presentano un coefficiente di clustering locale maggiore del 0.5. Tra nodi con coefficiente maggiore del 0.9 troviamo due pazienti e un amministrativo:

TABLE VIII: I QUATTRO NODI CON CLL MAGGIORE

| Nodo | LCC      | Ruolo |
|------|----------|-------|
| 1332 | 1.000000 | PAT   |
| 1671 | 0.955556 | ADM   |
| 1377 | 0.954545 | PAT   |

#### F. Analisi sottografo del paziente 1332

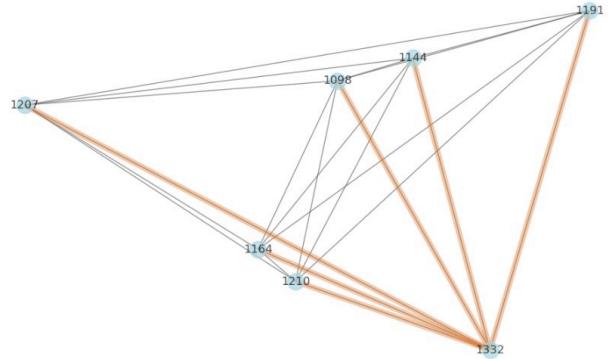


Figure VI: Visualizzazione dei collegamenti diretti del nodo 1332 e i collegamenti tra i suoi vicini

Sapendo che tutte le stanze tranne due sono a uso singolo non ci meraviglia che il paziente 1332 non abbia avuto

contatti diretti con altri pazienti e che i suoi vicini tendono a connettersi tra di loro, essendo una equipe di tre paramedici, due medici e un amministratore è normale che parlino tra loro per confrontarsi sulla metodologia di cura.

TABLE VIII: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1332 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| NUR    | 3         |
| ADM    | 2         |
| MED    | 1         |
| PAT    | 0         |
| Totale | 6         |

TABLE IX PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1332 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| NUR   | 50.0        |
| MED   | 33.3        |
| ADM   | 16.7        |
| PAT   | 0           |

#### G. Analisi sottografo dell'amministrativo 1671

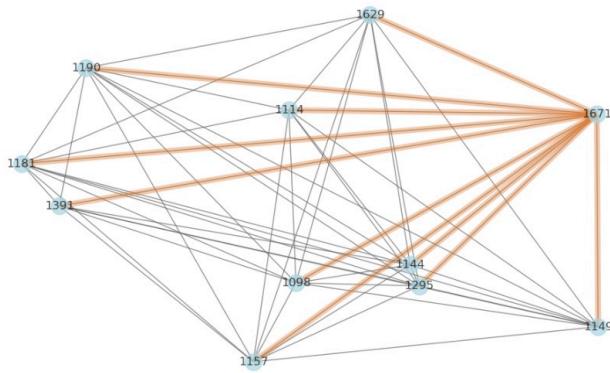


Figure VII: Visualizzazione dei collegamenti diretti del nodo 1671 e i collegamenti tra i suoi vicini

Lavorando nel reparto amministrativo è normale che il 60% dei suoi collegamenti avvenga con il personale paramedico essendo questi ultimi delegati al trasporto delle cartelle cliniche nel suo reparto per lo smistamento. Gli amministratori si occupano anche di assicurazioni e quando mancano dei documenti tendono a interagire direttamente con i pazienti.

TABLE X: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1671 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| NUR    | 6         |
| ADM    | 2         |
| MED    | 1         |
| PAT    | 1         |
| Totale | 10        |

TABLE XI: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1671 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| NUR   | 60.0        |
| ADM   | 20.0        |
| MED   | 10.0        |
| PAT   | 10.0        |

#### H. Analisi sottografo del paziente 1377

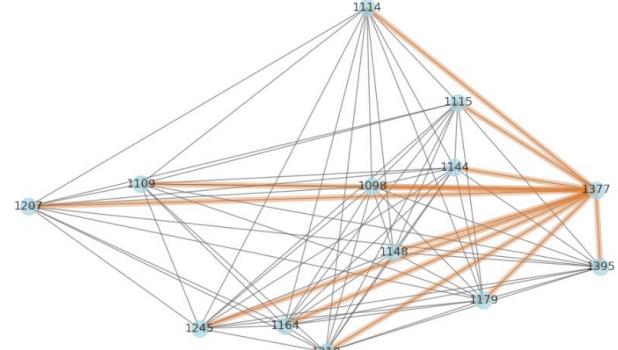


Figure VIII: Visualizzazione dei collegamenti diretti del nodo 1377 e i collegamenti tra i suoi vicini

Come per il paziente 1332 è normale che la sua equipe tenda a effettuare collegamenti tra di loro per determinare le metodologie di cura.

TABLE XII: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1377 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| NUR    | 7         |
| ADM    | 2         |
| MED    | 2         |
| PAT    | 1         |
| Totale | 12        |

TABLE XIII: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1377 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| NUR   | 58.3        |
| ADM   | 16.7        |
| MED   | 16.7        |
| PAT   | 8.3         |

IL PAZIENTE 1395 CON CUI IL PAZIENTE 1377 E' STATO IN CONTATTO PER 13 ORE DURANTE IL SECONDO GIORNO DI STUDI, PROBABILMENTE È IL SUO COMPAGNO DI STANZA.

#### I. Analisi del primo giorno

Durante il primo giorno di analisi sono avvenuti 326 contatti tra 27 individui.

TABLE XIV: INDIVIDUI PER CLASSI PRESENTI IL PRIMO GIORNO

*K. Analisi contatti del paramedico 1193*

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| PAT   | 10        |
| NUR   | 11        |
| MED   | 3         |
| ADM   | 4         |

*J. Contatti tra individui*

Come per l'intero periodo di studio è stato utilizzato lo score rank delle misure di centralità dei social network per determinare qual nodi possano essere particolarmente influenti nel caso in cui l'epidemia si sviluppasse durante il primo giorno.

| Id   | role | Grado ▼ | Closeness Centrality | Betweenness Centrality |
|------|------|---------|----------------------|------------------------|
| 1193 | NUR  | 26      | 1.0                  | 122.6                  |
| 1116 | NUR  | 18      | 0.764706             | 37.7                   |
| 1179 | ADM  | 15      | 0.702703             | 18.666667              |
| 1196 | NUR  | 14      | 0.684211             | 14.933333              |
| 1190 | NUR  | 12      | 0.65                 | 9.0                    |
| 1261 | NUR  | 10      | 0.619048             | 5.233333               |
| 1098 | ADM  | 10      | 0.619048             | 4.933333               |
| 1114 | NUR  | 9       | 0.604651             | 4.65                   |
| 1105 | NUR  | 9       | 0.604651             | 2.533333               |
| 1157 | MED  | 8       | 0.580909             | 3.25                   |
| 1365 | PAT  | 8       | 0.580909             | 2.4                    |
| 1191 | MED  | 8       | 0.580909             | 1.083333               |
| 1295 | NUR  | 8       | 0.590909             | 1.55                   |
| 1232 | ADM  | 7       | 0.577778             | 2.4                    |
| 1152 | MED  | 7       | 0.577778             | 1.916667               |
| 1164 | NUR  | 7       | 0.577778             | 1.6                    |
| 1374 | PAT  | 6       | 0.565217             | 1.35                   |
| 1142 | NUR  | 6       | 0.565217             | 0.45                   |
| 1109 | NUR  | 6       | 0.565217             | 0.45                   |
| 1393 | PAT  | 6       | 0.565217             | 0.0                    |
| 1305 | PAT  | 5       | 0.553191             | 0.25                   |
| 1378 | PAT  | 5       | 0.553191             | 0.0                    |
| 1352 | PAT  | 4       | 0.541667             | 0.0                    |
| 1383 | PAT  | 4       | 0.541667             | 0.0                    |
| 1323 | PAT  | 3       | 0.530612             | 0.0                    |
| 1327 | PAT  | 3       | 0.530612             | 0.0                    |
| 1399 | PAT  | 2       | 0.52                 | 0.0                    |

Figure IX: Score rank delle misure di centralità organizzate in ordine decrescente per la colonna degree del giorno 1

Dalla seguente tabella possiamo evincere che il paramedico 1193 sia il nodo centrale per tutte e tre le misure di centralità. Per cui potrebbe essere particolarmente influente nel caso in cui l'epidemia si iniziasse a sviluppare il primo giorno, seguito dal personale paramedico 1116 e dall'amministrativo 1179.

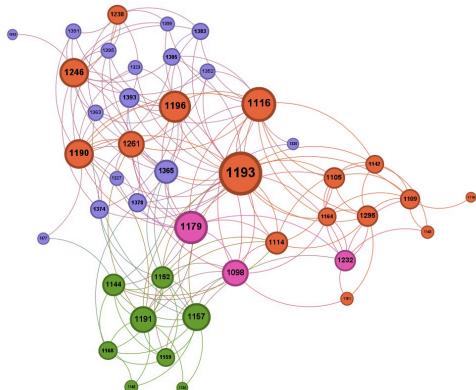


Figure X: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il primo giorno di studio. Con grandezza dei nodi in base al grado e colore in base al ruolo (PAT = viola, NUR = arancione, ADM = rosa, MED = verde)

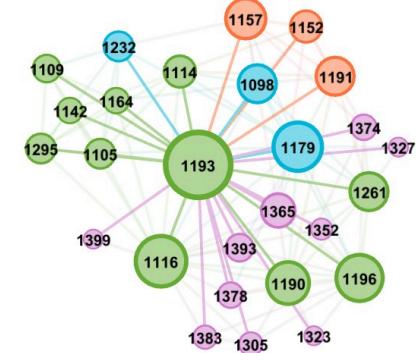


Figure XI: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il primo giorno del paramedico 1193 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XV: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1193 PER CLASSI

| Ruolo  | Frequenza |
|--------|-----------|
| PAT    | 10        |
| NUR    | 10        |
| MED    | 3         |
| ADM    | 3         |
| Totale | 26        |

Il 38.46% dei 26 contatti che il paramedico 1193 ha avuto durante il primo giorno di studio sono stati con pazienti che curava e altri paramedici.

TABLE XVI: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1193 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 38.46       |
| NUR   | 38.46       |
| MED   | 11.54       |
| ADM   | 11.54       |

*L. Analisi contatti del paramedico 1116*

Figure XII: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il primo giorno del paramedico 1116 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

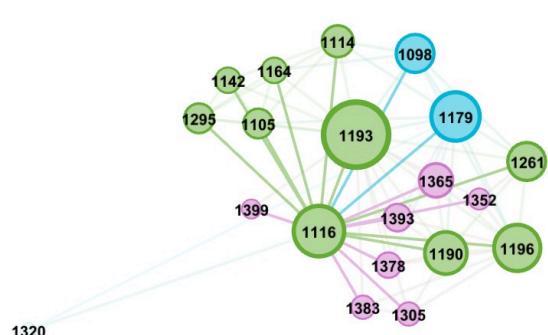


TABLE XVII: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1116 PER CLASSI

Figure XIII: Valori del coefficiente di clustering e della modularità

| <i>Ruolo</i> | <i>Frequenza</i> |
|--------------|------------------|
| NUR          | 9                |
| PAT          | 7                |
| ADM          | 2                |
| MED          | 0                |
| Total        | 18               |

Durante il primo giorno il paramedico 1116 ha intrattenuto contatti principalmente con i pazienti e altri paramedici, non avendo avuto contatti con medici presupponiamo che possa un assistente infermiere.

TABLE XVIII: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1116 PER CLASSI

| <i>Ruolo</i> | <i>Frequenza %</i> |
|--------------|--------------------|
| PAT          | 50.0               |
| NUR          | 38.89              |
| MED          | 11.11              |
| ADM          | 0                  |

*M. Ricerca dei gruppi*

Per determinare come fossero divise le squadre degli operatori sanitari presenti durante il primo giorno di studio abbiamo analizzato il coefficiente di clustering e la modularità.

Ricordiamo che il coefficiente di clustering è la media della stima della probabilità che due nodi adiacenti ad un altro siano a loro volta adiacenti.

$$C^{clus} = \sum_{i=1}^n C_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{2t_i}{k_i(k_i - 1)} \quad (6)$$

La modularità quantifica la qualità della divisione del grafo in moduli i cui nodi sono fortemente intra-connessi con numerosi archi e debolmente inter-connessi con i nodi degli altri moduli della rete.

$$C^{mod} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n \left( a_{ij} - \frac{k_i k_j}{l} \right) \delta_{m_i, m_j} \quad (7)$$

| Id   | Role | Grade | Clustering Coefficient |        | Modularity Class |
|------|------|-------|------------------------|--------|------------------|
|      |      |       | Value                  | Weight |                  |
| 1300 | PAT  | 2     | 1.0                    | 1.0    | 2                |
| 1358 | MED  | 2     | 1.0                    | 1.0    | 1                |
| 1148 | MED  | 3     | 1.0                    | 1.0    | 1                |
| 1558 | MED  | 7     | 0.8531142              | 1.0    | 1                |
| 1164 | NUR  | 7     | 0.714286               | 0.0    | 0                |
| 1105 | NUR  | 9     | 0.694444               | 0.0    | 0                |
| 1305 | PAT  | 5     | 0.666667               | 2.0    | 2                |
| 1142 | NUR  | 6     | 0.666667               | 0.0    | 0                |
| 1149 | NUR  | 3     | 0.666667               | 0.0    | 0                |
| 1393 | PAT  | 6     | 0.642857               | 2.0    | 2                |
| 1205 | NUR  | 8     | 0.611111               | 0.0    | 0                |
| 1352 | PAT  | 4     | 0.6                    | 2.0    | 2                |
| 1152 | MED  | 7     | 0.577776               | 1.0    | 1                |
| 1114 | NUR  | 9     | 0.577776               | 1.0    | 1                |
| 1168 | MED  | 7     | 0.571429               | 1.0    | 1                |
| 1144 | MED  | 10    | 0.555556               | 1.0    | 1                |
| 1109 | NUR  | 6     | 0.535714               | 0.0    | 0                |
| 1383 | PAT  | 4     | 0.533333               | 2.0    | 2                |
| 1331 | PAT  | 3     | 0.5                    | 2.0    | 2                |
| 1377 | PAT  | 3     | 0.5                    | 2.0    | 2                |
| 1378 | PAT  | 5     | 0.47619                | 2.0    | 2                |
| 1191 | MED  | 8     | 0.461538               | 1.0    | 1                |
| 1098 | ADM  | 10    | 0.461538               | 1.0    | 1                |
| 1365 | PAT  | 8     | 0.454545               | 2.0    | 2                |
| 1232 | ADM  | 7     | 0.444444               | 0.0    | 0                |
| 1374 | PAT  | 6     | 0.428571               | 2.0    | 2                |
| 1391 | PAT  | 5     | 0.4                    | 2.0    | 2                |
| 1390 | PAT  | 5     | 0.4                    | 2.0    | 2                |
| 1261 | NUR  | 10    | 0.309436               | 2.0    | 2                |
| 1179 | ADM  | 15    | 0.372549               | 2.0    | 2                |
| 1157 | MED  | 8     | 0.362637               | 1.0    | 1                |
| 1190 | NUR  | 12    | 0.361905               | 2.0    | 2                |
| 1196 | NUR  | 14    | 0.338235               | 2.0    | 2                |
| 1181 | NUR  | 3     | 0.333333               | 0.0    | 0                |
| 1399 | PAT  | 2     | 0.333333               | 2.0    | 2                |
| 1116 | NUR  | 18    | 0.321637               | 2.0    | 2                |
| 1238 | NUR  | 8     | 0.285714               | 2.0    | 2                |
| 1192 | NUR  | 26    | 0.267692               | 2.0    | 2                |
| 1363 | PAT  | 5     | 0.2                    | 2.0    | 2                |
| 1246 | NUR  | 15    | 0.085714               | 2.0    | 2                |
| 1332 | PAT  | 1     | 0.0                    | 2.0    | 2                |
| 1115 | NUR  | 1     | 0.0                    | 0.0    | 0                |
| 1377 | PAT  | 2     | 0.0                    | 2.0    | 2                |

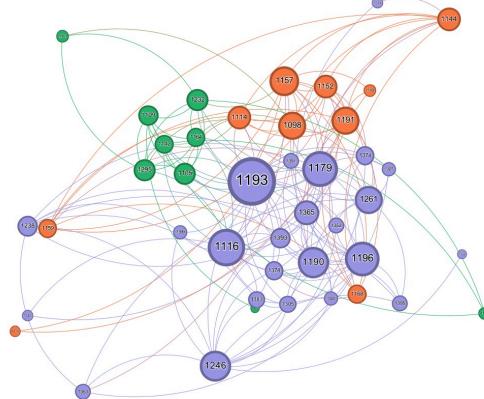


Figure XIV: Rappresentazione dei tre gruppi presenti nella nostra rete (0 = Verde, 1 = Arancio, 2 = Viola)

I tre gruppi sono composti da:

TABLE XIX: NODI CHE FORMANO IL GRUPPO 0

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> |
|------------------|--------------|
| 1164             | NUR          |
| 1105             | NUR          |
| 1142             | NUR          |
| 1295             | NUR          |
| 1109             | NUR          |
| 1149             | NUR          |
| 1232             | ADM          |
| 1181             | NUR          |
| 1115             | NUR          |

Il gruppo 0 rappresenta il personale paramedico. L'amministrativo 1232 presente all'interno del gruppo paramedico potrebbe essere l'addetto all'economato in quanto tratta richieste dei dispositivi di protezione individuale.

TABLE XX: NODI CHE FORMANO IL GRUPPO 1

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> |
|------------------|--------------|
| 1130             | MED          |
| 1148             | MED          |
| 1159             | MED          |
| 1152             | MED          |
| 1114             | NUR          |
| 1168             | MED          |
| 1144             | MED          |
| 1191             | MED          |
| 1098             | ADM          |
| 1157             | MED          |

Il gruppo 1 rappresenta il personale medico. L'amministrativo 1098 presente all'interno del gruppo medico potrebbe essere il referente amministrativo dei medici.

TABLE XXI: NODI CHE FORMANO IL GRUPPO 2

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> |
|------------------|--------------|
| 1320             | PAT          |
| 1305             | PAT          |
| 1393             | PAT          |
| 1352             | PAT          |
| 1383             | PAT          |
| 1323             | PAT          |
| 1327             | PAT          |
| 1378             | PAT          |
| 1365             | PAT          |
| 1374             | PAT          |
| 1391             | PAT          |
| 1395             | PAT          |
| 1261             | NUR          |
| 1179             | ADM          |
| 1190             | NUR          |
| 1196             | NUR          |
| 1399             | PAT          |
| 1116             | NUR          |
| 1238             | NUR          |
| 1193             | NUR          |
| 1363             | PAT          |
| 1332             | PAT          |
| 1377             | PAT          |
| 1246             | NUR          |

Il gruppo 2 rappresenta i pazienti. L'amministrativo 1179 presente all'interno del gruppo potrebbe essere l'addetto alla qualità che somministra i questionari ai pazienti.

#### *N. Analisi del secondo giorno*

Durante il secondo giorno di analisi sono avvenuti 474 contatti tra 49 individui.

TABLE XXII: INDIVIDUI PER CLASSI PRESENTI IL SECONDO GIORNO

| <i>Ruolo</i> | <i>Frequenza</i> |
|--------------|------------------|
| PAT          | 20               |
| NUR          | 18               |
| MED          | 8                |
| ADM          | 3                |

#### *O. Contatti tra individui*

Come per l'intero periodo di studio è stato utilizzato lo score rank delle misure di centralità dei social network per determinare quali nodi possano essere particolarmente influenti nel caso in cui l'epidemia si sviluppasse durante il secondo giorno.

| <i>Id</i> | <i>role</i> | <i>Grado</i> | <i>Closeness Centrality</i> | <i>Betweenness Central</i> |
|-----------|-------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1207      | NUR         | 40           | 0.857143                    | 83.144624                  |
| 1098      | ADM         | 36           | 0.8                         | 46.203416                  |
| 1164      | NUR         | 35           | 0.786855                    | 43.3237                    |
| 1191      | MED         | 33           | 0.786885                    | 53.021866                  |
| 1109      | NUR         | 34           | 0.774194                    | 40.304149                  |
| 1210      | NUR         | 33           | 0.761905                    | 46.637131                  |
| 1149      | NUR         | 33           | 0.761905                    | 38.081815                  |
| 1114      | NUR         | 30           | 0.727273                    | 29.638649                  |
| 1179      | ADM         | 29           | 0.714418                    | 19.034532                  |
| 1115      | NUR         | 29           | 0.716418                    | 27.671194                  |
| 1295      | NUR         | 28           | 0.705882                    | 23.654738                  |
| 1245      | NUR         | 27           | 0.695652                    | 18.730979                  |
| 1150      | MED         | 26           | 0.690656                    | 26.8273                    |
| 1106      | NUR         | 26           | 0.685714                    | 23.023386                  |
| 1144      | MED         | 25           | 0.676056                    | 11.935929                  |
| 1205      | NUR         | 24           | 0.666667                    | 17.89942                   |
| 1202      | NUR         | 23           | 0.657534                    | 11.469242                  |
| 1103      | NUR         | 23           | 0.657534                    | 13.069698                  |
| 1148      | MED         | 23           | 0.657534                    | 14.571256                  |
| 1108      | NUR         | 21           | 0.64                        | 10.296308                  |
| 1365      | PAT         | 21           | 0.64                        | 9.793203                   |
| 1260      | MED         | 19           | 0.618365                    | 10.246685                  |
| 1157      | MED         | 18           | 0.615385                    | 8.18905                    |
| 1383      | PAT         | 18           | 0.615385                    | 8.302524                   |
| 1181      | NUR         | 17           | 0.607955                    | 6.487731                   |
| 1221      | MED         | 17           | 0.607955                    | 5.5381208                  |
| 1391      | PAT         | 17           | 0.607955                    | 10.815129                  |
| 1393      | PAT         | 17           | 0.607955                    | 9.833762                   |
| 1395      | PAT         | 17           | 0.607955                    | 8.834573                   |
| 1327      | PAT         | 16           | 0.6                         | 6.938242                   |
| 1374      | PAT         | 15           | 0.592593                    | 8.372399                   |
| 1371      | PAT         | 15           | 0.592593                    | 8.372395                   |
| 1168      | MED         | 14           | 0.578313                    | 2.63646                    |
| 1352      | PAT         | 14           | 0.585366                    | 7.881229                   |
| 1100      | NUR         | 14           | 0.578313                    | 4.317646                   |
| 1320      | PAT         | 12           | 0.564706                    | 0.901009                   |
| 1377      | PAT         | 12           | 0.564706                    | 0.434127                   |
| 1246      | NUR         | 11           | 0.516139                    | 7.476947                   |
| 1363      | PAT         | 10           | 0.545455                    | 0.696395                   |
| 1305      | PAT         | 9            | 0.545455                    | 5.435258                   |
| 1362      | PAT         | 9            | 0.539326                    | 0.461058                   |
| 1238      | NUR         | 9            | 0.474586                    | 3.939306                   |
| 1099      | ADM         | 8            | 0.527413                    | 0.55073                    |
| 1385      | PAT         | 8            | 0.527473                    | 0.461844                   |
| 1307      | PAT         | 7            | 0.489796                    | 0.31207                    |
| 1399      | PAT         | 7            | 0.533333                    | 0.966168                   |
| 1373      | PAT         | 6            | 0.516129                    | 0.833333                   |
| 1332      | PAT         | 6            | 0.516129                    | 0.0                        |
| 1323      | PAT         | 5            | 0.505263                    | 0.160056                   |

Figure XV: Score rank delle misure di centralità organizzate in ordine decrescente per la colonna degree del giorno 2

Dalla seguente tabella possiamo evincere che il paramedico 1207 sia il nodo centrale per tutte e tre le misure di centralità. Per cui può essere particolarmente influente nel caso in cui l'epidemia si iniziasse a sviluppare il primo giorno, seguito dall'amministrativo 1098.

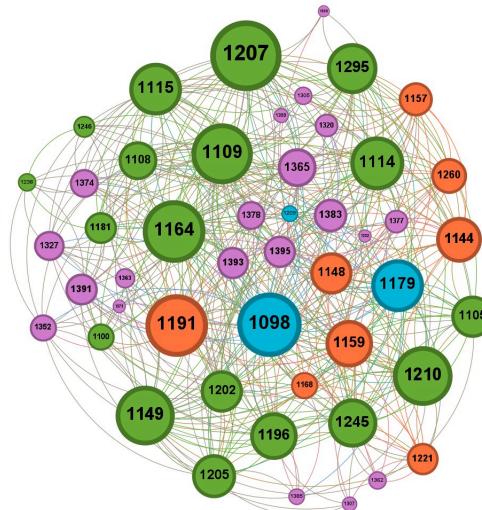


Figure XVI: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il secondo giorno di studio. Con grandezza dei nodi in base al grado e colore in base al ruolo (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

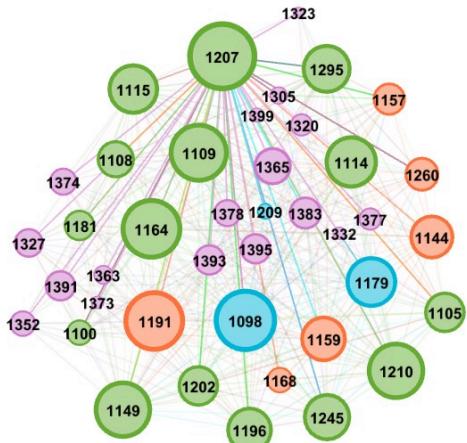


Figure XVII: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il primo giorno del paramedico 1207 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XXIII: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1207 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| PAT   | 17        |
| NUR   | 14        |
| MED   | 6         |
| ADM   | 3         |

Il 42.5% dei 40 contatti che il paramedico 1207 ha avuto durante il secondo giorno di studio sono stati con pazienti in cura e per il 35% con altri paramedici.

TABLE XXIV: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1207 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 42.5        |
| NUR   | 35.0        |
| MED   | 15.0        |
| ADM   | 7.5         |

#### Q. Analisi contatti dell'amministrativo 1098



| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| NUR   | 14        |
| PAT   | 12        |
| MED   | 8         |
| ADM   | 2         |

TABLE XXVI: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1098 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| NUR   | 38.9        |
| PAT   | 33.3        |
| MED   | 22.2        |
| ADM   | 5.6         |

Il 38.9% dei 36 contatti che l'amministrativo 1098 ha avuto durante il secondo giorno di studio sono stati con gli infermieri che probabilmente gli hanno portato le cartelle cliniche da contabilizzare, mentre il 33.3% dei contatti è avvenuto con i pazienti, probabilmente per questioni assicurative.

#### R. Determinazione delle squadre di lavoro

Ogni giorno lavoravano due squadre composte da 2 infermieri e 3 paramedici, affiancate ognuna da un infermiere ausiliario, due medici, due stagisti (considerati MED) e potevano essere presenti anche un fisioterapista e un nutrizionista (considerati entrambi NUR). La notte erano presenti due infermieri.

Tenendo conto che i medici non possono finire il turno fino all'arrivo dei medici del secondo turno e che essendo un ospedale universitario, i medici con grado maggiore potrebbero essere i docenti o primari. Per determinare la composizione delle equipe sono stati analizzati gli ego network dei medici con grado minore, in quanto vengono ritenuti gli stagisti.

Ricordiamo che l'ego network fornisce informazioni riguardanti la rete di connessioni e relazioni che circondano uno specifico individuo.

Figure XVIII Ego network del nodo 1168 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

Dall'ego network del nodo 1168 possiamo determinare che una delle due squadre giornaliera sia composta da

TABLE XXVII: COMPONENTI DELLA PRIMA SQUADRA

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> | <i>Minuti di contatto</i> |
|------------------|--------------|---------------------------|
| 1207             | NUR          | 20                        |
| 1109             | NUR          | 40                        |
| 1164             | NUR          | 40                        |
| 1149             | NUR          | 80                        |
| 1210             | NUR          | 100                       |
| 1245             | NUR          | 40                        |
| 1191             | MED          | 134                       |
| 1148             | MED          | 20                        |
| 1144             | MED          | 880                       |
| 1159             | MED          | 120                       |
| 1168             | MED          | -                         |
| 1221             | MED          | 200                       |

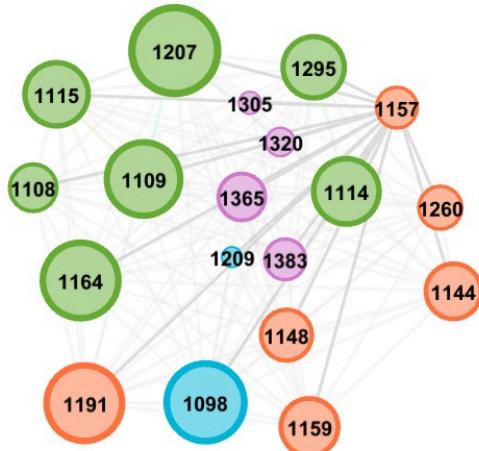


Figure XIX : Ego network del nodo 1157 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

Dall'ego network del nodo 1157 possiamo determinare che la seconda squadra giornaliera sia composta da

TABLE XXVIII: COMPONENTI DELLA SECONDA SQUADRA

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> | <i>Minuti di contatto</i> |
|------------------|--------------|---------------------------|
| 1207             | NUR          | 40                        |
| 1295             | NUR          | 60                        |
| 1115             | NUR          | 80                        |
| 1108             | NUR          | 40                        |
| 1109             | NUR          | 200                       |
| 1164             | NUR          | 100                       |
| 1114             | NUR          | 360                       |

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> | <i>Minuti di contatto</i> |
|------------------|--------------|---------------------------|
| 1157             | MED          | -                         |
| 1260             | MED          | 318                       |
| 1144             | MED          | 820                       |
| 1148             | MED          | 140                       |
| 1159             | MED          | 126                       |
| 1191             | MED          | 176                       |

Avendo avuto solo 20 minuti di contatto con il medico 1168 e 40 con il medico 1157 il paramedico 1207 è probabilmente un infermiere ausiliario.

### S. Analisi del terzo giorno

Durante il terzo giorno di analisi sono avvenuti 452 contatti tra 49 individui.

TABLE XXIX: INDIVIDUI PER CLASSI PRESENTI IL SECONDO GIORNO

| <i>Ruolo</i> | <i>Frequenza</i> |
|--------------|------------------|
| PAT          | 20               |
| NUR          | 16               |
| MED          | 9                |
| ADM          | 4                |

### T. Contatti tra individui

Come per l'intero periodo di studio è stato utilizzato lo score rank delle misure di centralità dei social network per determinare quali nodi possano essere particolarmente influenti nel caso in cui l'epidemia si sviluppasse durante il terzo giorno.

|      | <i>Id</i> | <i>role</i> | <i>Grado</i> | <i>Closeness Centrality</i> | <i>Betweenness Centrality</i> |
|------|-----------|-------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1115 | NUR       | 36          | 0.8          | 51.86327                    |                               |
| 1157 | MED       | 35          | 0.786885     | 55.899017                   |                               |
| 1164 | NUR       | 35          | 0.786885     | 57.397054                   |                               |
| 1207 | NUR       | 35          | 0.786885     | 60.29118                    |                               |
| 1295 | NUR       | 33          | 0.761905     | 36.046606                   |                               |
| 1191 | NUR       | 33          | 0.761905     | 44.965337                   |                               |
| 1144 | MED       | 31          | 0.739462     | 34.546693                   |                               |
| 1158 | ADM       | 30          | 0.727273     | 28.413411                   |                               |
| 1109 | NUR       | 29          | 0.716618     | 48.514895                   |                               |
| 1159 | MED       | 28          | 0.705882     | 27.050988                   |                               |
| 1179 | ADM       | 27          | 0.695652     | 24.736786                   |                               |
| 1245 | NUR       | 26          | 0.685714     | 17.322399                   |                               |
| 1098 | ADM       | 25          | 0.676056     | 14.701051                   |                               |
| 1210 | NUR       | 24          | 0.666007     | 13.388118                   |                               |
| 1365 | PAT       | 24          | 0.666667     | 24.423727                   |                               |
| 1191 | NUR       | 23          | 0.648649     | 9.182012                    |                               |
| 1205 | NUR       | 22          | 0.648649     | 26.499884                   |                               |
| 1221 | MED       | 21          | 0.64         | 23.961518                   |                               |
| 1108 | NUR       | 21          | 0.631579     | 9.982722                    |                               |
| 1100 | NUR       | 20          | 0.623377     | 16.180411                   |                               |
| 1052 | NUR       | 20          | 0.613178     | 15.181663                   |                               |
| 1702 | PAT       | 19          | 0.602977     | 10.041781                   |                               |
| 1142 | NUR       | 19          | 0.623277     | 9.5637                      |                               |
| 1260 | MED       | 18          | 0.615385     | 16.179217                   |                               |
| 1130 | MED       | 16          | 0.6          | 4.042887                    |                               |
| 1148 | MED       | 15          | 0.592593     | 5.468075                    |                               |
| 1613 | NUR       | 15          | 0.551724     | 18.170928                   |                               |
| 1307 | PAT       | 14          | 0.538586     | 8.711911                    |                               |
| 1391 | PAT       | 14          | 0.585366     | 4.081842                    |                               |
| 1378 | PAT       | 13          | 0.578313     | 2.540357                    |                               |
| 1383 | PAT       | 13          | 0.578313     | 3.250048                    |                               |
| 1385 | PAT       | 13          | 0.571429     | 4.909323                    |                               |
| 1395 | PAT       | 13          | 0.558114     | 0.700292                    |                               |
| 1350 | PAT       | 12          | 0.571429     | 2.046049                    |                               |
| 1352 | PAT       | 12          | 0.571429     | 4.081842                    |                               |
| 1660 | MED       | 12          | 0.571429     | 4.618018                    |                               |
| 1485 | NUR       | 11          | 0.527473     | 4.474747                    |                               |
| 1362 | PAT       | 11          | 0.564706     | 3.941952                    |                               |
| 1327 | PAT       | 10          | 0.539326     | 0.183333                    |                               |
| 1374 | PAT       | 10          | 0.539326     | 0.047619                    |                               |
| 1393 | PAT       | 10          | 0.537124     | 0.071429                    |                               |
| 1769 | PAT       | 10          | 0.545455     | 1.617091                    |                               |
| 1701 | PAT       | 9           | 0.545455     | 2.206428                    |                               |
| 1363 | PAT       | 9           | 0.551724     | 0.308051                    |                               |
| 1209 | ADM       | 8           | 0.527473     | 0.0                         |                               |
| 1401 | PAT       | 8           | 0.545455     | 2.519996                    |                               |
| 1166 | MED       | 6           | 0.510638     | 0.3171                      |                               |
| 1416 | PAT       | 4           | 0.475248     | 0.386413                    |                               |
| 1373 | PAT       | 3           | 0.464848     | 0.066667                    |                               |

Figure XX: Score rank delle misure di centralità organizzate in ordine decrescente per la colonna degree del giorno 2

Dalla seguente tabella possiamo evincere che il paramedico 1115 sia il nodo centrale per le misure di centralità closeness e degree, mentre il paramedico 1207 sia il nodo centrale secondo la betweenness centrality.

Essendo posizionato strategicamente all'interno della rete con connessioni che influenzano il flusso di informazioni, il paramedico 1207 ha il potenziale per controllare la diffusione delle infezioni avendone un significativo impatto.

Essendo maggiormente collegato e avendo accesso rapido ad una vasta parte della rete, il paramedico 1115 ha il potenziale di aumentare significativamente la diffusione delle infezioni.

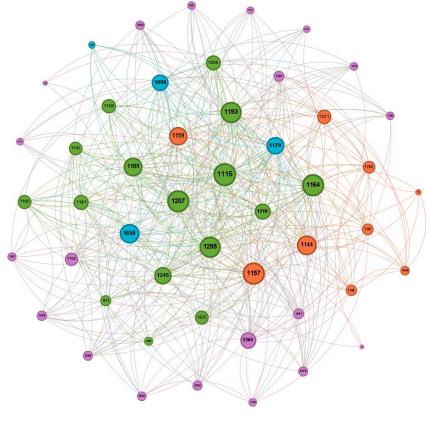


Figure XXI: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il terzo giorno di studio. Con grandezza dei nodi in base al grado e colore in base al ruolo (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

#### U. Analisi contatti del paramedico 1207

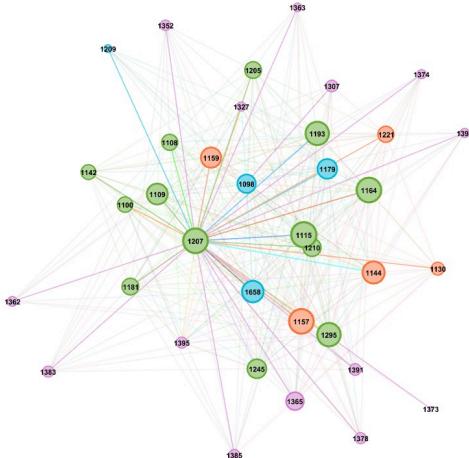


Figure XXII Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il terzo giorno del paramedico 1207 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XXX: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1207 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| PAT   | 14        |
| NUR   | 12        |
| MED   | 5         |
| ADM   | 4         |

Il 40% dei 35 contatti che il paramedico 1207 ha avuto durante il terzo giorno di studio sono stati con pazienti in cura e il 34.4% con altri paramedici.

TABLE XXXI: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1207 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 40.0        |
| NUR   | 34.3        |
| MED   | 14.3        |
| ADM   | 11.4        |

#### V. Analisi contatti dell'amministrativo 1115

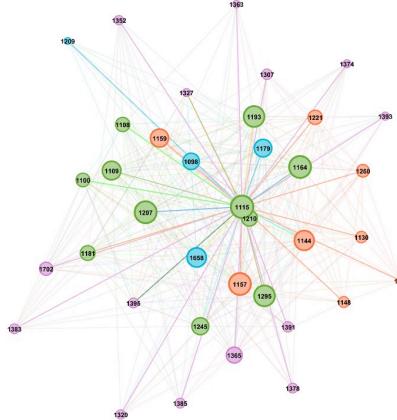


Figure XXIII: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il terzo giorno del paramedico 1115 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XXXII: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1115 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| PAT   | 14        |
| NUR   | 10        |
| MED   | 8         |
| ADM   | 4         |

TABLE XXXIII: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1115 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 38.9        |
| NUR   | 27.8        |
| MED   | 22.2        |
| ADM   | 11.1        |

Il 38.9% dei 36 contatti che il paramedico 1115 ha avuto durante il terzo giorno di studio sono stati con altri i pazienti in cura. L'11% dei suoi contatti è avvenuto con membri del personale amministrativo, probabilmente per

richieste di beni di protezione individuali o per la consegna delle cartelle cliniche.

## *W. Determinazione delle squadre di lavoro*

Ogni giorno lavoravano due squadre composte da 2 infermieri e 3 paramedici, affiancate ognuna da un infermiere ausiliario, due medici, due stagisti (considerati MED) e potevano essere presenti anche un fisioterapista e un nutrizionista (considerati entrambi NUR). La notte erano presenti due infermieri.

Tenendo conto che i medici non possono finire il turno fino all'arrivo dei medici del secondo turno e che essendo un ospedale universitario i medici con grado maggiore potrebbero essere i docenti o primari. Per determinare la composizione delle equipe sono stati analizzati gli ego network dei medici con grado minore, in quanto vengono ritenuti gli stagisti.

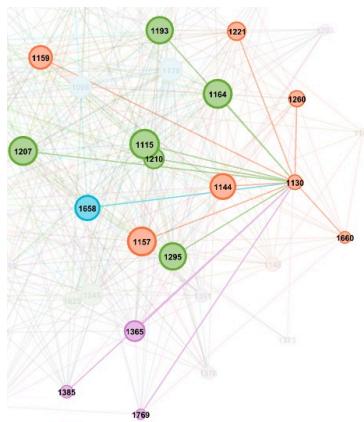


Figure XXIV: Ego network del nodo 1130 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

Dall'ego network del nodo 1130 possiamo determinare che una delle due squadre giornaliere sia composta da

TABLE XXXIV: COMPONENTI DELLA PRIMA SQUADRA

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> | <i>Minuti di contatto</i> |
|------------------|--------------|---------------------------|
| 1164             | NUR          | 80                        |
| 1193             | NUR          | 20                        |
| 1115             | NUR          | 20                        |
| 1210             | NUR          | 20                        |
| 1207             | NUR          | 100                       |
| 1295             | NUR          | 40                        |
| 1260             | MED          | 432                       |
| 1221             | MED          | 1380                      |
| 1159             | MED          | 540                       |
| 1144             | MED          | 429                       |
| 1157             | MED          | 640                       |
| 1660             | MED          | 431                       |
| 1130             | MED          | -                         |

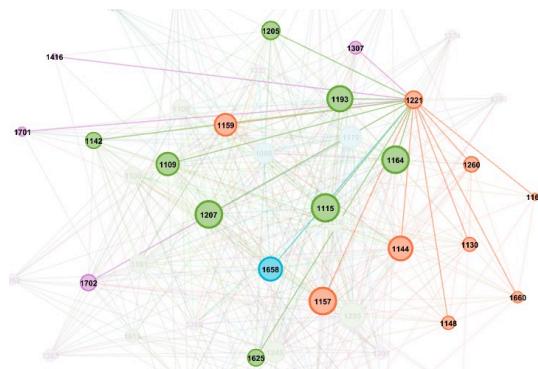


Figure XXV: Ego network del nodo 1221 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

Dall'ego network del nodo 1221 possiamo determinare che la seconda squadra giornaliera sia composta da

TABLE XXXV: COMPONENTI DELLA SECONDA SQUADRA

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> | <i>Minuti di contatto</i> |
|------------------|--------------|---------------------------|
| 1205             | NUR          |                           |
| 1193             | NUR          | 160                       |
| 1164             | NUR          | 140                       |
| 1115             | NUR          | 40                        |
| 1207             | NUR          | 20                        |
| 1109             | NUR          | 200                       |
| 1159             | MED          | 720                       |
| 1260             | MED          | 140                       |
| 1144             | MED          | 380                       |
| 1130             | MED          | 138                       |
| 1660             | MED          | 940                       |
| 1148             | MED          | 218                       |
| 1157             | MED          | 370                       |

Sebbene sia presente in entrambe le squadre presupponiamo che l'operatore sanitario 1207 appartenga alla prima data la prolungata durata di contatto con il medico 1130.

## *X. Analisi del quarto giorno*

Durante il quarto giorno di analisi sono avvenuti 422 contatti tra 50 individui.

TABLE XXXVI: INDIVIDUI PER CLASSI PRESENTI IL SECONDO GIORNO

| <i>Ruolo</i> | <i>Frequenza</i> |
|--------------|------------------|
| PAT          | 19               |
| NUR          | 16               |
| MED          | 9                |
| ADM          | 6                |

### Y. Contatti tra individui

Come per l'intero periodo di studio è stato utilizzato lo score rank delle misure di centralità dei social network per determinare quali nodi possano essere particolarmente influenti nel caso in cui l'epidemia si sviluppasse durante il quarto giorno.

| Id   | role | Grado | Closeness Centrality |           | Betweenness Centrality |
|------|------|-------|----------------------|-----------|------------------------|
|      |      |       | 0.765625             | 99.893221 |                        |
| 1157 | MED  | 34    | 0.753846             | 79.552537 |                        |
| 1193 | NUR  | 33    | 0.753846             | 43.685843 |                        |
| 1098 | ADM  | 33    | 0.753846             | 23.438202 |                        |
| 1658 | ADM  | 32    | 0.742424             | 44.437002 |                        |
| 1164 | NUR  | 30    | 0.720588             | 34.049564 |                        |
| 1210 | NUR  | 29    | 0.7                  | 27.684141 |                        |
| 1295 | NUR  | 28    | 0.7                  | 49.787269 |                        |
| 1202 | NUR  | 28    | 0.7                  | 35.879889 |                        |
| 1115 | NUR  | 28    | 0.7                  | 25.577821 |                        |
| 1144 | MED  | 28    | 0.7                  | 24.472621 |                        |
| 1190 | NUR  | 26    | 0.680556             | 26.541529 |                        |
| 1625 | NUR  | 26    | 0.680556             | 17.588876 |                        |
| 1159 | MED  | 24    | 0.662162             | 21.59936  |                        |
| 1181 | NUR  | 24    | 0.662162             | 21.957561 |                        |
| 1221 | MED  | 23    | 0.644737             | 9.972825  |                        |
| 1205 | NUR  | 22    | 0.644737             | 18.176696 |                        |
| 1130 | MED  | 21    | 0.636364             | 9.410699  |                        |
| 1142 | NUR  | 21    | 0.628205             | 42.250021 |                        |
| 1365 | PAT  | 20    | 0.628205             | 6.226596  |                        |
| 1485 | NUR  | 19    | 0.583333             | 10.651473 |                        |
| 1232 | ADM  | 19    | 0.604938             | 29.783106 |                        |
| 1378 | PAT  | 19    | 0.602053             | 5.640544  |                        |
| 1460 | PAT  | 18    | 0.604938             | 12.783612 |                        |
| 1261 | NUR  | 17    | 0.597561             | 0.832709  |                        |
| 1391 | PAT  | 16    | 0.597561             | 0.8315618 |                        |
| 1260 | MED  | 15    | 0.590361             | 2.386567  |                        |
| 1401 | PAT  | 14    | 0.583333             | 4.000249  |                        |
| 1148 | MED  | 14    | 0.583333             | 2.230645  |                        |
| 1352 | PAT  | 13    | 0.576471             | 5.640544  |                        |
| 1168 | MED  | 12    | 0.550562             | 1.274227  |                        |
| 1613 | NUR  | 12    | 0.538462             | 2.418811  |                        |
| 1383 | PAT  | 12    | 0.569767             | 0.0       |                        |
| 1209 | ADM  | 11    | 0.538462             | 0.0       |                        |
| 1362 | PAT  | 11    | 0.563218             | 0.0       |                        |
| 1108 | NUR  | 11    | 0.556818             | 0.0       |                        |
| 1702 | PAT  | 11    | 0.563218             | 0.0       |                        |
| 1769 | PAT  | 11    | 0.544444             | 0.0       |                        |
| 1416 | PAT  | 10    | 0.538462             | 0.0       |                        |
| 1701 | PAT  | 10    | 0.538462             | 0.0       |                        |
| 1547 | PAT  | 9     | 0.532609             | 0.0       |                        |
| 1469 | PAT  | 8     | 0.532609             | 0.0       |                        |
| 1100 | NUR  | 8     | 0.526882             | 0.0       |                        |
| 1385 | PAT  | 7     | 0.526882             | 0.0       |                        |
| 1307 | PAT  | 6     | 0.510417             | 0.0       |                        |
| 1525 | ADM  | 5     | 0.49                 | 0.0       |                        |
| 1535 | ADM  | 5     | 0.494949             | 0.0       |                        |
| 1784 | PAT  | 3     | 0.462264             | 0.0       |                        |
| 1363 | PAT  | 3     | 0.471154             | 0.0       |                        |
| 1373 | PAT  | 3     | 0.457944             | 0.0       |                        |
| 1660 | MED  | 2     | 0.449541             | 0.0       |                        |

Figure XXVI: Score rank delle misure di centralità organizzate in ordine decrescente per la colonna degree del giorno 4

Dalla seguente tabella possiamo evincere che il medico 1157 sia il nodo centrale per tutte e tre le misure di centralità. Per cui può essere particolarmente influente nel caso in cui l'epidemia si iniziasse a svilupparsi durante il quarto giorno, seguito dall'infermiere 1193.

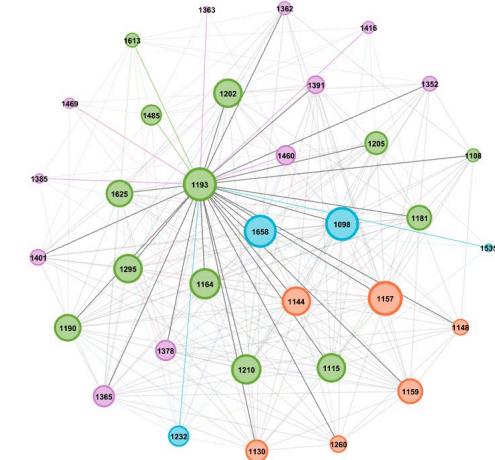


Figure XXVIII: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il terzo giorno del paramedico 1193 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XXXVII: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1193 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| PAT   | 12        |
| NUR   | 11        |
| MED   | 6         |
| ADM   | 4         |

Il 36.4% dei 33 contatti che il paramedico 1193 ha avuto durante il quarto giorno di studio sono stati con pazienti in cura e il 33.3% con altri paramedici.

TABLE XXXVIII: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1193 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 36.4        |
| NUR   | 33.3        |
| MED   | 18.2        |
| ADM   | 12.1        |

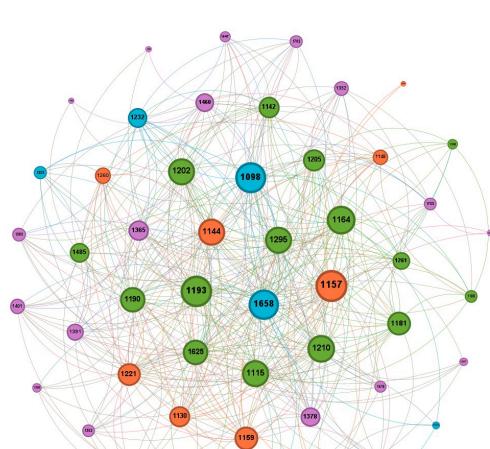


Figure XXVII: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il quarto giorno di studio. Con grandezza dei nodi in base al grado e colore in base al ruolo (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

## AA.Analisi contatti del medico 1157

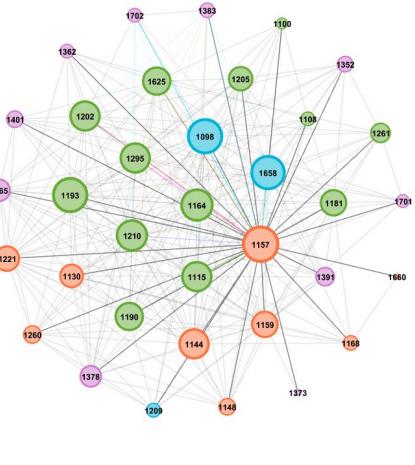


Figure XXIX Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il terzo giorno del medico 1157 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XXXIX: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1157 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| NUR   | 13        |
| PAT   | 10        |
| MED   | 8         |
| ADM   | 3         |

TABLE XL: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1157 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| NUR   | 38.2        |
| PAT   | 29.4        |
| MED   | 23.5        |
| ADM   | 8.8         |

Il 38.2% dei 34 contatti che il medico 1157 ha avuto durante il quarto giorno di studio sono stati con il personale paramedico, probabilmente per concordare le cure da effettuare.

## BB.Determinazione delle squadre di lavoro

Ogni giorno lavoravano due squadre composte da 2 infermieri e 3 paramedici, affiancate ognuna da un infermiere ausiliario, due medici, due stagisti (considerati MED) e potevano essere presenti anche un fisioterapista e un nutrizionista (considerati entrambi NUR). La notte erano presenti due infermieri.

Tenendo conto che i medici non possono finire il turno fino all'arrivo dei medici del secondo turno e che essendo un ospedale universitario i medici con grado maggiore

potrebbero essere i docenti o primari. Per determinare la composizione delle equipe sono stati analizzati gli ego network dei medici con grado minore, in quanto vengono ritenuti gli stagisti.

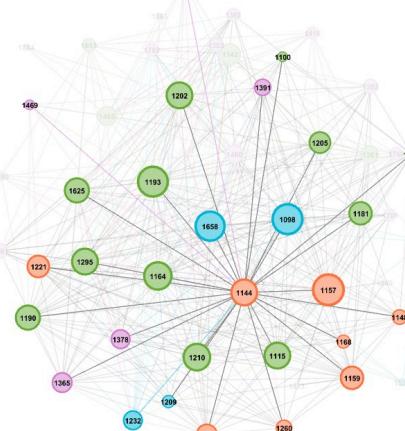
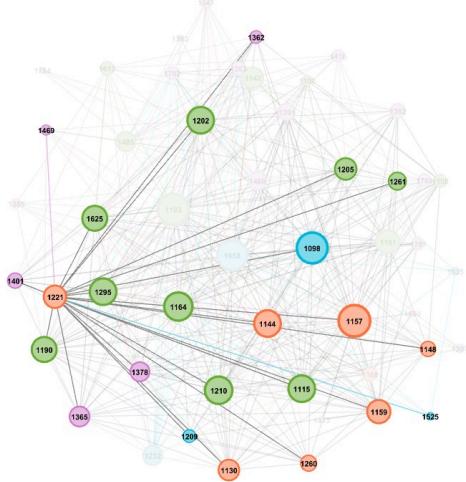


Figure XXX: Ego network del nodo 1144 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

Dall'ego network del nodo 1144 possiamo determinare che una delle due squadre giornaliere sia composta da

TABLE XLI: COMPONENTI DELLA PRIMA SQUADRA

| Matricola | Ruolo | Minuti di contatto |
|-----------|-------|--------------------|
| 1100      | NUR   | 60                 |
| 1202      | NUR   | 60                 |
| 1205      | NUR   | 40                 |
| 1625      | NUR   | 160                |
| 1193      | NUR   | 120                |
| 1108      | NUR   | 40                 |
| 1181      | NUR   | 20                 |
| 1295      | NUR   | 120                |
| 1164      | NUR   | 460                |
| 1190      | NUR   | 60                 |
| 1210      | NUR   | 20                 |
| 1115      | NUR   | 100                |
| 1144      | MED   | -                  |
| 1221      | MED   | 322                |
| 1157      | MED   | 120                |
| 1148      | MED   | 60                 |
| 1168      | MED   | 180                |
| 1159      | MED   | 580                |
| 1260      | MED   | 60                 |
| 1130      | MED   | 540                |



CC. Analisi del quinto giorno

Durante il quarto giorno di analisi sono avvenuti 326 contatti tra 47 individui.

TABLE XLIII: INDIVIDUI PER CLASSI PRESENTI IL QUINTO GIORNO

| <i>Ruolo</i> | <i>Frequenza %</i> |
|--------------|--------------------|
| PAT          | 17                 |
| NUR          | 15                 |
| MED          | 8                  |
| ADM          | 7                  |

#### *DD. Contatti tra individui*

Come per l'intero periodo di studio è stato utilizzato lo

score rank delle misure di centralità dei social network per determinare quali nodi possano essere particolarmente influenti nel caso in cui l'epidemia si sviluppasse durante il quinto giorno.

TABLE XLII: COMPONENTI DELLA SECONDA SQUADRA

| <i>Matricola</i> | <i>Ruolo</i> | <i>Minuti di contatto</i> |
|------------------|--------------|---------------------------|
| 1190             | NUR          | 80                        |
| 1625             | NUR          | 40                        |
| 1295             | NUR          | 40                        |
| 1202             | NUR          | 20                        |
| 1164             | NUR          | 720                       |
| 1210             | NUR          | 100                       |
| 1205             | NUR          | 40                        |
| 1115             | NUR          | 120                       |
| 1261             | NUR          | 140                       |
| 1221             | MED          | -                         |
| 1144             | MED          | 3220                      |
| 1157             | MED          | 3540                      |
| 1148             | MED          | 380                       |
| 1159             | MED          | 380                       |
| 1260             | MED          | 500                       |
| 1130             | MED          | 126                       |

Avendo avuto solo 20 minuti di contatto con il medico 1221 e 40 minuti con il medico 1144 il paramedico 1202 è probabilmente un infermiere ausiliario.



Figure XXXII: Score rank delle misure di centralità organizzate in ordine decrescente per la colonna degree del giorno 5

Dalla seguente tabella possiamo evincere che il paramedico 1115 sia il nodo centrale per tutte e tre le misure di centralità. Per cui può essere particolarmente influente nel caso in caso l'epidemia si iniziasse a svilupparsi durante il quinto giorno, seguito dal paramedico 1295.

TABLE XLV: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1115 PER CLASSI

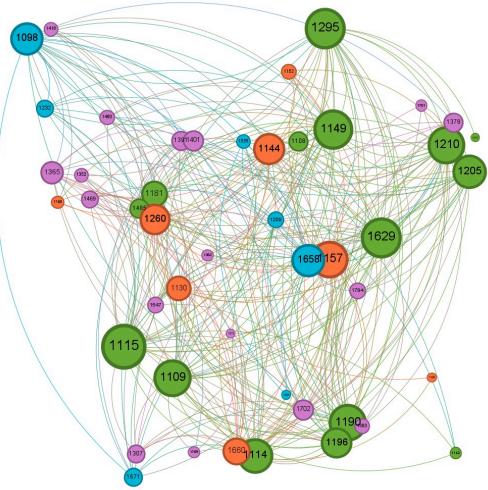


Figure XXXIII: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il quarto giorno di studio. Con grandezza dei nodi in base al grado e colore in base al ruolo (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

#### EE. Analisi contatti del paramedico 1115

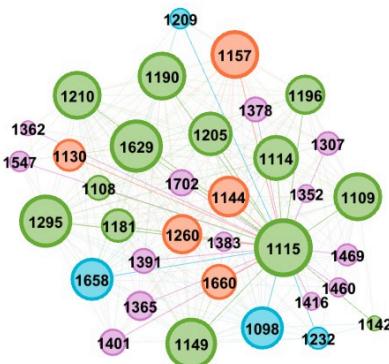


Figure XXXIV: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il quinto giorno del paramedico 1115 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XLIV: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1115 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| PAT   | 13        |
| NUR   | 12        |
| MED   | 5         |
| ADM   | 4         |

Il 38.2% dei 34 contatti che il paramedico 1115 ha avuto durante il quinto giorno di studio sono stati con pazienti in cura e il 35.3% con altri paramedici.

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 38.2        |
| NUR   | 35.3        |
| MED   | 14.7        |
| ADM   | 11.8        |

#### FF. Analisi contatti del medico 1295

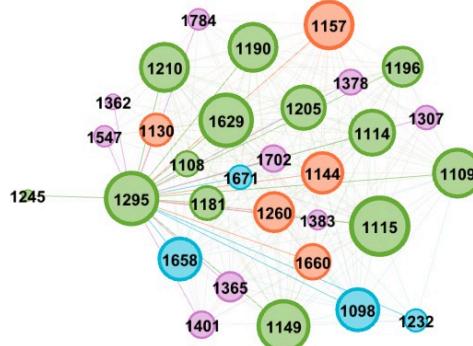


Figure XXXV: Rappresentazione delle connessioni avvenute durante il terzo giorno del medico 1295 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XLVI: NUMERO DI CONTATTI DEL NODO 1295 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza |
|-------|-----------|
| NUR   | 12        |
| PAT   | 9         |
| MED   | 5         |
| ADM   | 4         |

TABLE XLVII: PERCENTUALE DI CONTATTI DEL NODO 1295 PER CLASSI

| Ruolo | Frequenza % |
|-------|-------------|
| PAT   | 40.0        |
| NUR   | 30.0        |
| MED   | 16.7        |
| ADM   | 13.3        |

Il 40% dei 30 contatti che il paramedico 1295 ha avuto durante il quinto giorno di studio sono stati con il personale paramedico e il 30% con i pazienti in cura.

## GG.Determinazione delle squadre di lavoro

Presupponiamo che durante l'ultimo giorno di studio, essendo finito alle 2:00 am sia stata valutata una sola equipe medica determinata dallo studio dell'ego network del medico 1260.

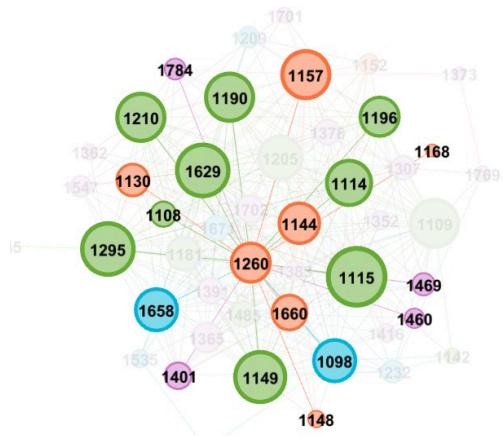


Figure XXXVI: Ego network del nodo 1260 (PAT = viola, NUR = verde, ADM = azzurro, MED = arancione)

TABLE XLVIII: COMPONENTI DELLA SQUADRA

| Matricola | Ruolo |
|-----------|-------|
| 1190      | NUR   |
| 1629      | NUR   |
| 1210      | NUR   |
| 1108      | NUR   |
| 1295      | NUR   |
| 1149      | NUR   |
| 1115      | NUR   |
| 1114      | NUR   |
| 1196      | NUR   |
| 1260      | MED   |
| 1144      | MED   |
| 1157      | MED   |
| 1130      | MED   |
| 1660      | MED   |
| 1148      | MED   |

## HH.Efficacia dei protocolli di intervento

Per valutare l'efficacia dei protocolli di intervento e vaccinazione abbiamo analizzato le dinamiche epidemiche tramite il modello suscettibile-infettato-rimossi (SIR).

Tale modello viene descritto attraverso un sistema di equazioni differenziali volte a descrivere il decorso di malattie infettive che conferiscono immunità, basandosi sulle seguenti assunzioni:

- L'incremento degli infetti sia direttamente proporzionale al prodotto tra la percentuale degli infetti e quella dei suscettibili;

- Contagio per contatto diretto;
- Uguale probabilità di incontro per ogni individuo;
- Ogni individuo ha lo stesso tasso di guarigione  $\gamma$  che consente di passare da infetto a recuperato.

Da queste assunzioni ne derivano tre equazioni che rendono possibile studiare l'andamento dell'epidemia valutandone la durata e la diffusione.

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) \quad (8)$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = -\beta S(t)I(t) - \gamma I(t) \quad (9)$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = -\gamma I(t) \quad (10)$$

La classe infettiva dipende dal numero di riproduzione base .

$$R_0 = \frac{\beta}{\gamma} \quad (11)$$

- Se  $R_0 > 1$  l'epidemia è in uno stato endemico;
- Se  $R_0 < 1$  l'epidemia è in uno stato di estinzione.

Nel primo modello da noi simulato su una popolazione  $n$  costante analizziamo la diffusione della malattia con un tasso di trasmissione elevato ed un tasso medio di guarigione basso impostando i parametri come segue

$$\alpha = 0.01, \beta = 0.1, \gamma = 0.005 \text{ e } R_0 = 20.0$$

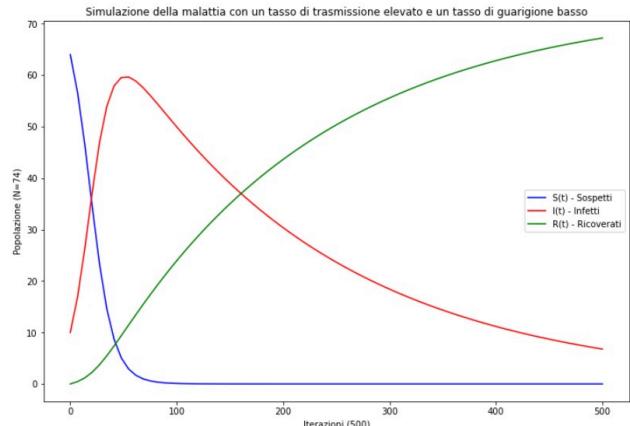


Figure XXXVII: SIR tasso di trasmissione elevato ed un tasso medio di guarigione basso

Partendo da un elevato numero di persone esposte alla malattia ma non ancora risultate positive, la curva dei sospetti acquisisce da prima il suo massimo, per poi tendere a 0 all'aumentare dei test di verifica della presenza o meno della malattia.

Con il diffondersi della malattia il numero di ricoverati aumenta mentre il numero di infetti aumenta da prima rapidamente, per poi diminuire la sua velocità di propagazione e ridurre il numero di positivi.

Nel secondo modello analizziamo la diffusione della malattia con un tasso di trasmissione ed un tasso medio di guarigione medi impostando i parametri come segue

$$\alpha = 0.005, \beta = 0.05 \text{ e } \gamma = 0.05 \text{ e } R_0 = 1$$

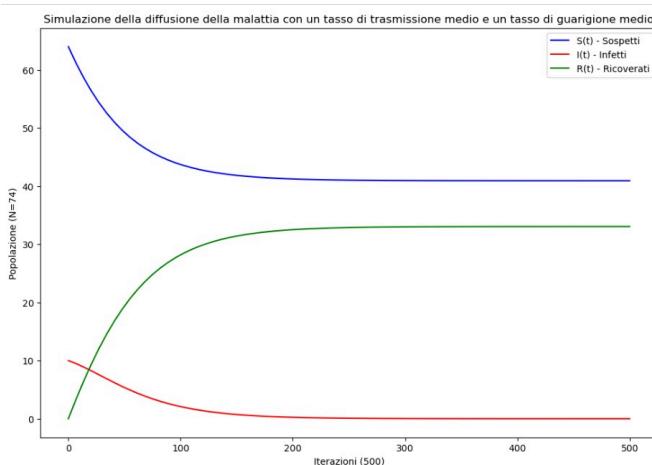


Figure XXXVIII: SIR tasso di trasmissione ed un tasso medio di guarigione medi

La curva dei ricoverati si mantiene costante per il basso numero di infetti.

Nel terzo modello da noi simulato su una popolazione  $n$  costante analizziamo la diffusione della malattia con un tasso di trasmissione medio ed un tasso medio di guarigione alto impostando i parametri come segue

$$\alpha = 0.001, \beta = 0.01 \text{ e } \gamma = 0.5 \text{ e } R_0 = 2.0$$

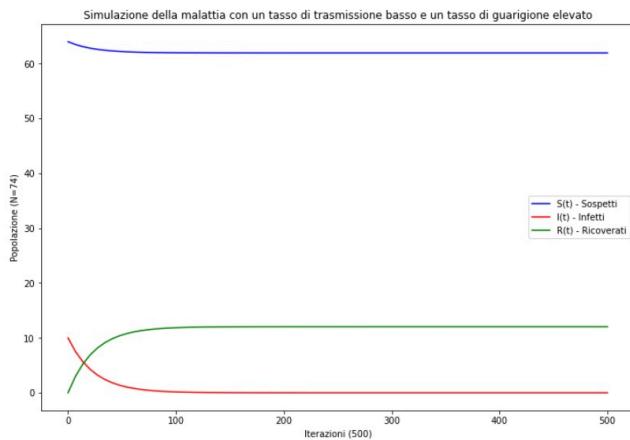


Figure XXXIX: SIR tasso di trasmissione medio ed un tasso medio di guarigione alto

Essendo a basso tasso trasmissivo ed a alto tasso di guarigione, la curva dei sospetti di mantiene a livelli elevati costanti mentre gli infetti e i ricoverati si mantengono a bassi livelli costanti, questo perché le poche persone che si infettano guariscono rapidamente.

## V.

## CONCLUSION

I risultati di questo studio forniscono una base importante per lo sviluppo di strategie di controllo delle infezioni più efficaci nei reparti ospedalieri, sottolineando l'importanza dell'implementazione di sensori di prossimità indossabili per monitorare e limitare le interazioni a rischio tra il personale medico e i pazienti.

Abbiamo visto che i potenziali super-diffusore del reparto ospedaliero di geriatria sono gli infermieri, una loro vaccinazione potrebbe essere più efficace rispetto alla vaccinazione di pazienti che già risiedono in stanze singole.

Le prime persone che dovranno essere vaccinate saranno quelle rappresentanti i nodi analizzati, poiché dal nostro studio emerge che siano proprio loro potenziali super-diffusori.

## REFERENCES

- Leggi JM, Edmunds WJ, Riley S, Lessler J, Cummings DA (2012) Incontri ravvicinati di tipo infettivo: metodi per misurare il comportamento di mescolamento sociale. Epidemiol Infect 140: 2117–2130.
- Isella L , et al. Cosa c'è in mezzo alla folla? Analisi delle reti comportamentali faccia a faccia . Giornale di biologia teorica 2010.