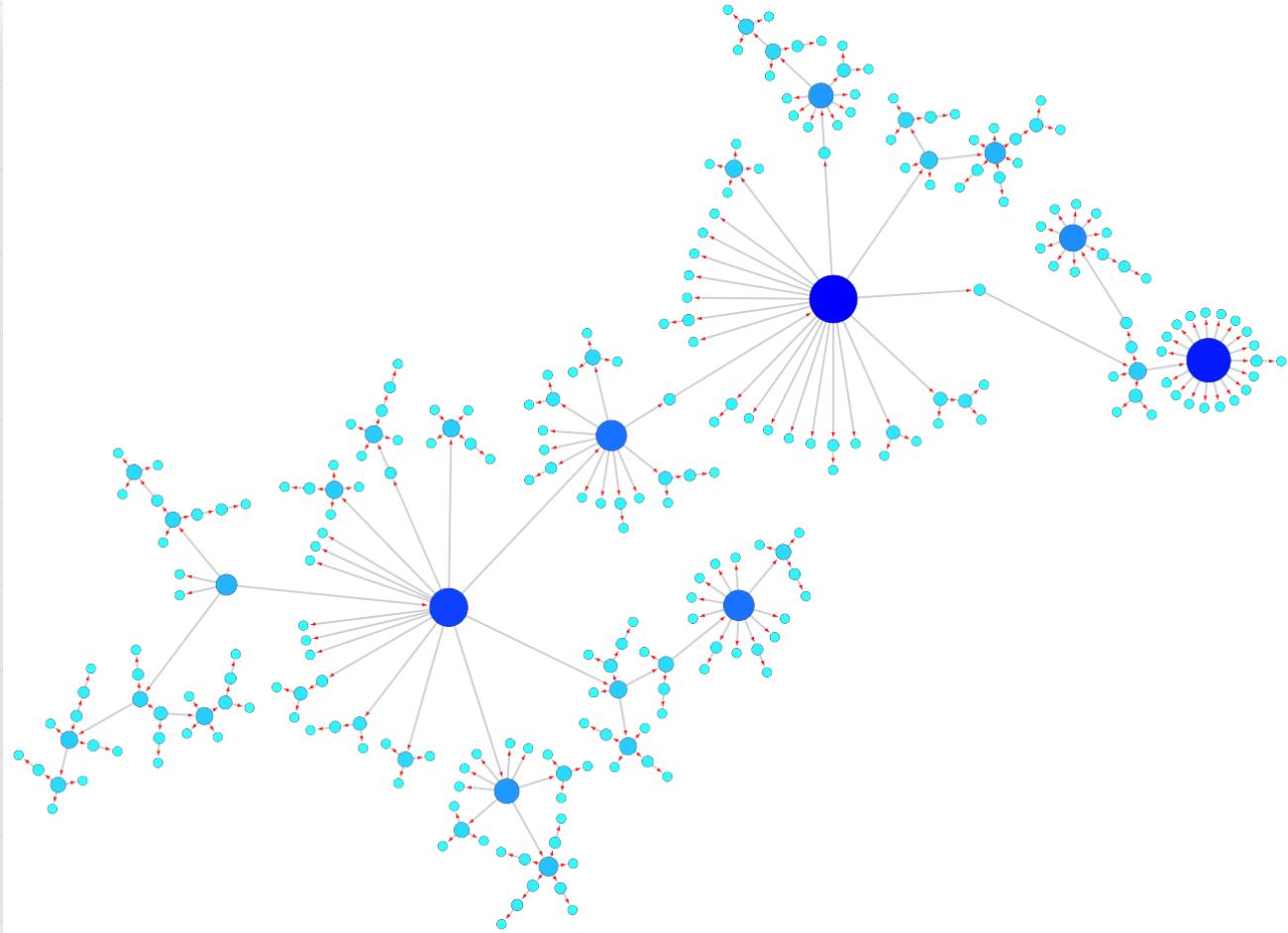


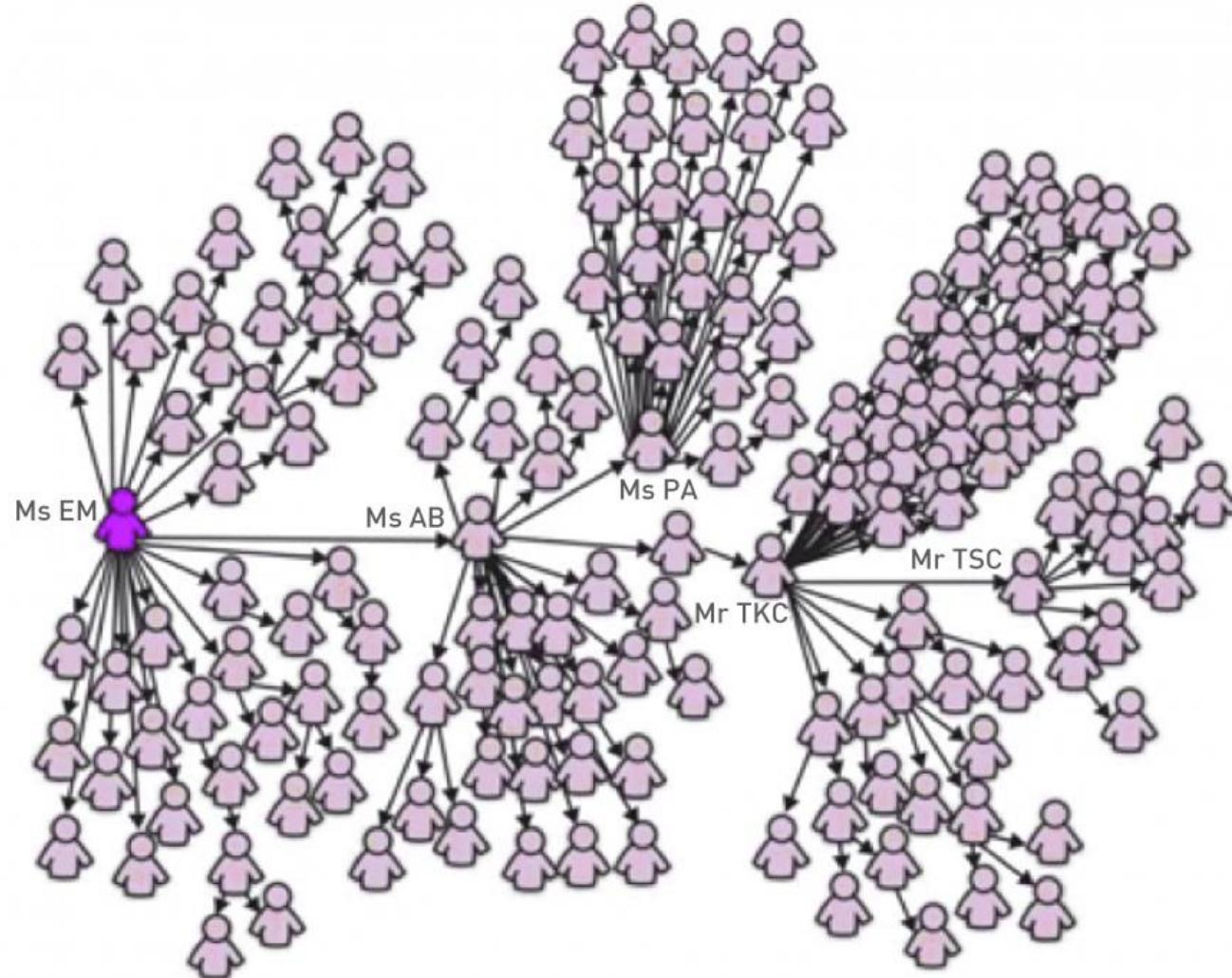


Sieci złożone

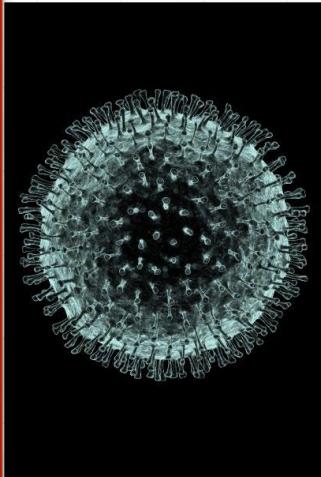


04. Procesy rozprzestrzeniania

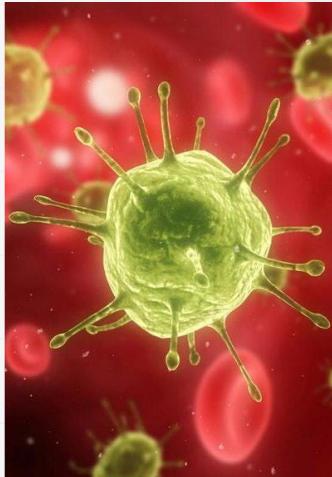
Rozprzestrzenianie chorób



Patogeny biologiczne



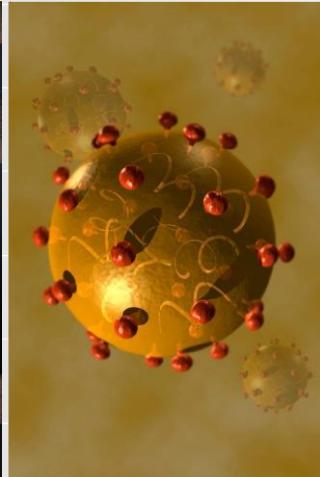
SARS



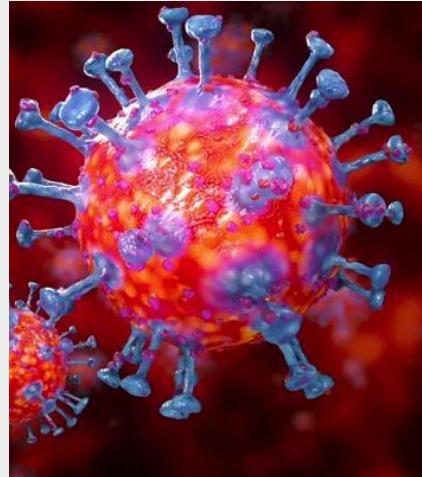
HIV



Grypa



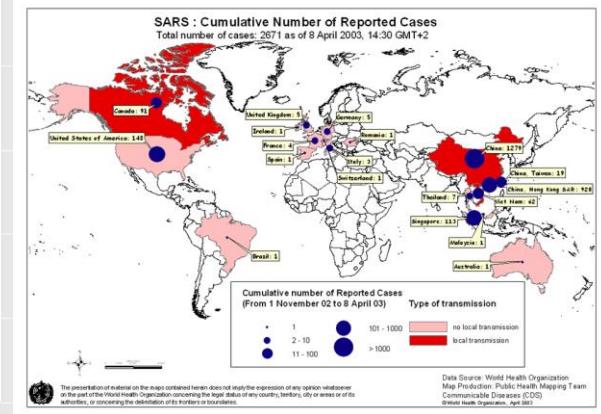
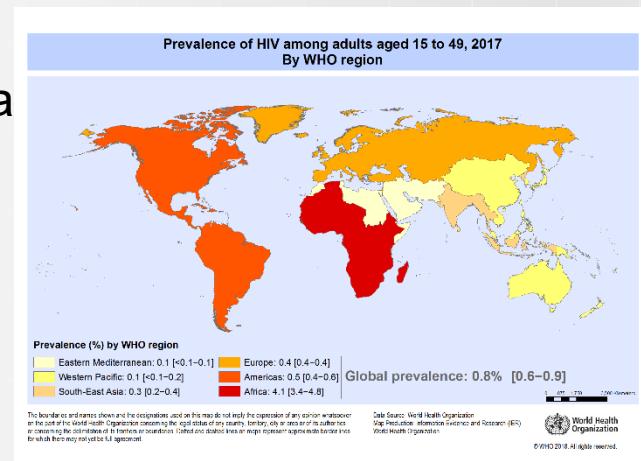
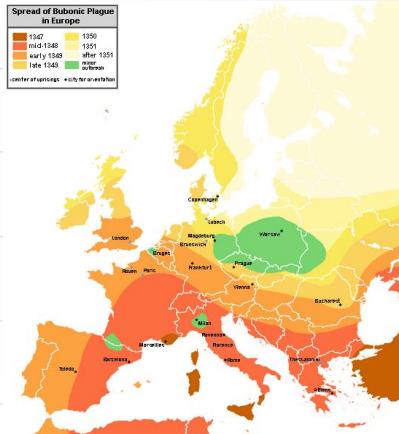
WZW C



COVID-19

Znane epidemie

Czarna śmierć - dżuma



H1N1 – świńska grypa

1918 - Hiszpanka



COVID-19

Wirusy komputerowe, robaki, złośliwe oprogramowanie

Ransomware is a Huge Problem

This year organizations and individuals will pay approximately \$11.5 billion because of ransomware.

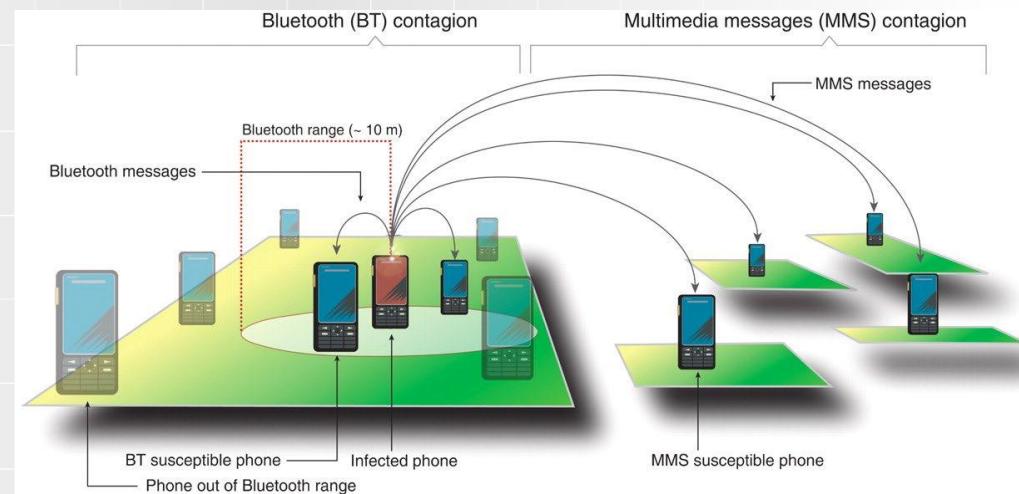
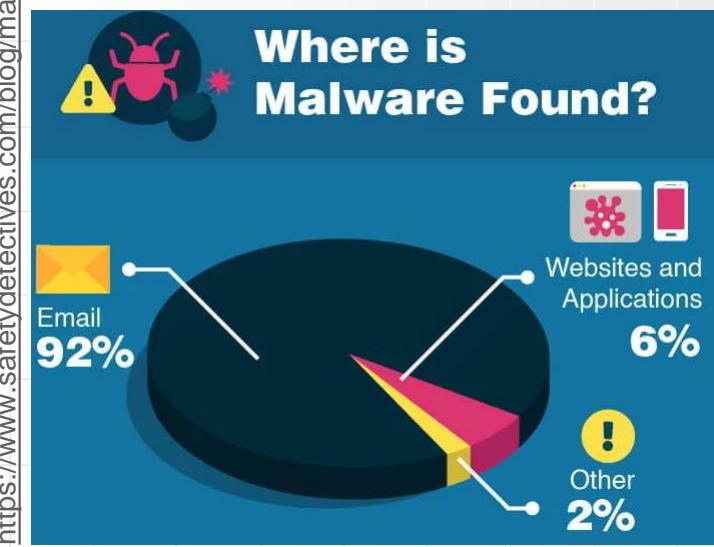
Local governments continue to be a popular target.

Beware of your own productivity tools like Microsoft Office.

As much as 38% of malware is now being disguised as a Word doc.

People don't tend to suspect ordinary looking .doc files.

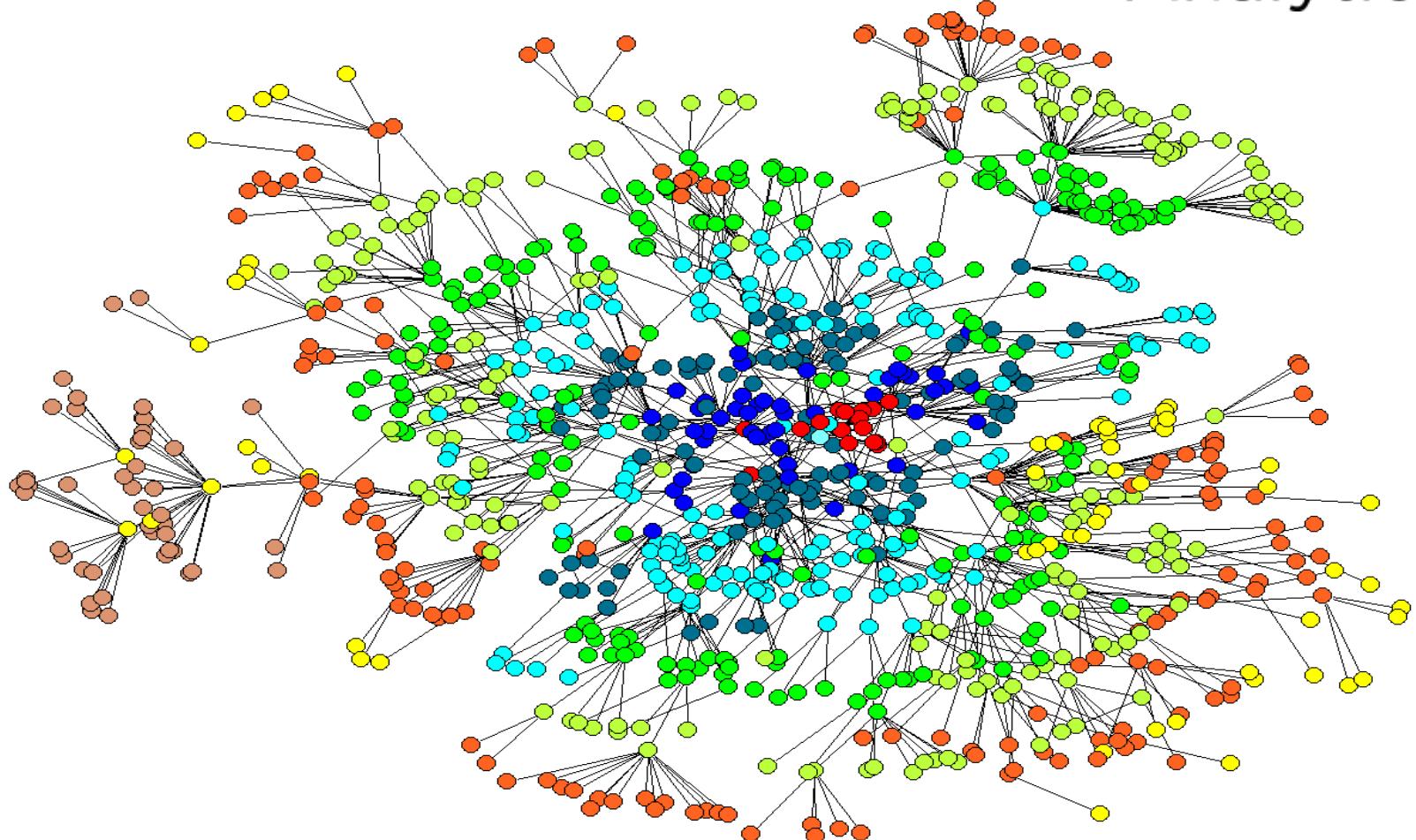
<https://www.safetydetectives.com/blog/malware-statistics/>



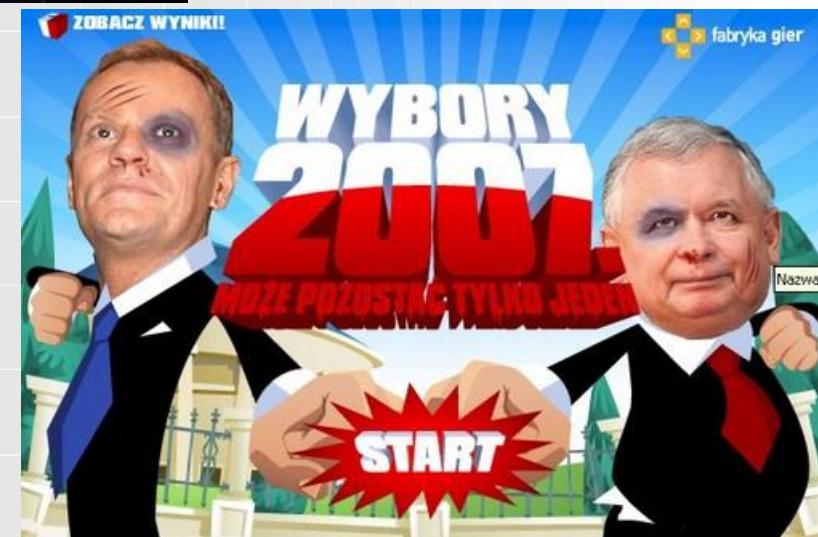


Rozprzestrzenianie informacji

Cambridge
Analytica



Rozprzestrzenianie wpływu





<https://www.youtube.com/watch?v=nMkr0ZvgW9U>

Czy nasi znajomi powodują otyłość?





Materiały dodatkowe

1. James Fowler: Power of Networks

<https://www.youtube.com/watch?v=zkmsjFisWA>

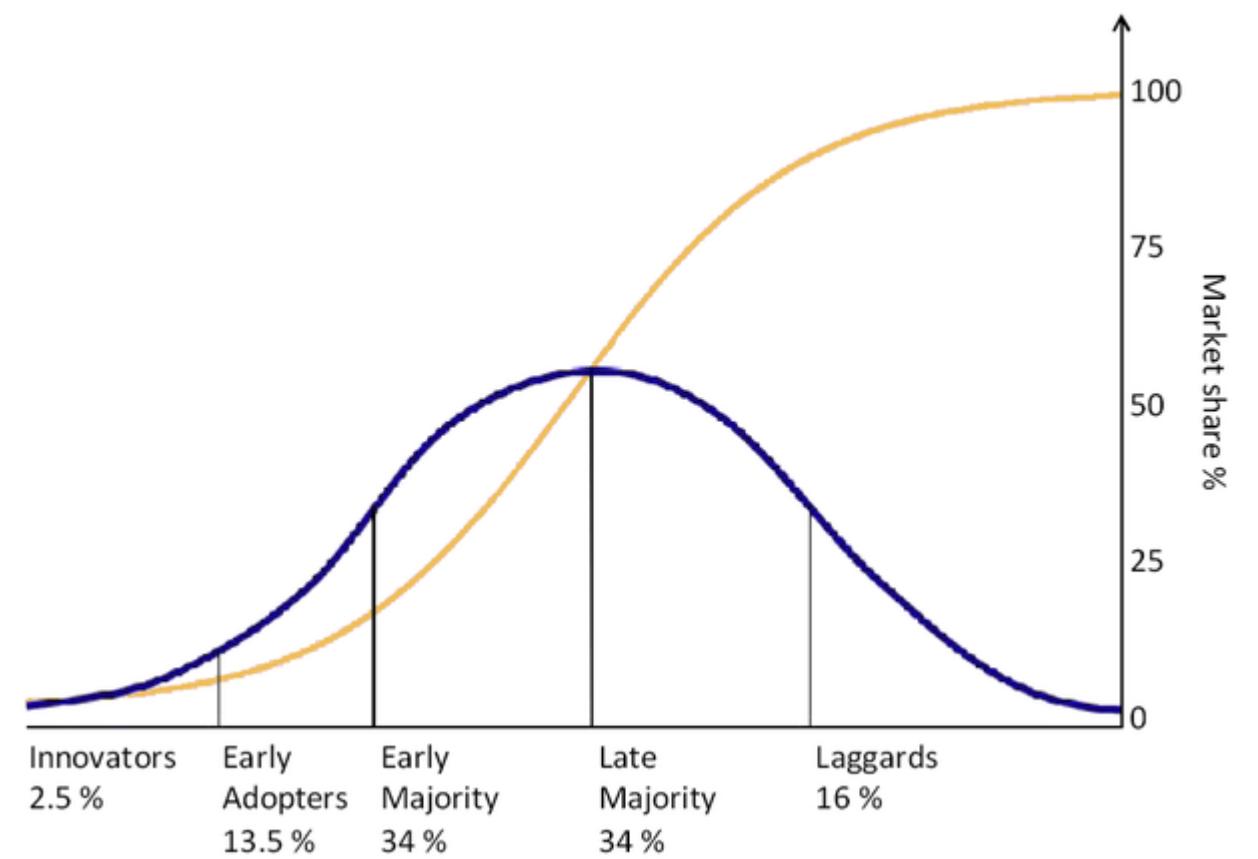
2. Nicholas Christakis: The hidden influence of social networks <https://www.youtube.com/watch?v=2UtOghblfE>

3. Nicholas Christakis: The Sociological Science Behind Social Networks and Social Influence

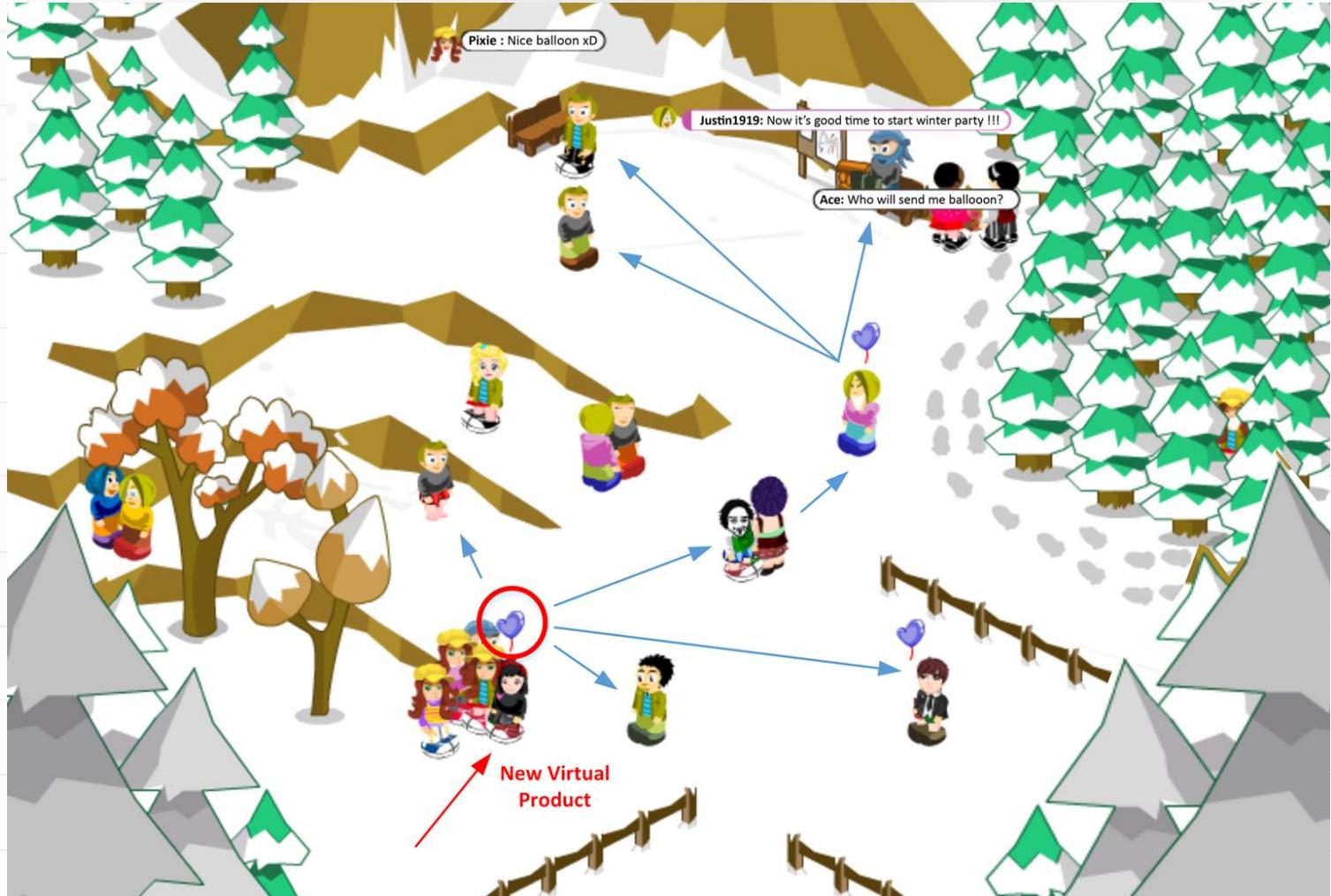
<https://www.youtube.com/watch?v=wadBvDPeE4E>

Proszę obejrzeć przynajmniej 1 i 2, jeżeli macie czas to zachęcam też do filmu nr 3.

Dyfuzja innowacji



Rozprzestrzenianie treści





Sieć i obiekt

| Zjawisko | Sieć | Obiekt |
|-------------------------------|------|--------|
| Choroba weneryczna | | |
| Inne choroby zakaźne | | |
| Rozprzestrzenianie informacji | | |
| Dyfuzja innowacji | | |
| Wirus komputerowy | | |
| Wirusy na urządzenia mobilne | | |
| Pluskwy | | |
| Malaria | | |



Sieć i obiekt

| Zjawisko | Sieć | Obiekt |
|-------------------------------|--|-------------------------------|
| Choroba weneryczna | Sieć kontaktów seksualnych | patogeny |
| Inne choroby zakaźne | Sieci kontaktów (o różnej specyfice zależnej od choroby), sieci transportowe | patogeny |
| Rozprzestrzenianie informacji | Sieć komunikacyjna, społeczna | Informacja, mem, plotka |
| Dyfuzja innowacji | Sieć komunikacyjna, społeczna | Idee, koncepcje |
| Wirus komputerowy | Internet | Złośliwe oprogramowanie |
| Wirusy na urządzenia mobilne | Sieć społeczna (kontaktów F2F), Internet | Złośliwe oprogramowanie |
| Pluskwy | Sieć hotel - podróżnik | Pluskwa |
| Malaria | Sieć komar - człowiek | <i>Plasmodium</i> (Zarodziec) |



Dlaczego ma to tak duże znaczenie w dzisiejszych czasach?



Duże
zagęszczenie
ludzi



Idealne warunki dla epidemii

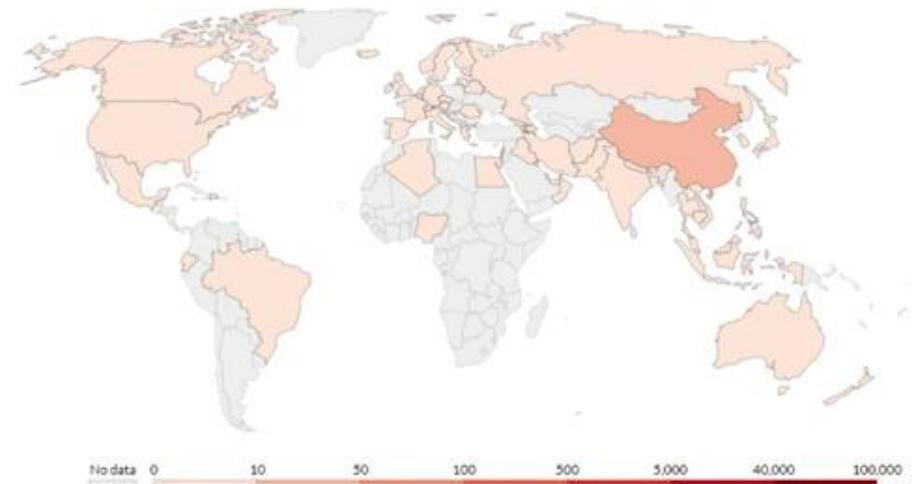
Duża mobilność



Total confirmed COVID-19 cases, Dec 31, 2019

The number of confirmed cases is lower than the number of total cases. The main reason for this is limited testing.

Our
World
in Data



Source: European CDC – Latest Situation Update Worldwide

Note: The large increase in the number of cases globally and in China on Feb 13 is the result of a change in reporting methodology.

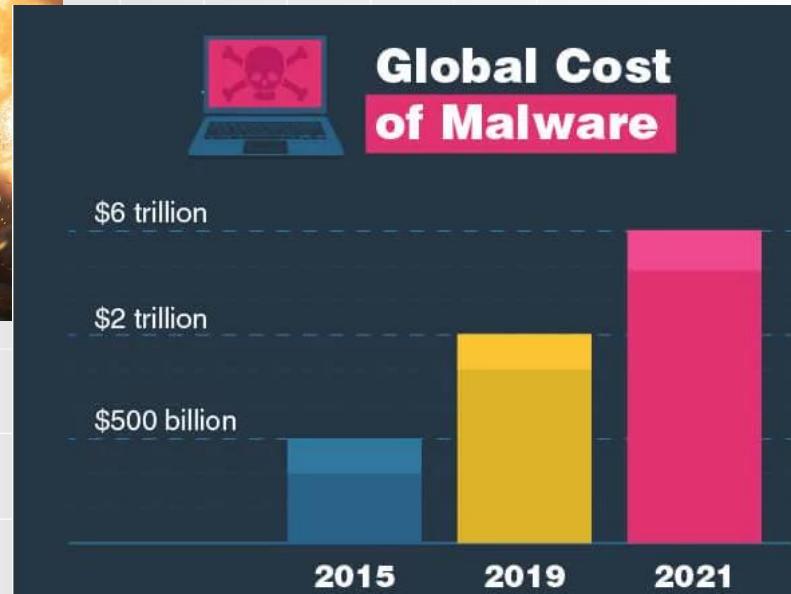
OurWorldInData.org/coronavirus • CC BY



Dlaczego ma to tak duże znaczenie w dzisiejszych czasach?



Cambridge
Analytica





Politechnika
Wrocławska

Modelowanie procesów rozprzestrzenia



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Modelowanie epidemii

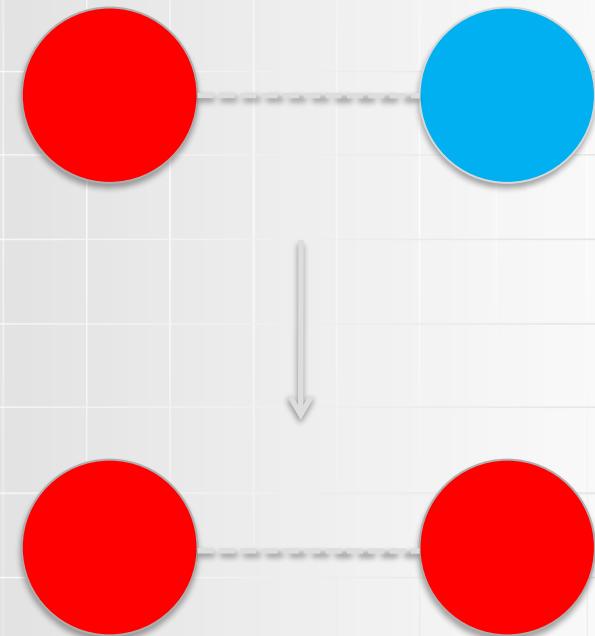


Modelowanie epidemii (model klasyczny)

- **Kompartamentalizacja (Compartmentalization)**
 - *Susceptible (S)*: Zbiór osobników zdrowych, którzy się jeszcze nie zarazili ale są na chorobę podatni
 - *Infectious/Infected (I)*: Zbiór osób zainfekowanych którzy mogą infekować innych.
 - *Recovered/Removed (R)*: Zbiór osób które były chore ale wyzdrowiały lub zmarły więc już nie zarażają ani nie mogą być zarażone bo nabyły „odporność”
- **Jednorodne mieszanie (Homogenous Mixing)** – założenie że każdy może zarazić każdego.

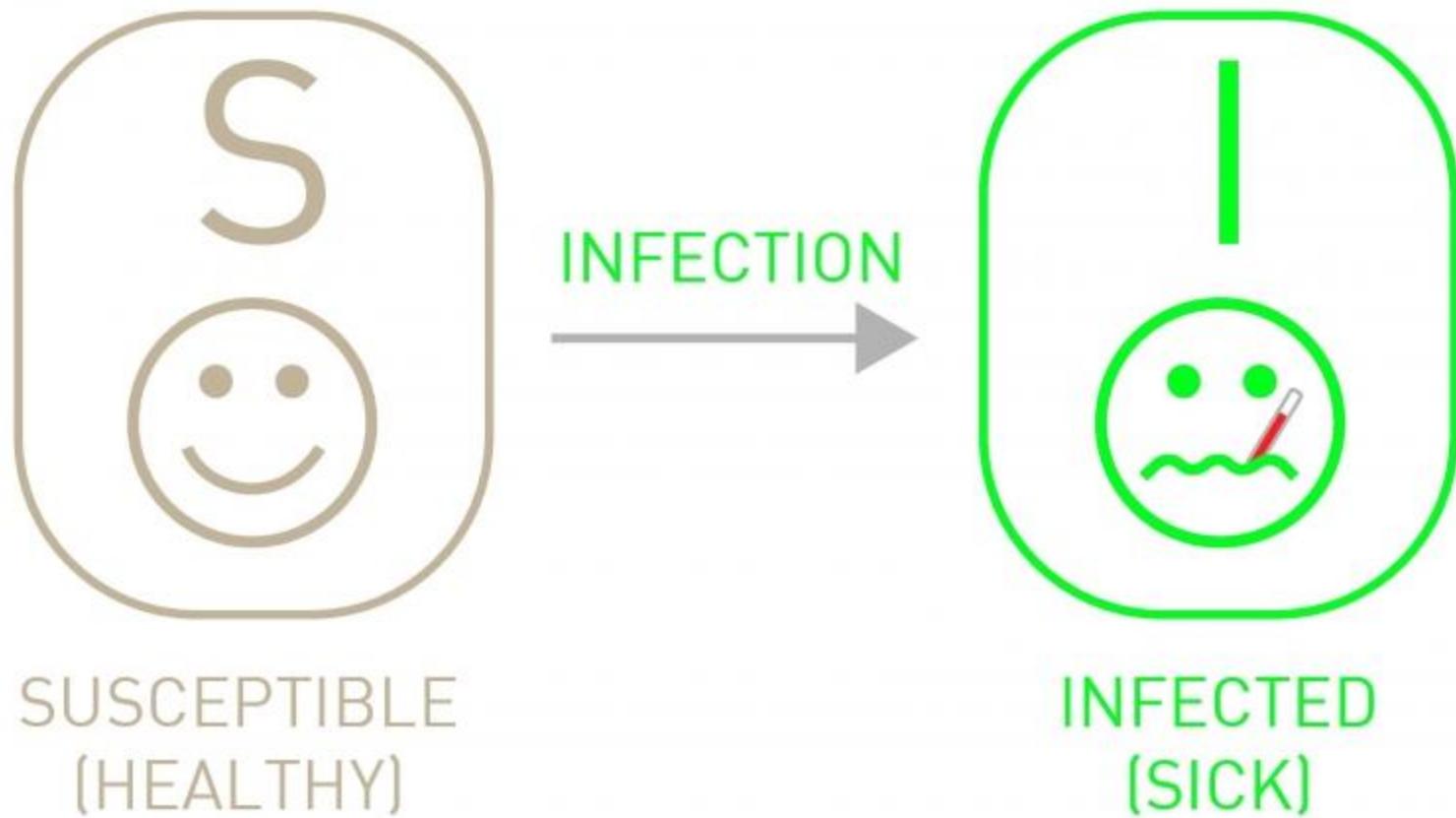
Modelowanie epidemii (model sieciowy)

- Rozprzestrzenianie epidemii zawsze wymaga sieci.
- Rozprzestrzenianie następuje tylko wtedy, gdy nosiciele chorób/wirusów/idei są ze sobą połączeni.



- **Jednorodne mieszanie (Homogenous Mixing)** – w przypadku sieci to założenie nie jest prawdziwe

Model Susceptible-Infected (SI)



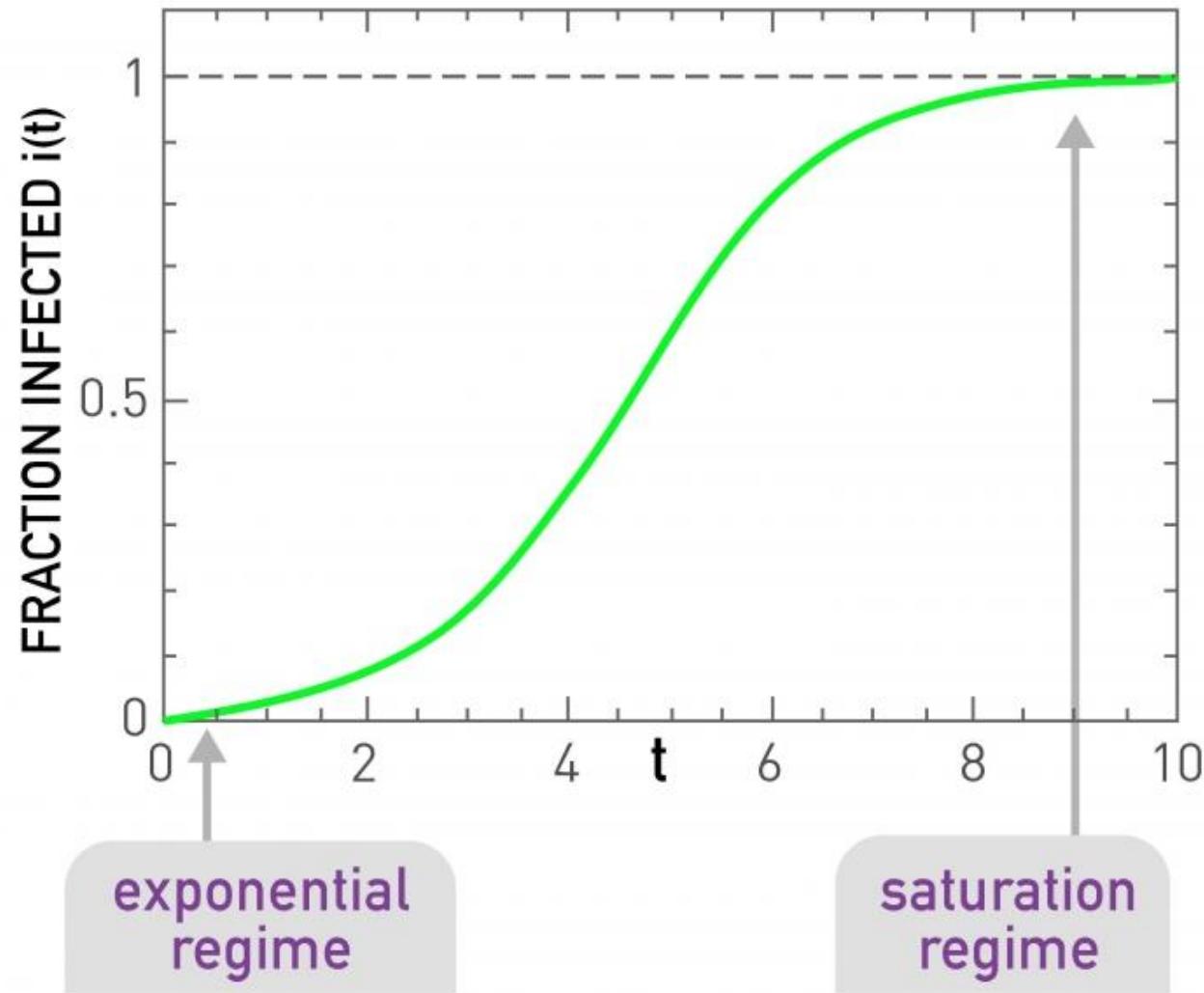
WZW, AIDS, Zombie ☺



Model SI

- $S(t)$ – Liczba osób które są podatne na zachorowanie w chwili t
 - $I(t)$ - Liczba osób które są chore w chwili t
 - β - prawdopodobieństwo, że chora osoba zarazi zdrową (infection rate)
-
- $s = s(t) = S(t)/N$, $i = i(t) = I(t)/N$ – odsetek osób podatnych i chorych w chwili t
 - $t=0$ wszyscy są zdrowi ($S(0)=N$) i nikt nie jest chory ($I(0)=0$)

Model SI – dynamika



Model SI – NetLogo

Search the Models Library:
Sample Models/Networks/Virus on a Network ▾

Upload a Model:
Wybierz plik Nie wybrano pliku

File: New Export: NetLogo HTML

powered by NetLogo

Virus on a Network

model speed ticks: 117

number-of-nodes 150
average-node-degree 6
initial-outbreak-size 3
setup go c
virus-spread-chance 2,5 %
virus-check-frequency 1 ticks
recovery-chance 0 %
gain-resistance-chance 5 %

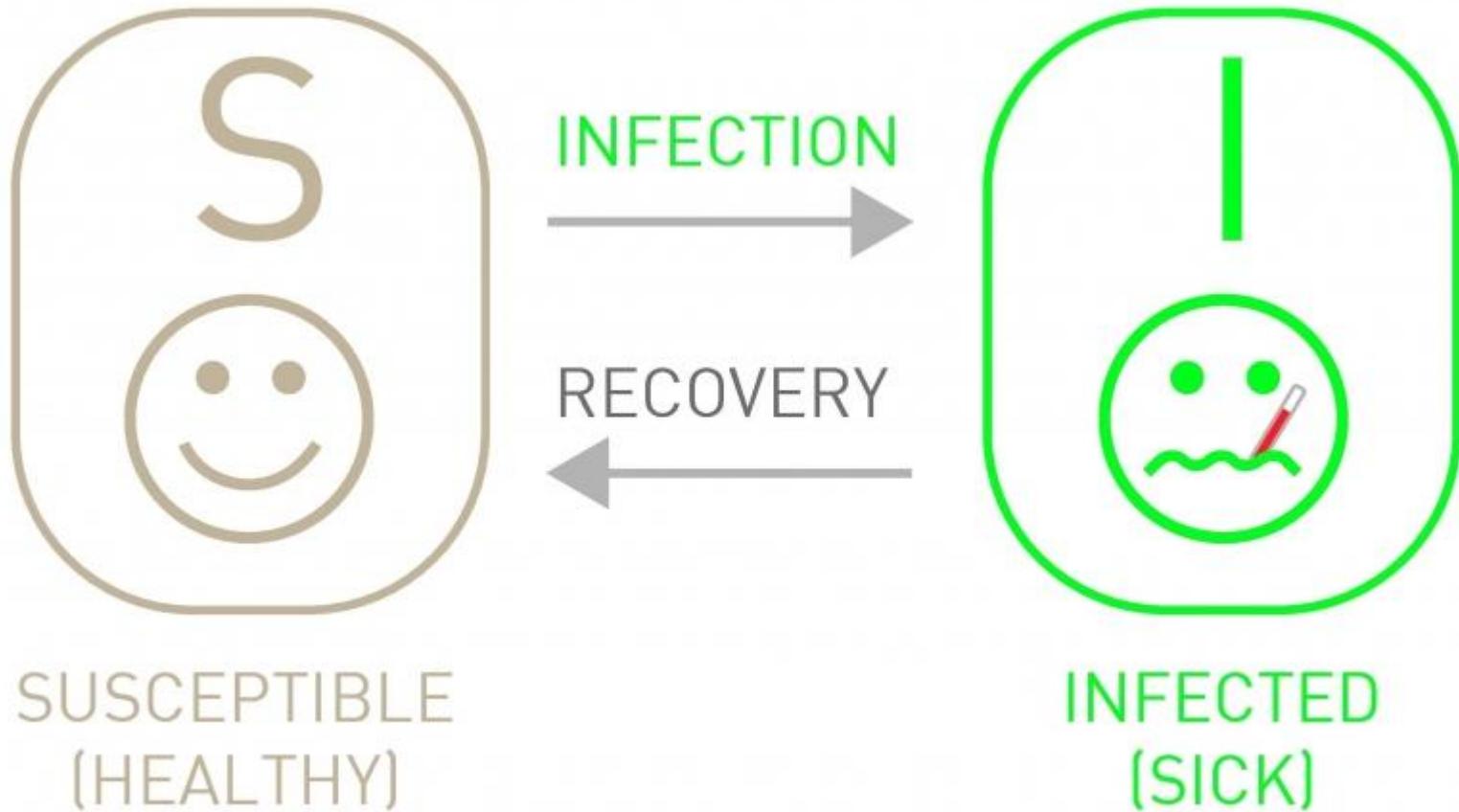
Network Status
% of nodes
time
susceptible infected resistant

Command Center

NetLogo Code

Model Info

Susceptible-Infected-Susceptible (SIS)



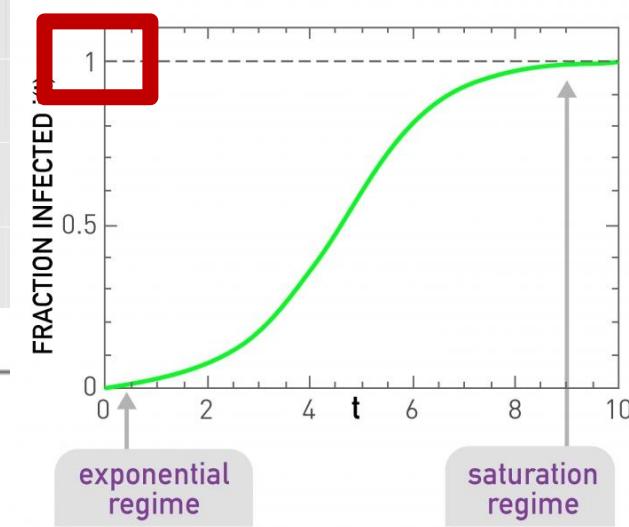
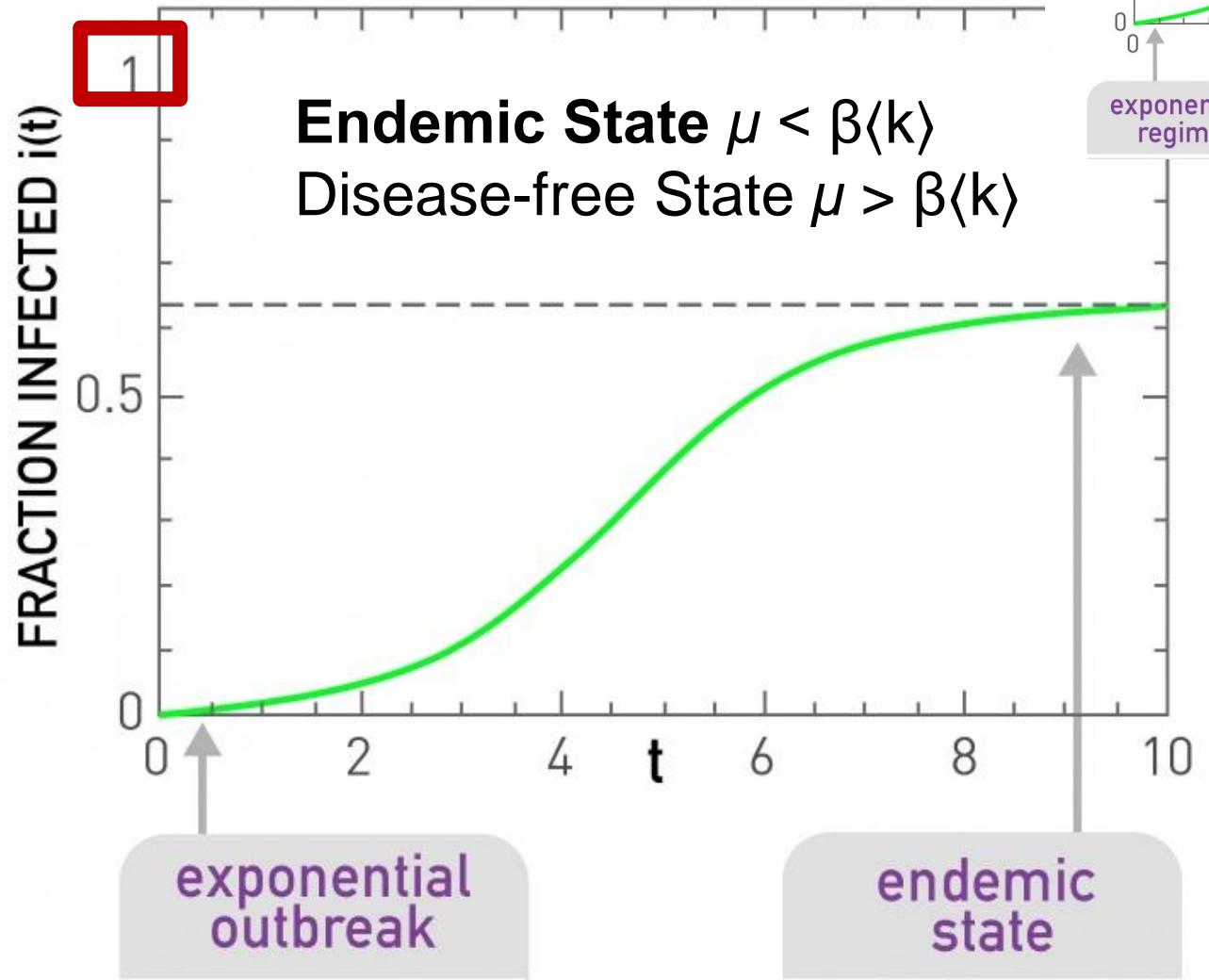
przeziębienie



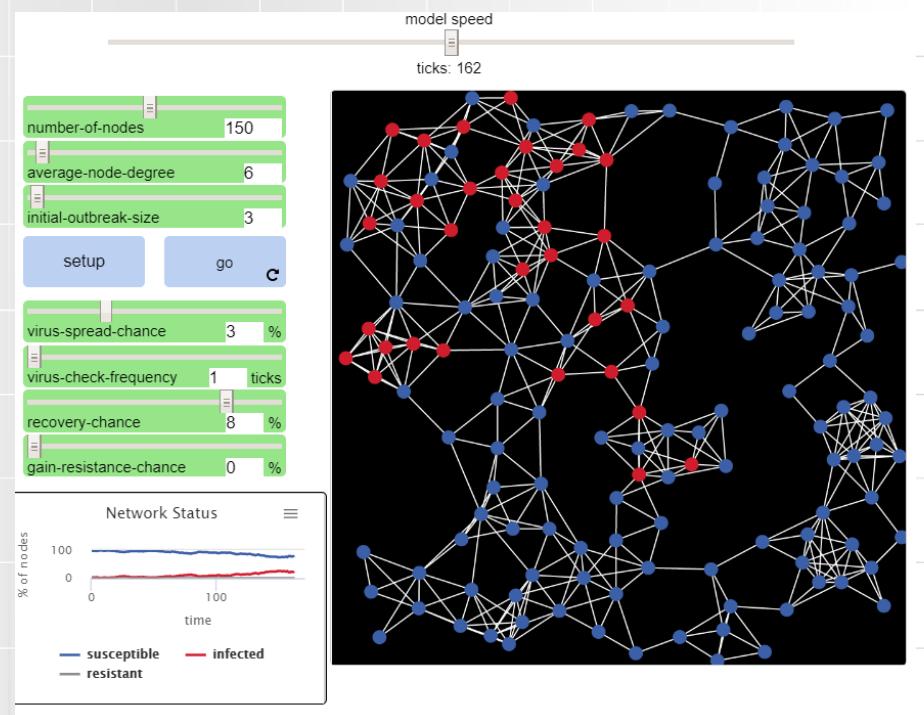
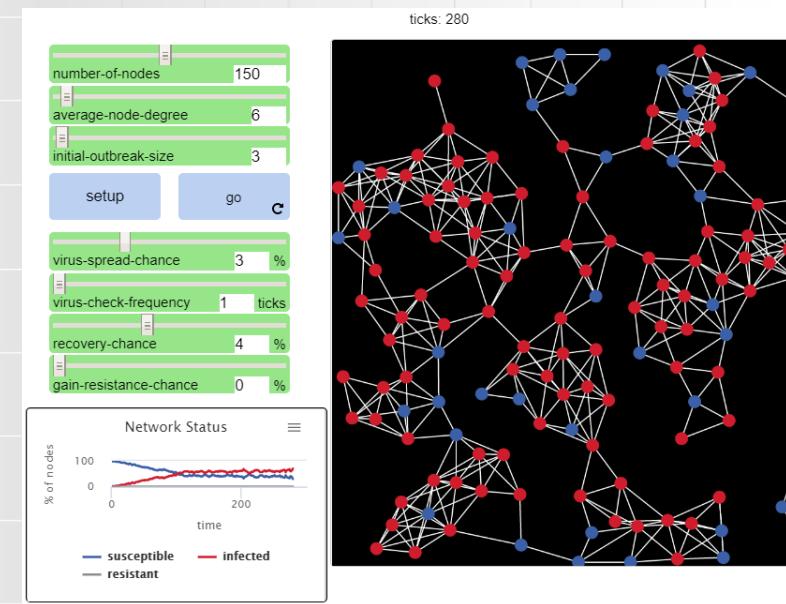
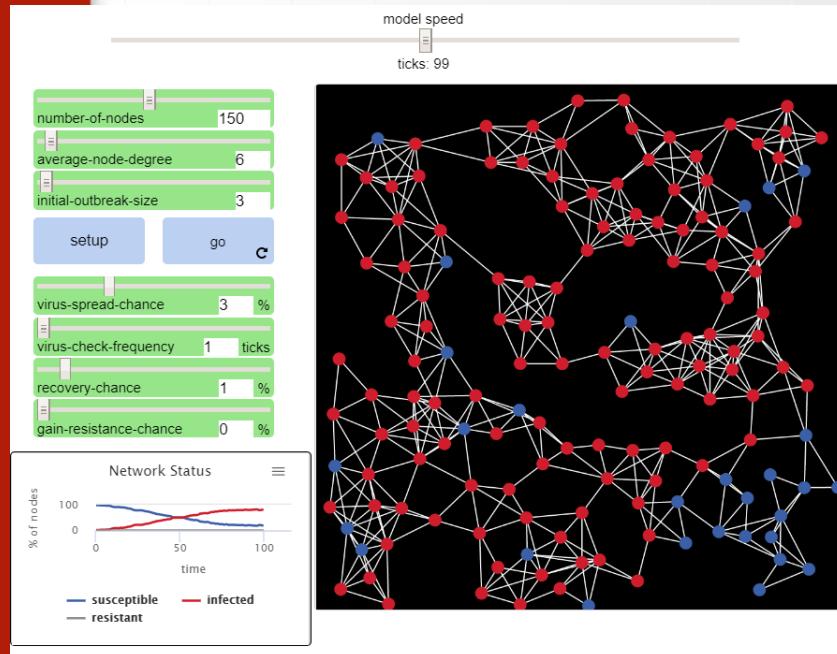
Model SIS

- Wszystkie parametry modelu SI
- μ – prawdopodobieństwo wyzdrowienia przez osobę chorą (recovery rate) (osoba chora, która wyzdrowieje staje się ponownie osobą podatną na zachorowanie)
- μi - tempo zdrowienia społeczeństwa
- $\lambda = \beta/\mu$ – tempo rozprzestrzeniania się choroby

Model SIS - dynamika



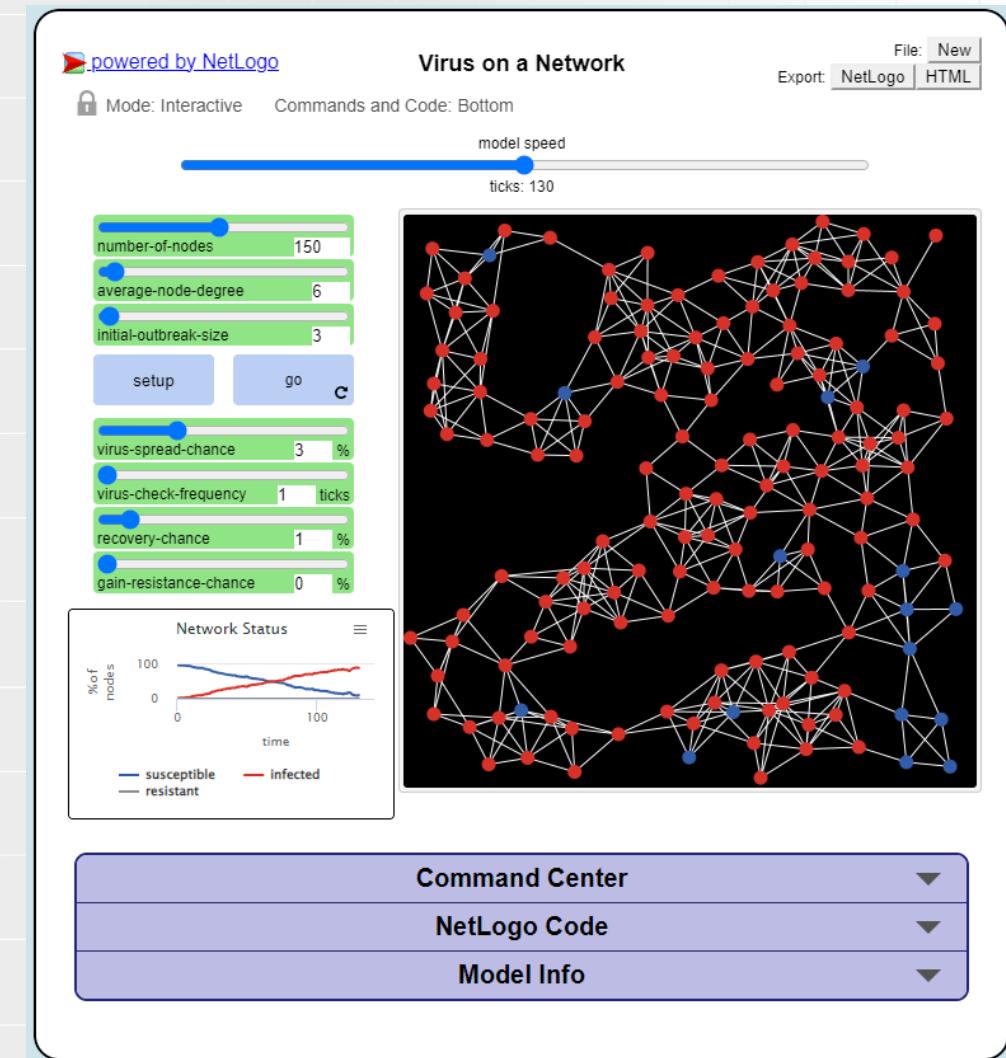
SIS Model - NetLogo



Endemic State $\mu < \beta\langle k \rangle$
Disease-free State $\mu > \beta\langle k \rangle$

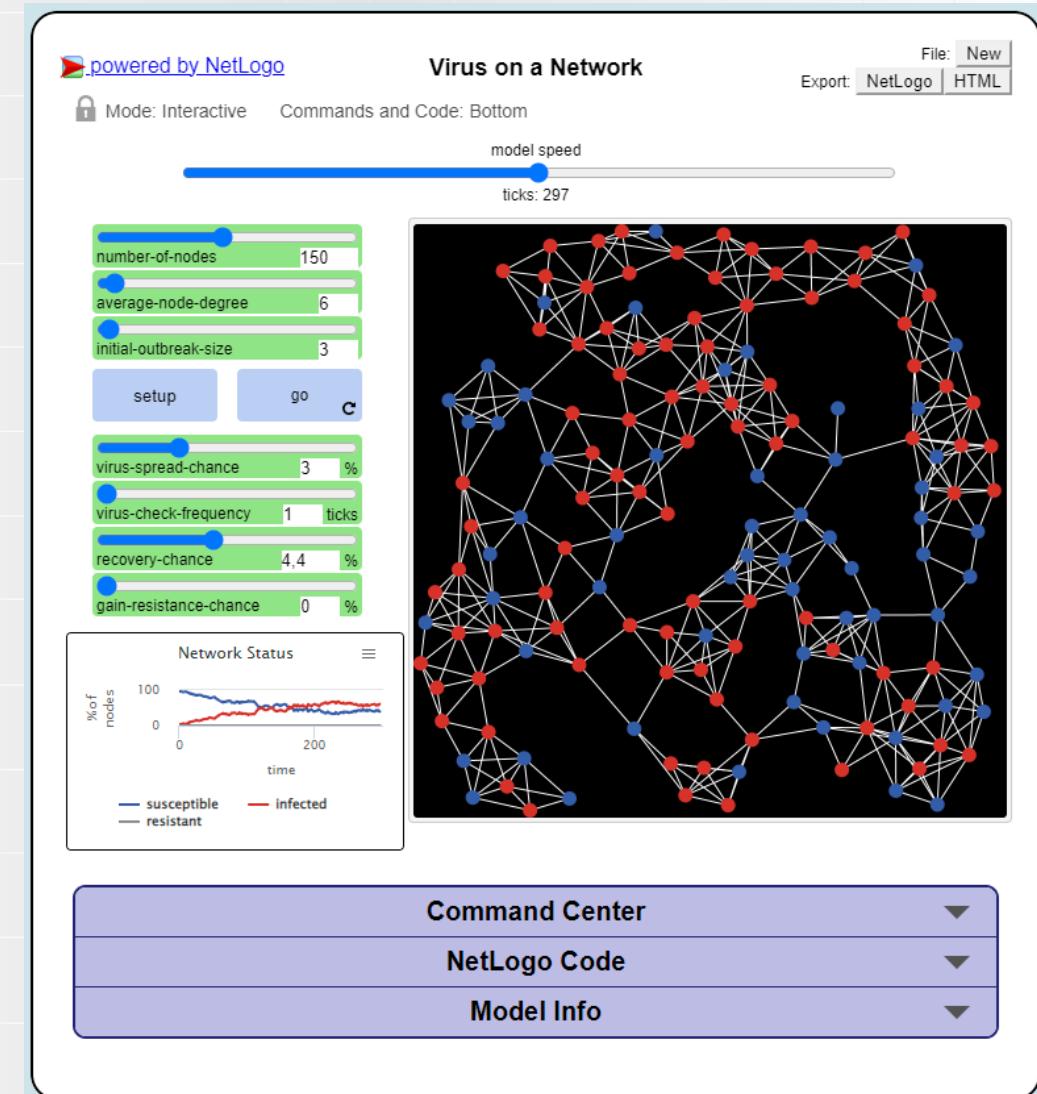
SIS Model - NetLogo

Endemic State $\mu < \beta\langle k \rangle$



SIS Model - NetLogo

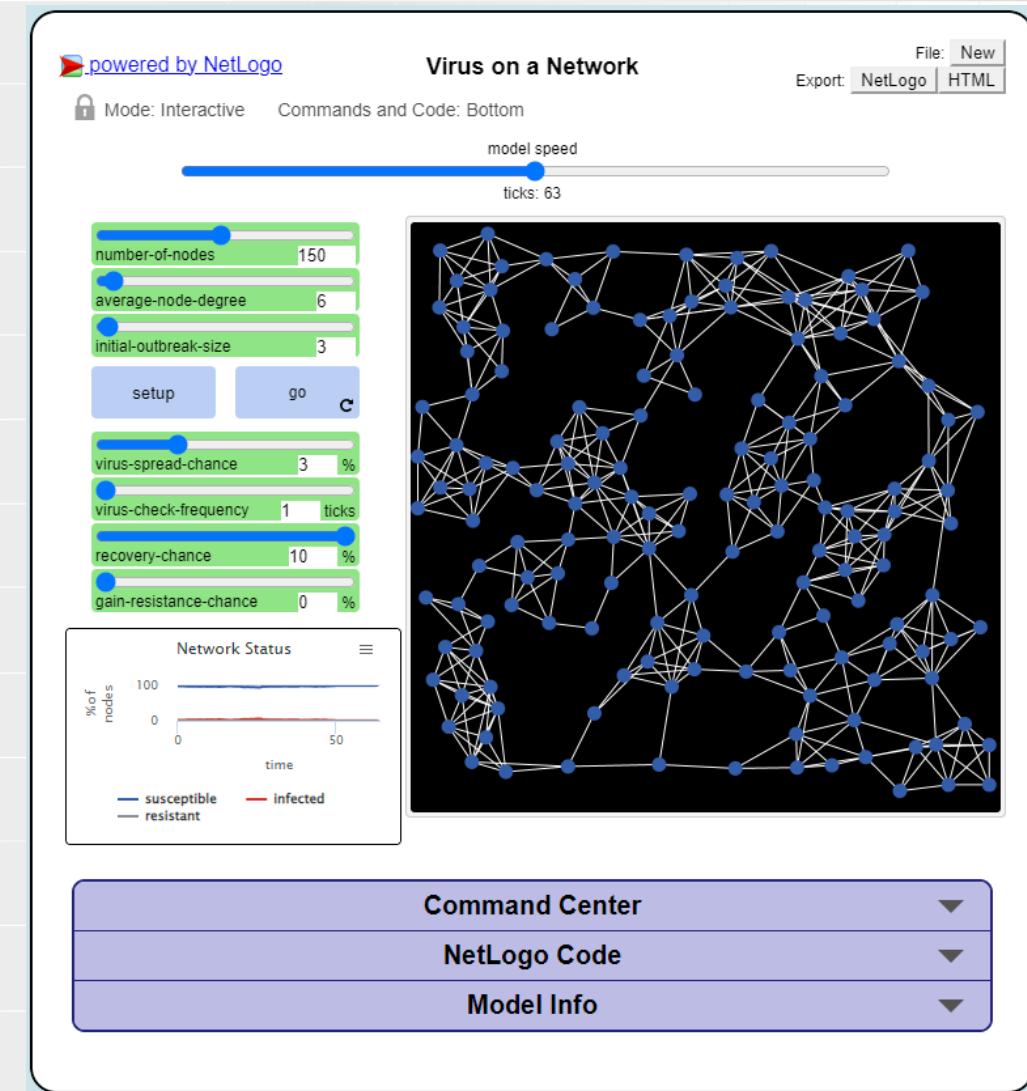
Balans $\mu \approx \beta\langle k \rangle$



SIS Model - NetLogo

Disease-free State

$$\mu > \beta\langle k \rangle$$



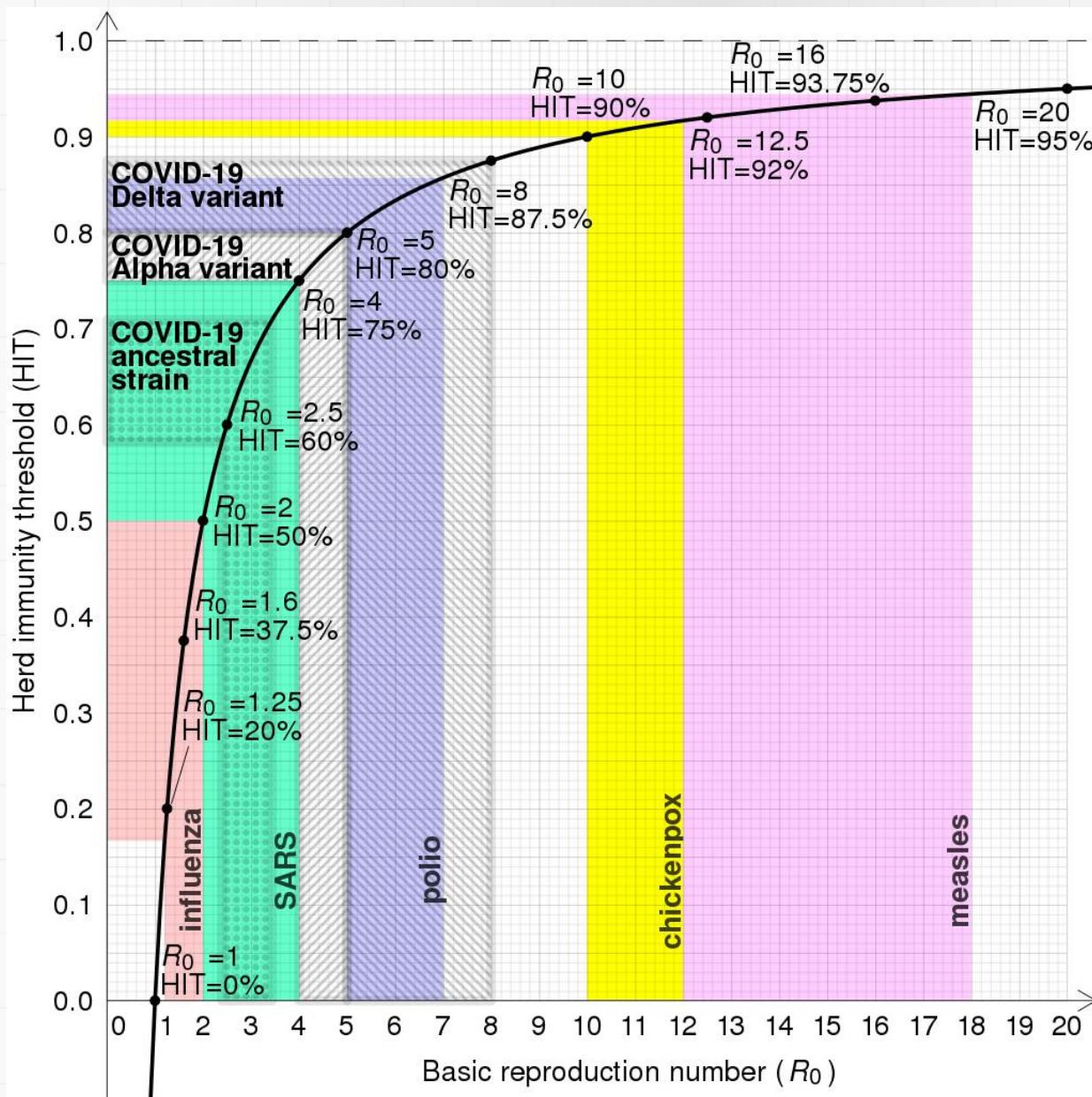
Podstawowa liczba odtwarzania

- The Basic Reproductive Number – Epidemic Threshold

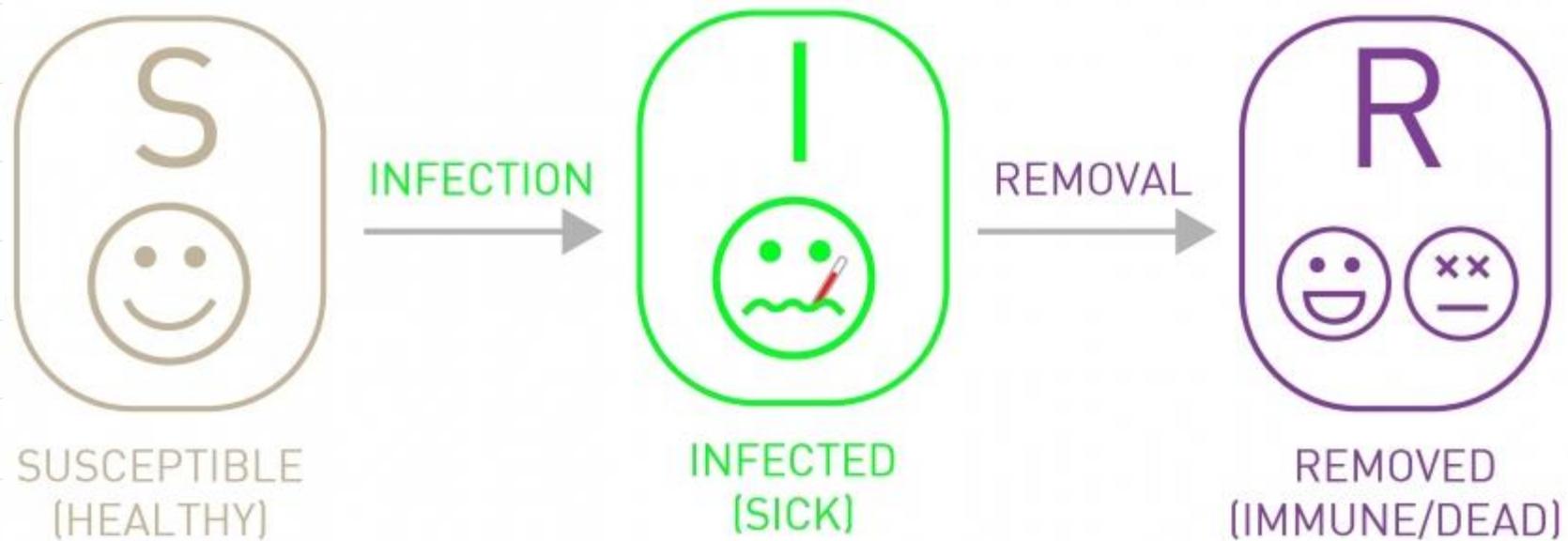
| Choroba | Sposób transmisji | R ₀ |
|----------------|-------------------|----------------|
| Odra | Droga kropelkowa | 12-18 |
| Ospa wietrzna | Droga kropelkowa | 10-12 |
| COVID-19 d | Droga kropelkowa | 5-8 |
| Polio | Odchody | 5-7 |
| Ospa prawdziwa | Droga kropelkowa | 3,5-6 |
| COVID-19 a | Droga kropelkowa | 4-5 |
| HIV | Płyny ustrojowe | 2-5 |
| COVID-19 | Droga kropelkowa | 2,4-3,4 |
| Grypa | Droga kropelkowa | 1,2-1,4 |

$$R_0 = \frac{\beta \langle k \rangle}{\mu}$$

https://en.wikipedia.org/wiki/Basic_reproduction_number



Susceptible-Infected-Recovered (SIR)



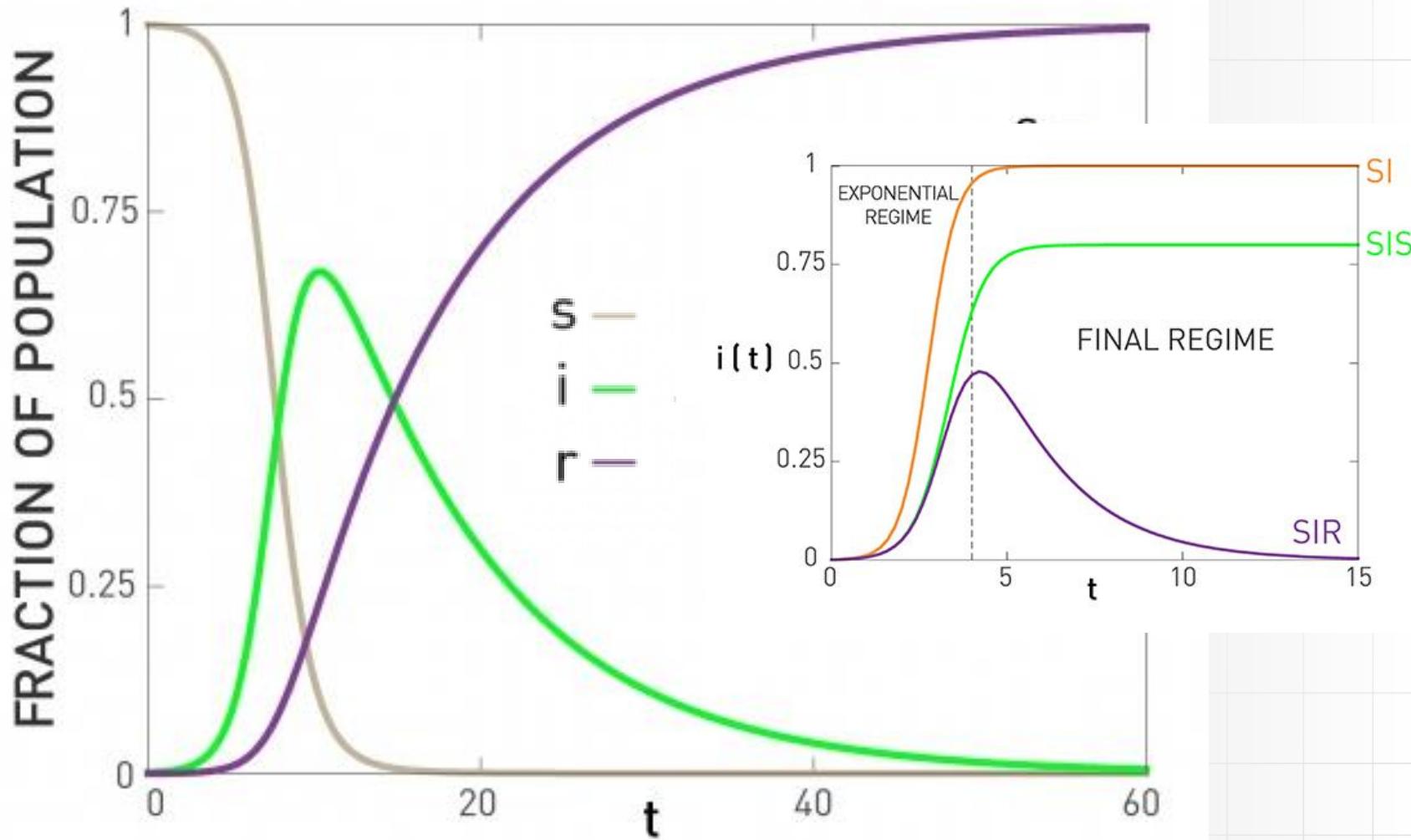
grypa – tegoroczny szczep, ospa*



Model SIR

- Wszystkie parametry modelu SI
- $R(t)$ – liczba osób które nie mogą zarażać (wyzdrowiały i nabyły odporność, zmarły itd.) w chwili t
- μ – prawdopodobieństwo wyzdrowienia (recovery rate) (chore osoby po wyzdrowieniu stają się odporne)
- μi - tempo zdrowienia społeczeńства
- $\lambda = \beta/\mu$ – tempo rozprzestrzeniania się choroby
- $r = r(t)=R(t)/N$ – liczba odpornych osób w chwili t

SIR Model - dynamika



SIR Model - NetLogo

 [powered by NetLogo](#)

Virus on a Network

File: [New](#)Export: [NetLogo](#) [HTML](#)

model speed

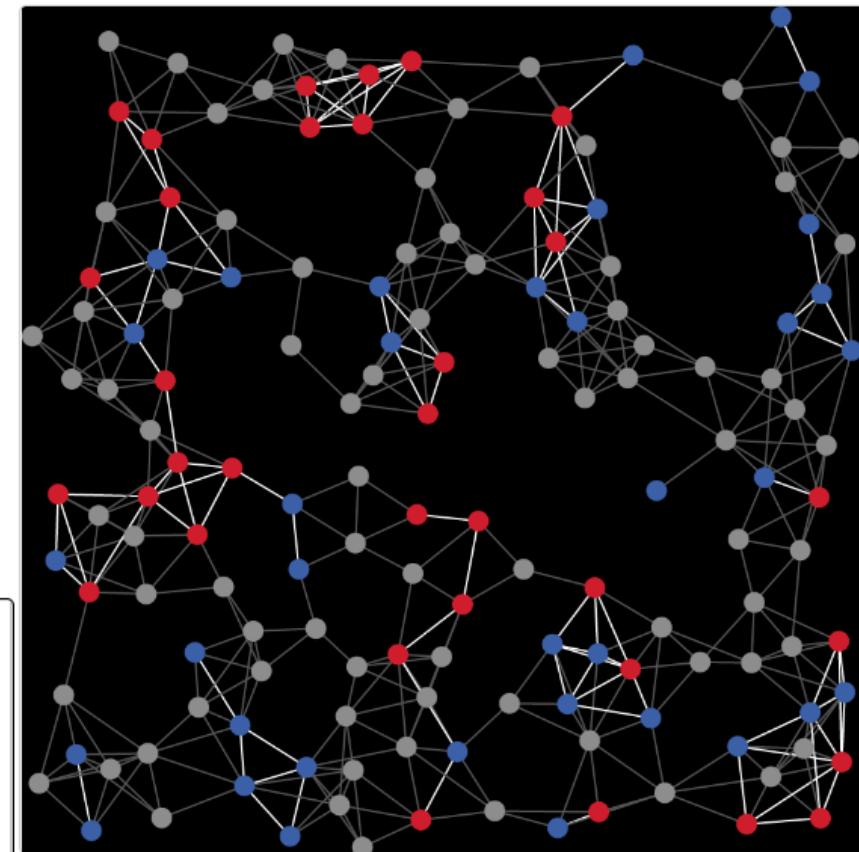
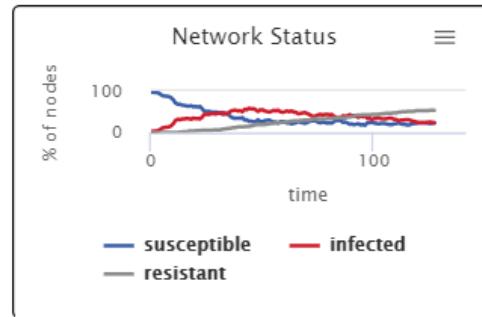
ticks: 127

| | |
|-----------------------|-----|
| number-of-nodes | 150 |
| average-node-degree | 6 |
| initial-outbreak-size | 5 |

[setup](#)[go](#)

C

| | | |
|------------------------|----|-------|
| virus-spread-chance | 10 | % |
| virus-check-frequency | 1 | ticks |
| recovery-chance | 10 | % |
| gain-resistance-chance | 10 | % |



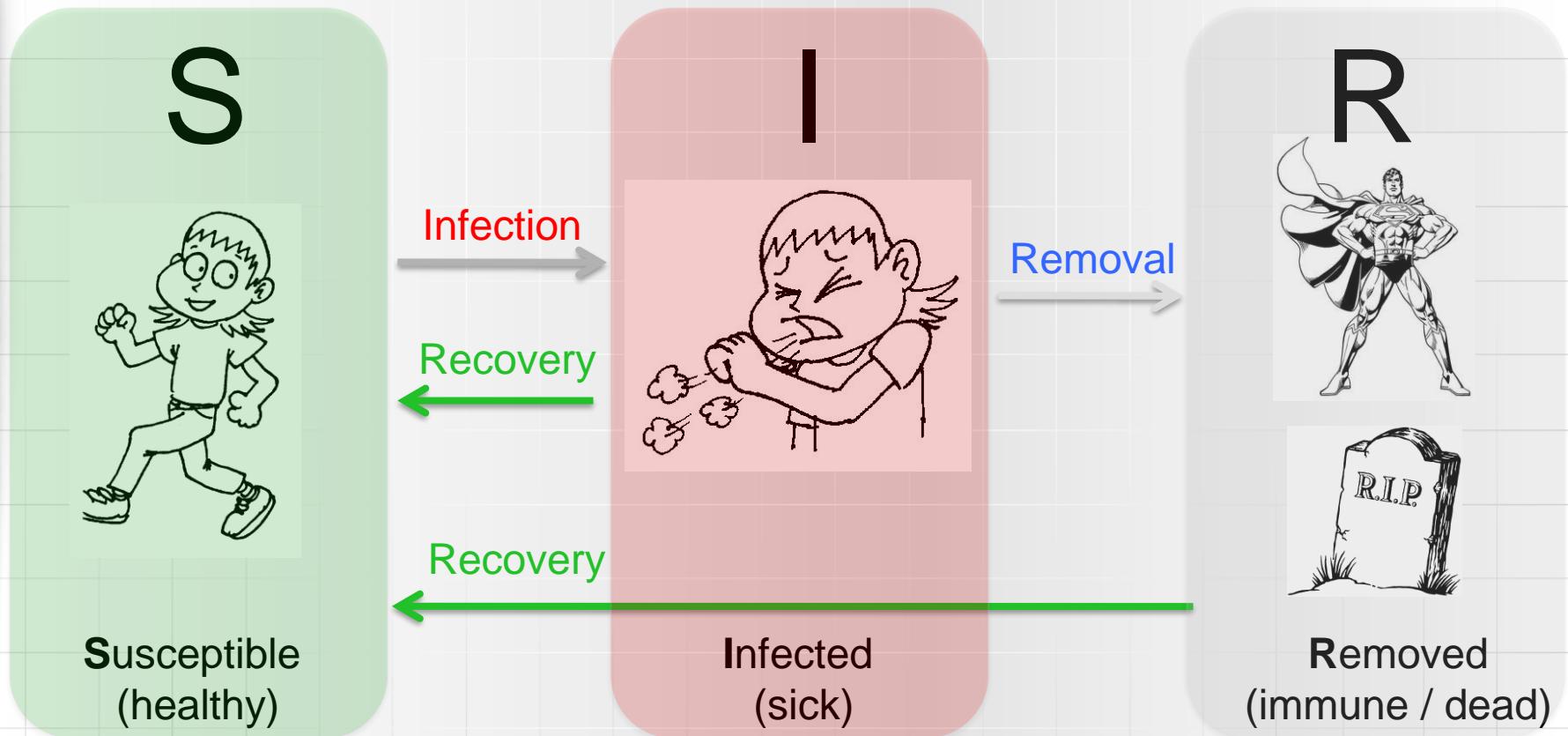


Model SI, SIS, SIR - porównanie

| | SI | SIS | SIR |
|--|---|---|--------------------|
| Exponential Regime: Number of infected individuals grows exponentially | $i = \frac{i_0 e^{\beta(k)t}}{1 - i_0 + i_0 e^{\beta(k)t}}$ | $i = \left(1 - \frac{\mu}{\beta(k)}\right) \frac{C e^{(\beta(k)-\mu)t}}{1 + C e^{(\beta(k)-\mu)t}}$ | No closed solution |
| Final Regime: Saturation at $t \rightarrow \infty$ | $i(\infty) = 1$ | $i(\infty) = 1 - \frac{\mu}{\beta(k)}$ | $i(\infty) = 0$ |
| Epidemic Threshold: Disease does not always spread | No threshold | $R_0 = 1$ | $R_0 = 1$ |

Przy założeniu jednorodnego mieszania

SI, SIS, SIR, ... SIRS, ...





Rozszerzenia:

- SIRS – grypa generalnie
- SISR
- SEIR - E – exposed, wystawiony na działanie patogenu
- SEIS
- $S I_1 I_2 S$, $S I_1 I_2 R$, ...
- MSIR - M - maternally derived immunity
- MSEIR
- MSEIR
- Coronavirus????

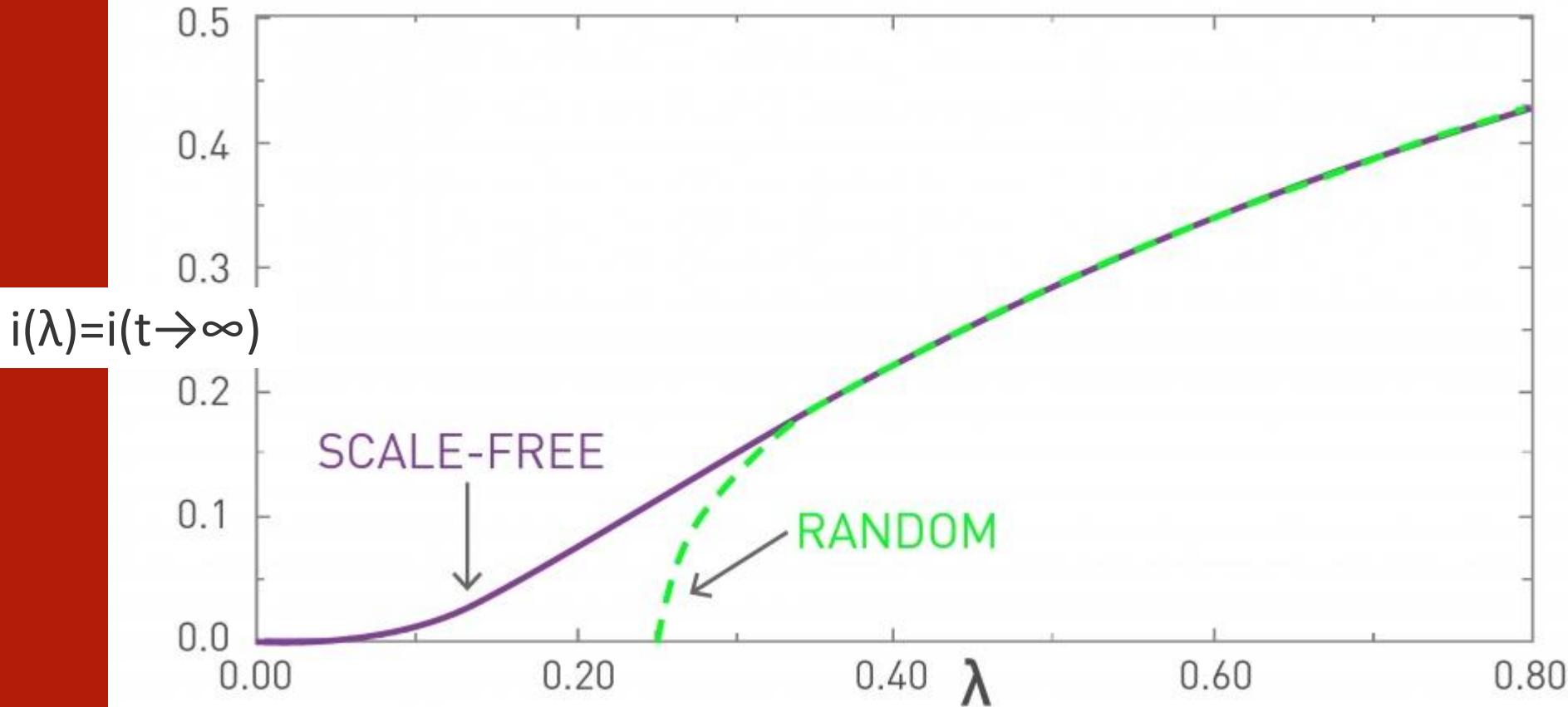
S E I₁ I₂ I₃ R S?



Epidemie w sieciach

- Opisane powyżej podejścia są ogólnie i nie muszą uwzględniać tego, że rozprzestrzenianie odbywa się w sieci – zakładają jednorodne mieszanie, co oznacza, że każdy osobnik może zarażać każdego innego osobnika
- W rzeczywistości epidemie rozprzestrzeniają się poprzez krawędzie w sieci — musimy zwrócić uwagę na rolę sieci w procesie epidemii.

Zanikający próg epidemiczny (epidemic threshold)

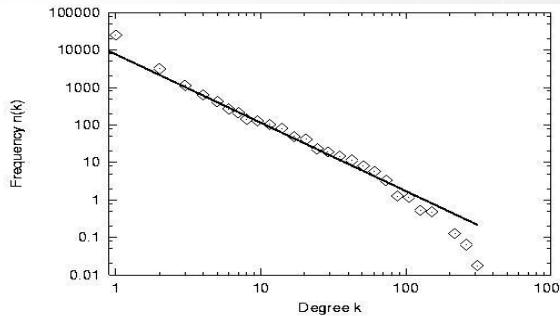


$$R_0 = \frac{\beta \langle k \rangle}{\mu}, \langle k \rangle \rightarrow 0 \implies R_0 \rightarrow 0$$

Zanikający próg epidemiczny

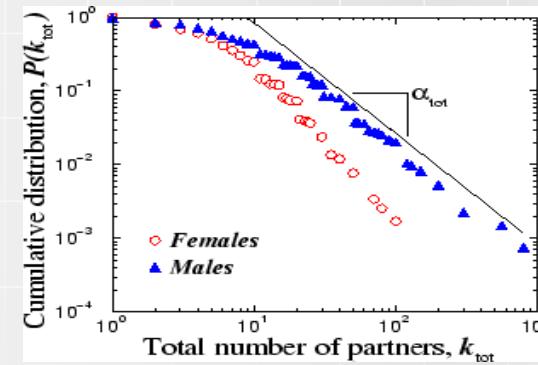
- Sieci rzeczywiste mają mały lub zanikający próg epidemiczny!

Email network



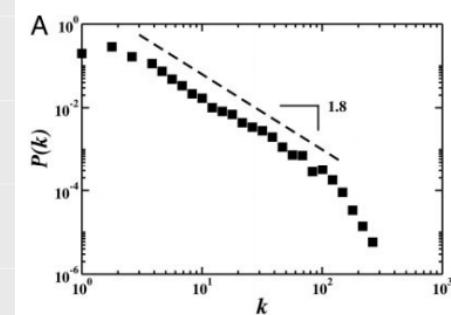
Ebel et al. (2002)

Human sexual network



Liljeros et al., Nature (2001),
Schneeberger et al. STD (2004)

Air transportation network



Colizza et al., PNAS 2006



Rozprzestrzenianie wpływu

Kempe, D., Kleinberg, J., & Tardos, É. (2003). Maximizing the spread of influence through a social network. In *ACM SIGKDD* pp. 137-146.

Model progu liniowego

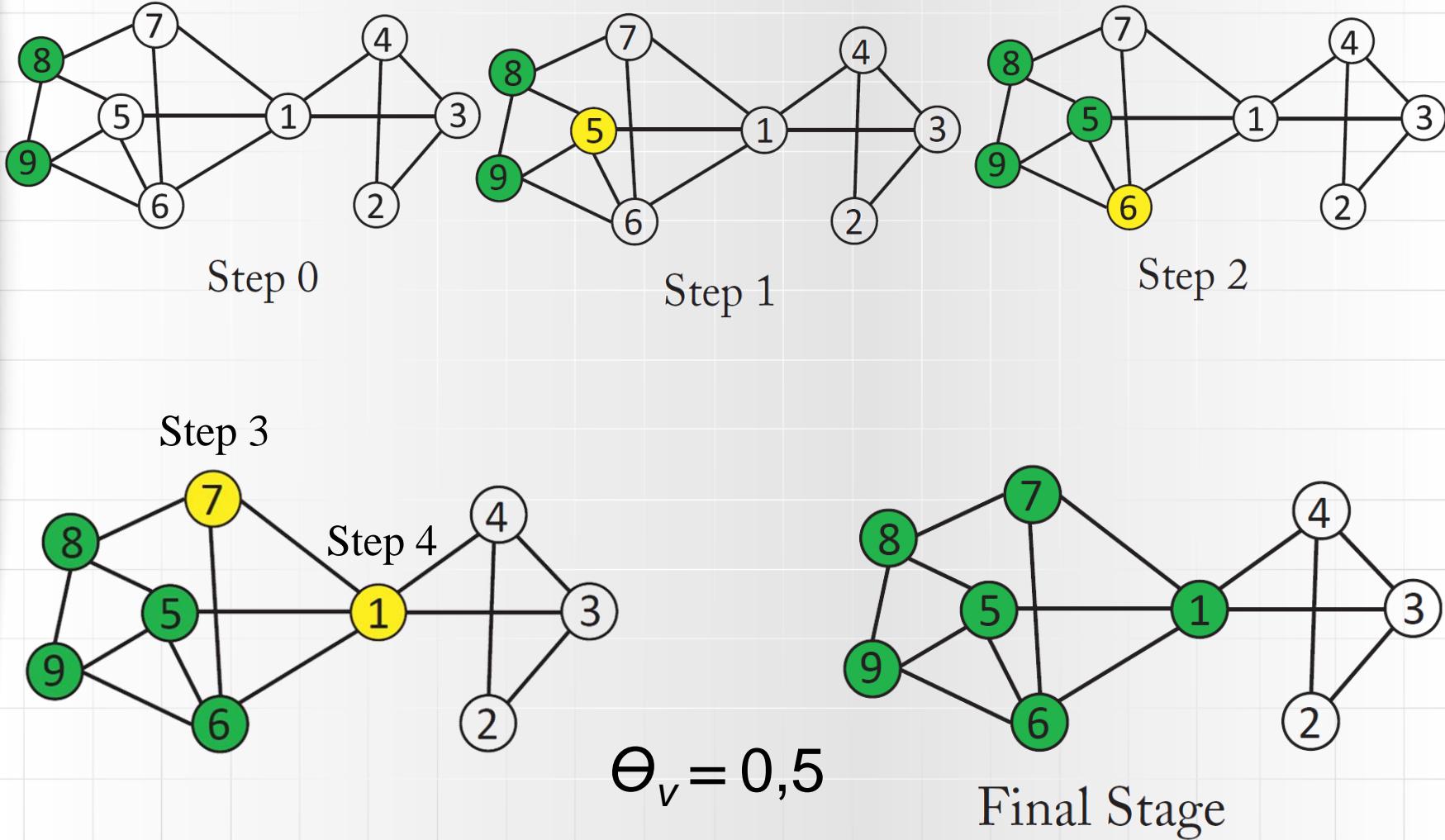
Wierzchołek podejmuje akcję, jeśli liczba jego znajomych, którzy podjęli akcję, przekroczy (osiągnie) pewien próg

1. Każdy wierzchołek v otrzymuje losowo próg θ_v z rozkładu jednostajnego (0,1).
2. W każdej iteracji (stage, step)
 - a) wszystkie wierzchołki które były aktywne w poprzednim kroku pozostają aktywne
 - b) wierzchołki dla których odsetek sąsiadów, którzy są aktywni osiągnie próg θ_v , zostają aktywowane

$$\sum_{w \in N_v, w \text{ is active}} b_{w,v} \geq \theta_v$$

Kempe, D., Kleinberg, J., & Tardos, É. (2003). Maximizing the spread of influence through a social network. In ACM SIGKDD pp. 137-146.

Linear Threshold Model (LTM)



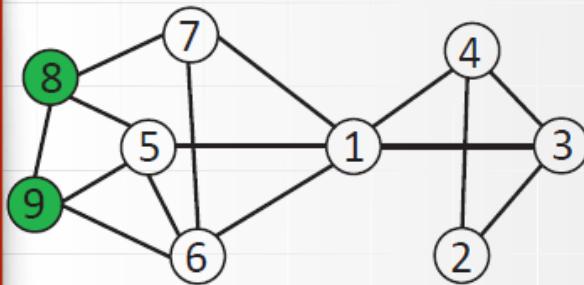
Kempe, D., Kleinberg, J., & Tardos, É. (2003). Maximizing the spread of influence through a social network. In ACM SIGKDD pp. 137-146.

Model niezależnych kaskad

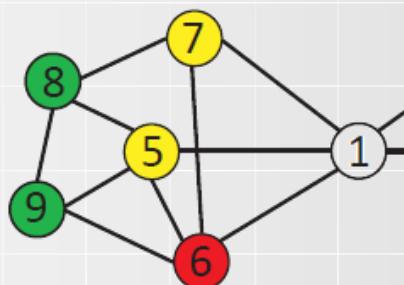
- Proces rozprzestrzeniania rozpoczyna się od aktywacji zbioru początkowego wierzchołków (seed set/nodes)
- Wierzchołek w , aktywowany w iteracji (step) t , ma *jedną szansę by aktywować każdego ze swoich sąsiadów z prawdopodobieństwem p*
 - Dla sąsiada wierzchołka w (np. v), aktywacja kończy się sukcesem z prawdopodobieństwem $p_{w,v}$ (np. $p = 0.5$)
- Jeżeli aktywacja zakończy się sukcesem to v stanie się aktywny w kolejnej iteracji $t + 1$
- W kolejnej iteracji $t + 1$, wierzchołek w nie będzie mógł aktywować żadnego innego wierzchołka.
- Proces trwa dopóki w danej iteracji został aktywowany chociaż jeden wierzchołek.

Kempe, D., Kleinberg, J., & Tardos, É. (2003). Maximizing the spread of influence through a social network. In ACM SIGKDD pp. 137-146.

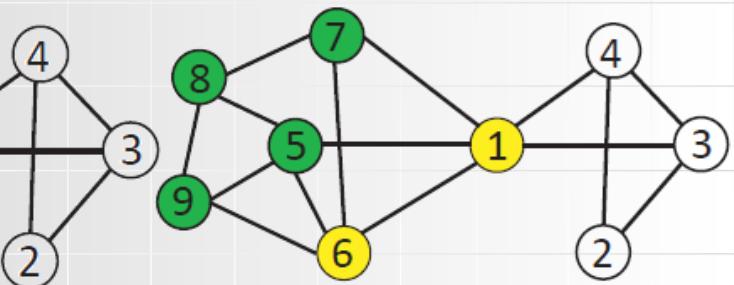
Independent Cascade Model (ICM)



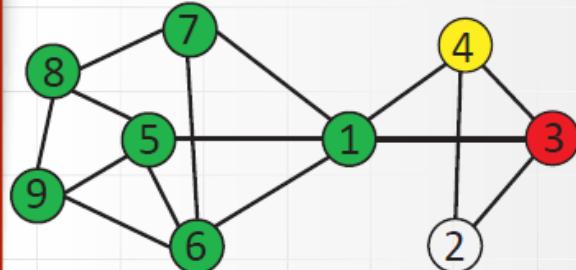
Step 0



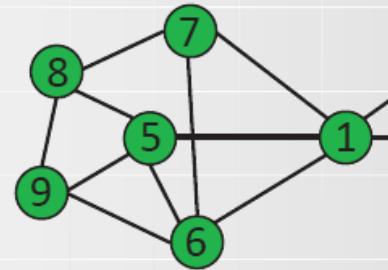
Step 1



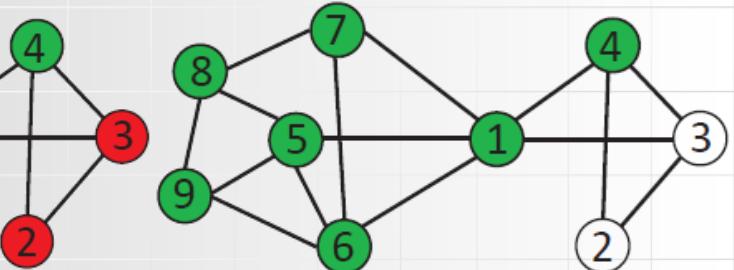
Step 2



Step 3



Step 4



Final Stage

Skoordynowane wykonanie Coordinated execution

- Wykonanie badań dla ICM umożliwiające porównywanie wyników pomiędzy uruchomieniami
- Zdefiniuj prawdopodobieństwo aktywacji p dla każdej krawędzi w grafie skierowanym $\mathbf{G(N,L)}$
- Wygeneruj m grafów $\{G_1, \dots, G_m\}$ (np. 10 000) gdzie każdy graf konstruuje się w następujący sposób
 - Rozpocznij od kopii grafu \mathbf{G} , $\mathbf{G}_m = \mathbf{G}$
 - Dla każdej krawędzi w \mathbf{G}_m wylosuj liczbę z przedziału $[0,1]$, jeżeli wynik jest większy niż p usuń krawędź z grafu \mathbf{G}_m
 - $G_m(N, V_m)$, $V_m \subseteq V$
- Prowadząc eksperymenty obliczenia, np. wybór węzłów początkowych, przeprowadzamy na grafie \mathbf{G} , natomiast propagacja następuje zgodnie ze wskazaniem zwrotów krawędzi na grafach $\mathbf{G}_1, \dots, \mathbf{G}_m$ już bez uwzględniania p



Wyzwania w procesach rozprzestrzeniania



Modelowanie

- Istniejące modele
- Modyfikacja istniejących modeli
- Nowe modele bazujące na obserwacjach pochodzących z danych rzeczywistych (data-driven)



Dane

- Syntetyczne (generated data)
- Dane rzeczywiste
 - Ankiety
 - Obserwacje
 - Serwisy społecznościowe
 - Zbieranie danych (Erlandsson F., Bródka P., Boldt M., Johnson H. (2017). **Do we really need to catch them all? A new User-guided Social Media Crawling method.** Entropy, 19(12), 686.)
 - Kupno danych n.p. Twitter
 - Publicznie dostępne zbiory danych z procesami rozprzestrzeniania (Jankowski, J., Michalski, R., Bródka, P. (2017). **A multilayer network dataset of interaction and influence spreading in a virtual world.** Scientific Data, 4, Article number: 170144)

Badania

Trzy podejścia

1. Dane syntetyczne i symulacje
2. Dane rzeczywiste i symulacje
3. Obserwacja i próba zrozumienia rzeczywistych procesów w rzeczywistych danych



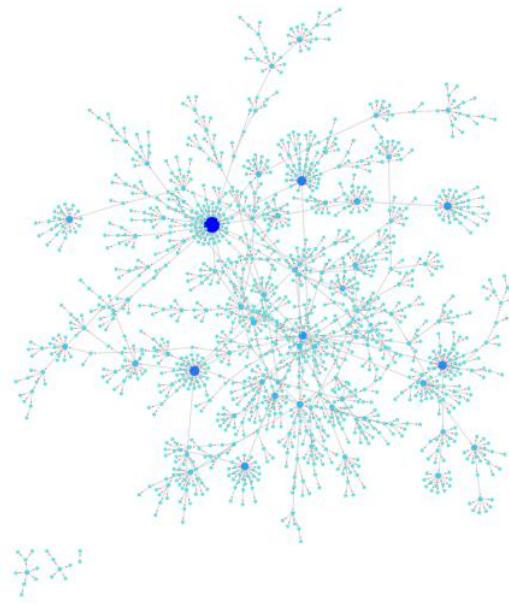
A Picture is Worth a Thousand Words



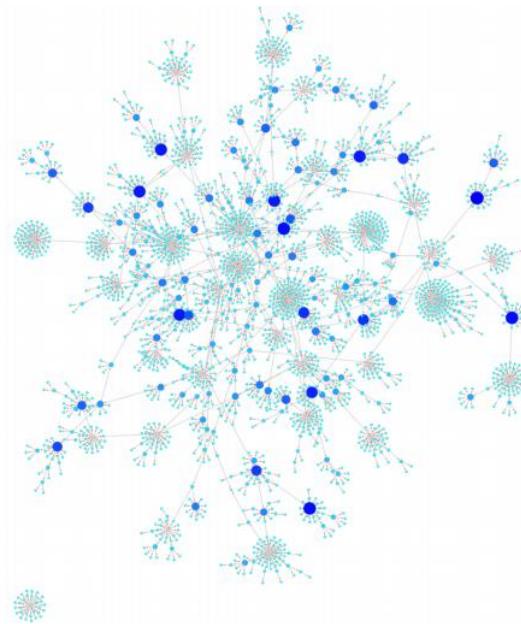
Jankowski J., Bródka P., Humari J.: **A Picture is Worth a Thousand Words: An Empirical Study on the Influence of Content Visibility on Diffusion Processes within a Virtual World.** Behaviour & Information Technology, Vol 35, - Issue 11, 2016, pp 926-945

A Picture is Worth a Thousand Words

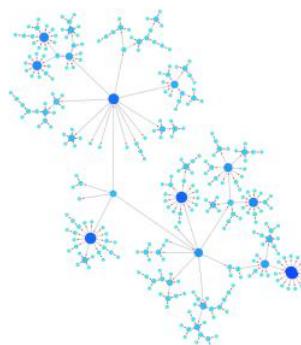
C1



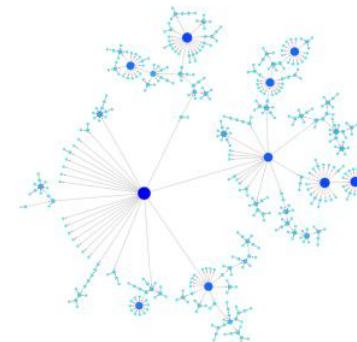
C2



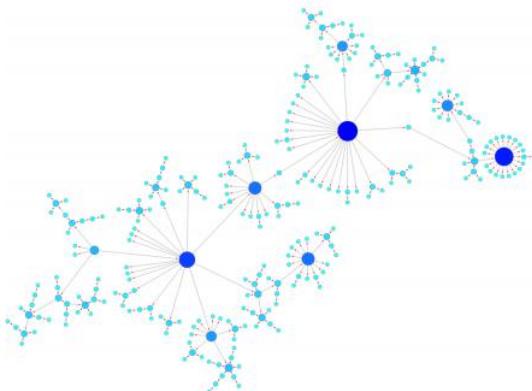
C3



C4



C5



A Picture is Worth a Thousand Words

| Id | Content type | Incentivized | Quality | Mechanics |
|----|---|--------------|---------|-----------------|
| C1 | Occasional avatar related to the special Halloween event | No | Premium | Low resistance |
| C2 | Occasional avatar related to the special Halloween event | Yes | Premium | Low resistance |
| C3 | Winter avatar adjusted to winter theme and seasonal room | No | Basic | High resistance |
| C4 | Thematic avatar for special anniversary event | No | Premium | High resistance |
| C5 | User designed avatar with emotional appeal in a form of Guy Fawkes mask | No | Premium | High resistance |



A Picture is Worth a Thousand Words

Przebadano:

- Charakterystyki przekazujących
- Charakterystyki odbierających
- Charakterystyki przekazywanych obiektów/treści
- Charakterystyki całej sieci i poszczególnych warstw sieci

.... i okazało się, że jedną zmienną, która zawsze wpływa na przyjęcie treści i zaangażowanie, była możliwość jej wcześniejszego zobaczenia.

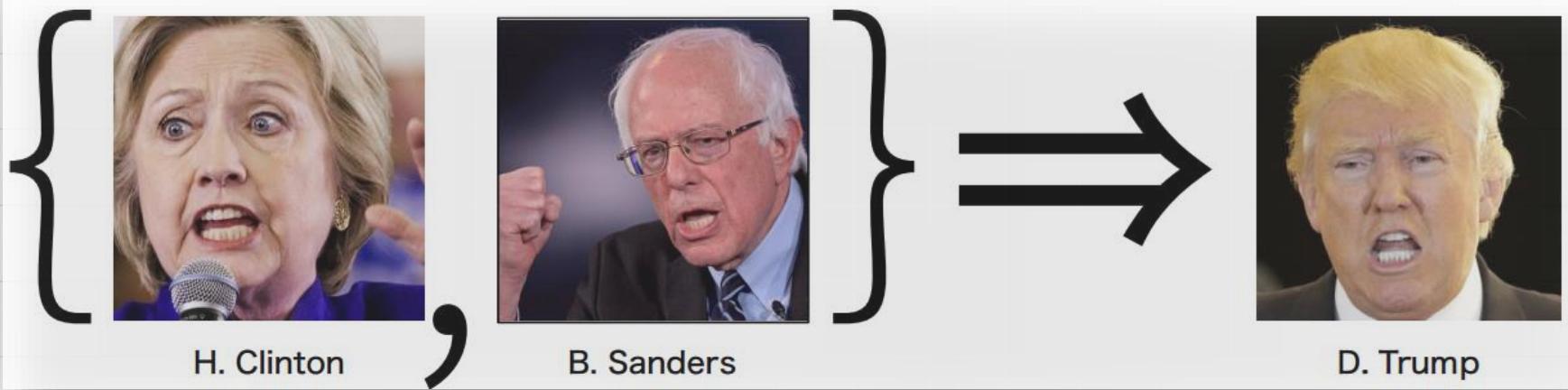


Wybór węzłów początkowych (Seed selection strategies)

Wybór optymalnego zbioru węzłów początkowych, aby zmaksymalizować zasięg procesu w ogólności lub w ustalonym czasie.

- Jak wybrać?
 - Losowo
 - Stopień węzła
 - Pośrednictwo
 - Bliskość
 - PageRank
 - **KShell**
 - **VoteRank**
 -
- Jak wiele wierzchołków wybrać (budżet)
- Balans pomiędzy czasem a zasięgiem

Wybór węzłów początkowych



Erlandsson F., Bródka P., Borg A., Johnson H.: **Finding Influential Users in Social Media Using Association Rule Learning.** Entropy 2016, 18(5)

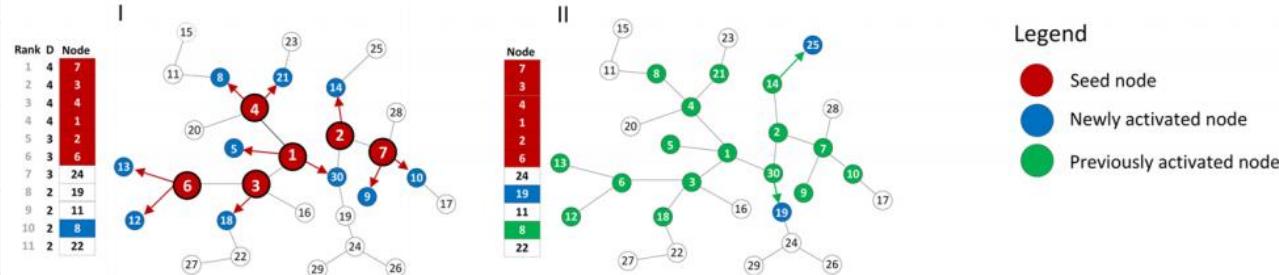


Dynamika i zasięg rozprzestrzeniania

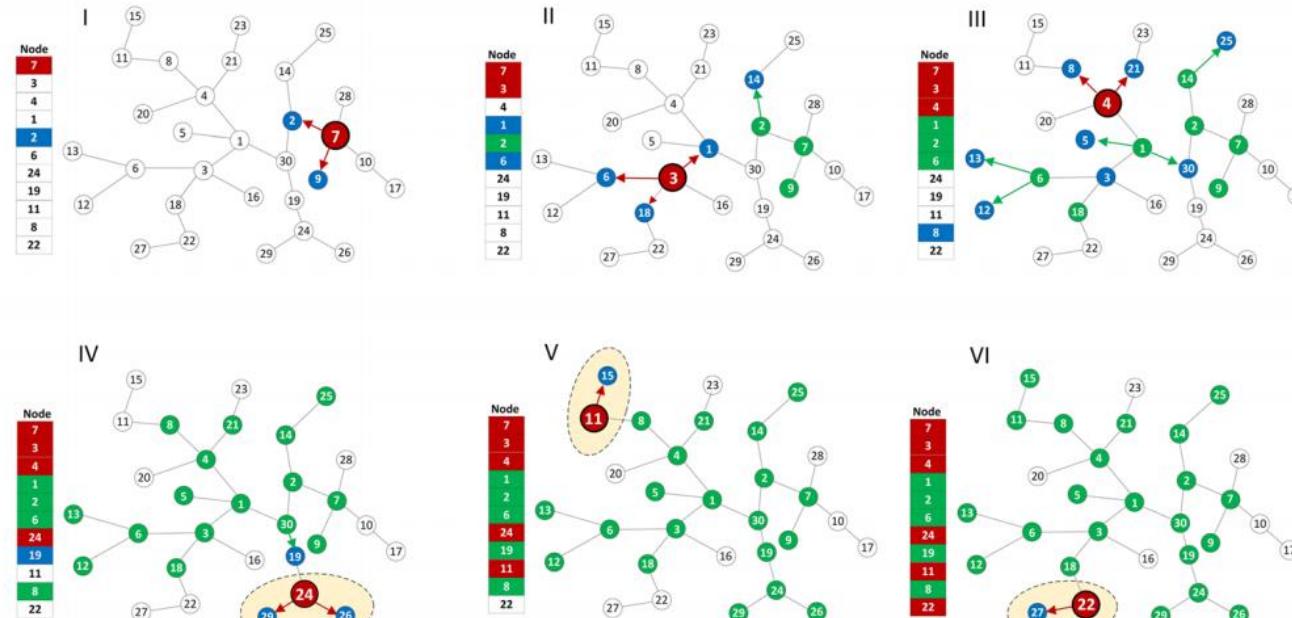
- Wybór węzłów początkowych
- Szczepienie węzłów
- Kwarantanna
- Topologia sieci
- Procesy współistniejące
- Sposób aktywacji węzłów początkowych

Sequential Seeding in Complex Networks

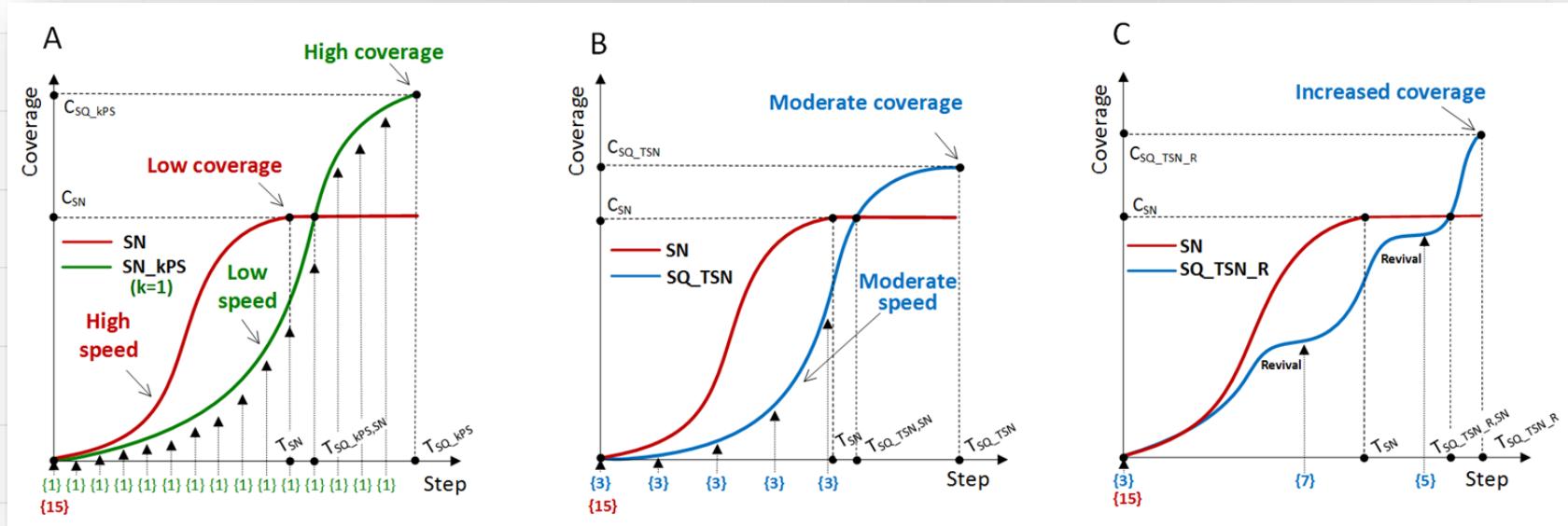
A. Single stage seeding



B. Sequential seeding (one seed per stage – SQ_1PS)



Sequential Seeding in Complex Networks



Jankowski J., Bródka P., Kazienko P., Szymanski B.K., Michalski R., Kajdanowicz T.:
Balancing Speed and Coverage by Sequential Seeding in Complex Networks. Scientific
Reports

Dla sieci wielowarstwowych

Koszt zmiany warstwy

Layer switching cost,
layer-crossing overhead

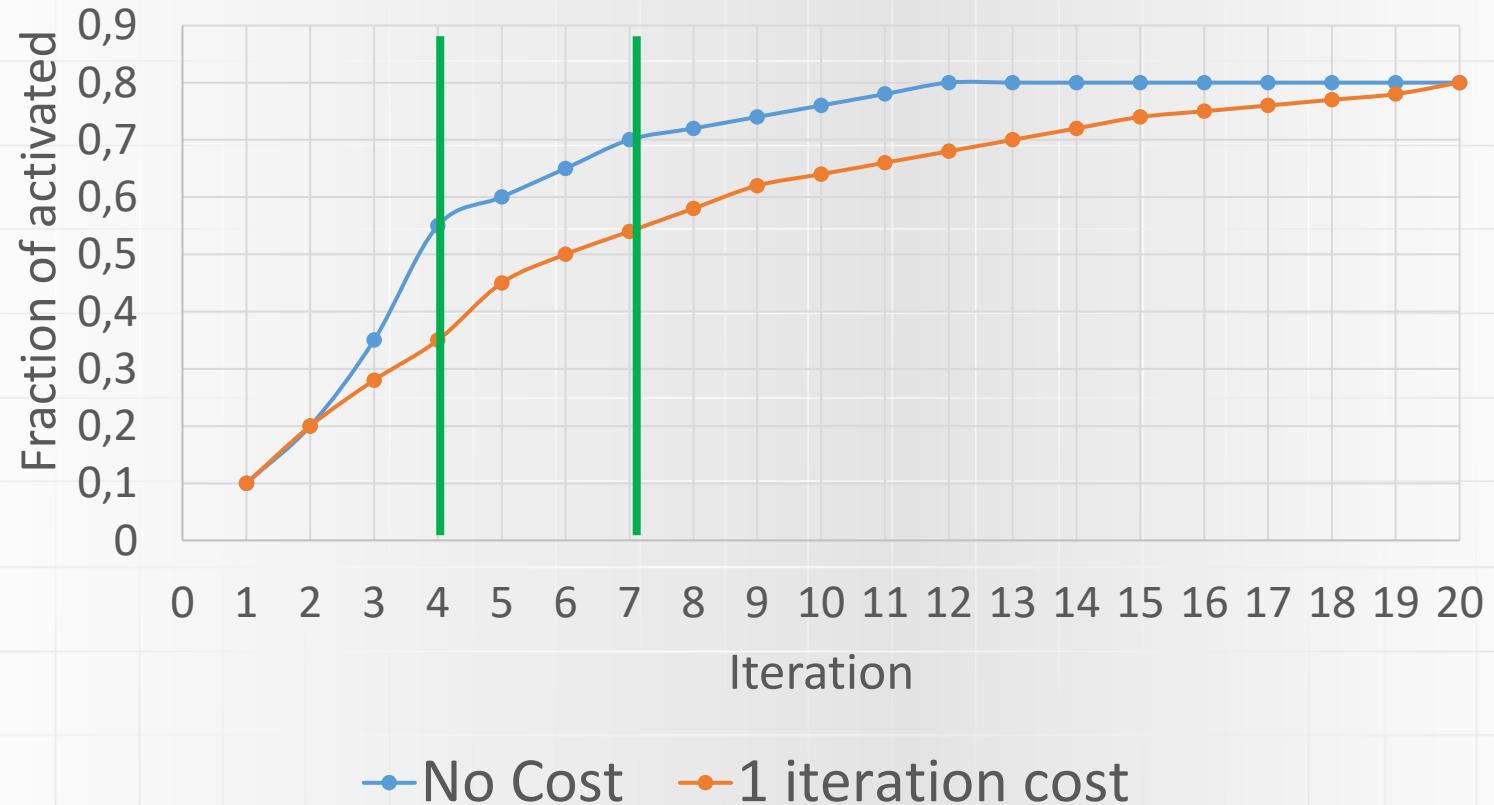
Koszt dla węzła, aby móc aktywować węzły na innych warstwach niż warstwa źródłowa.



Jak modelować taki koszt

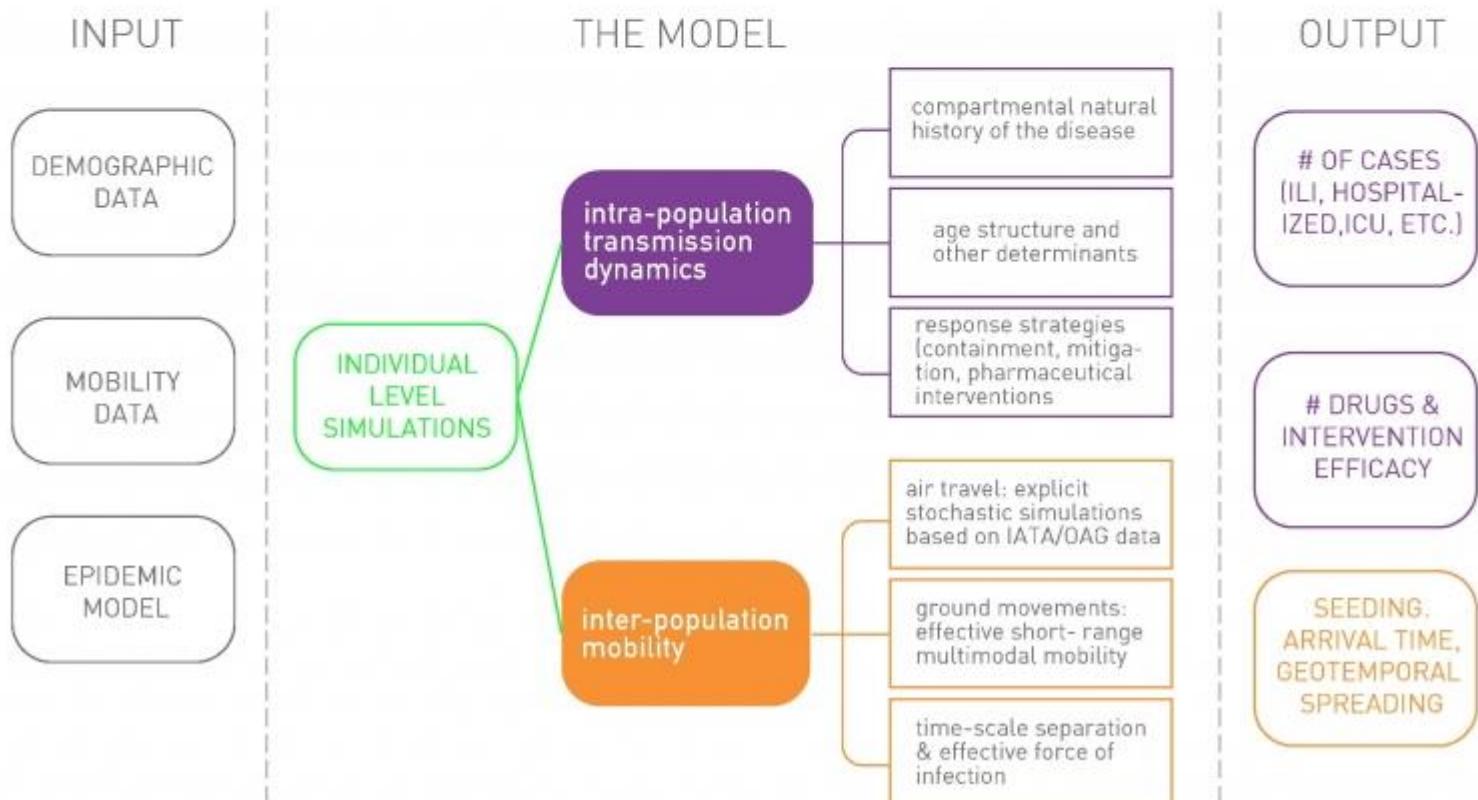
- Stały dla wszystkich warstw i wierzchołków
- Inny dla każdej warstwy ale taki sam dla każdego wierzchołka na danej warstwie
- Inny dla każdego wierzchołka i warstwy

Koszt zmiany warstwy

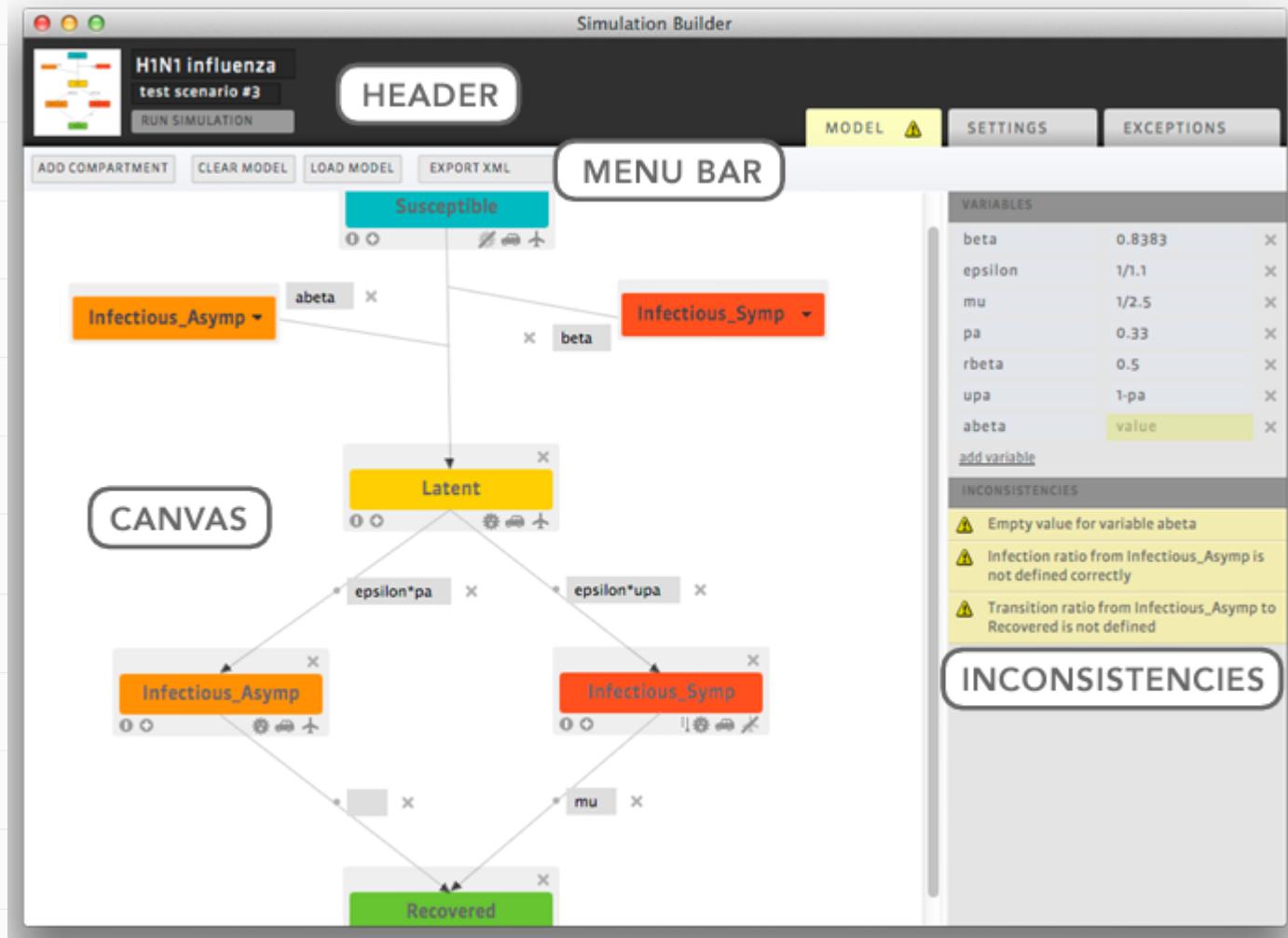




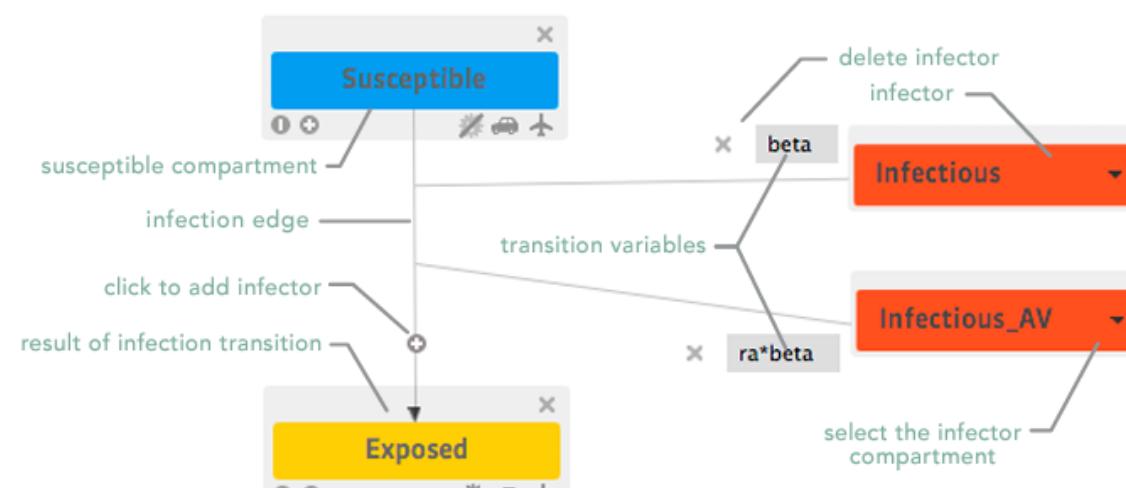
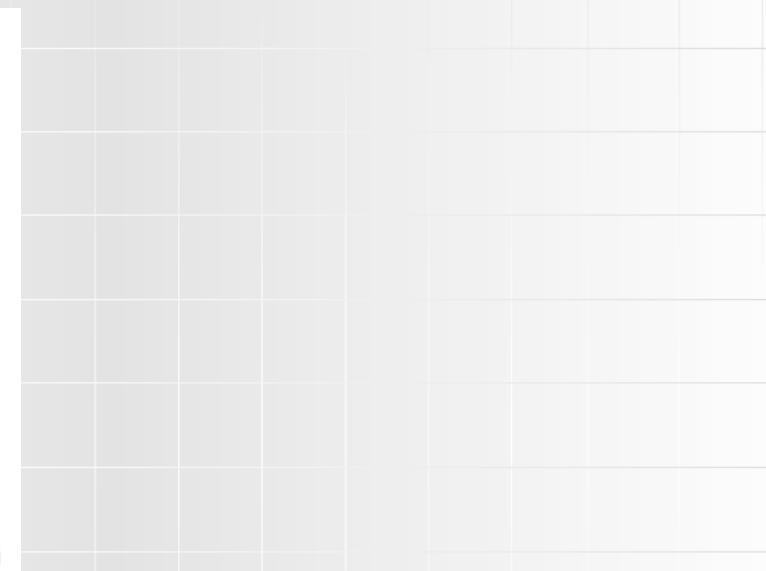
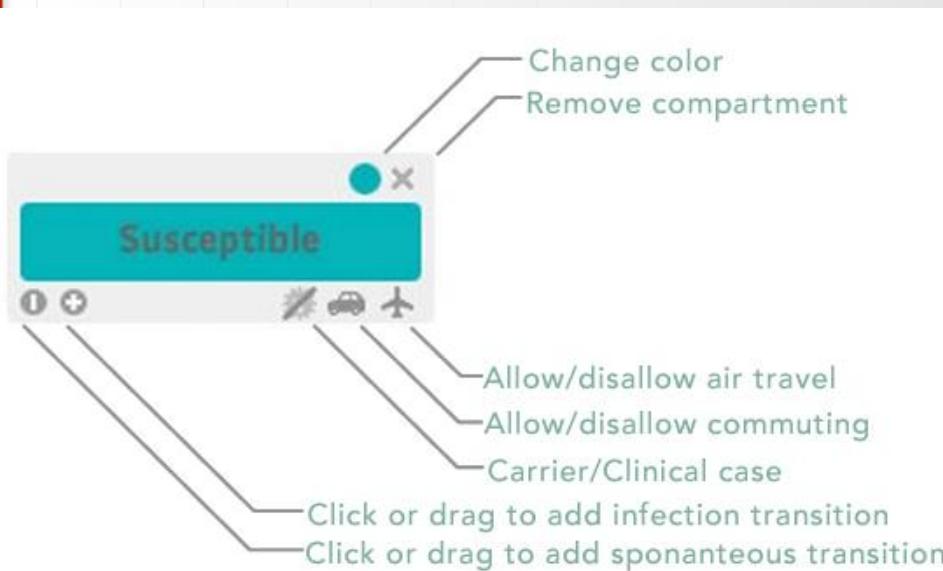
Przewidywanie epidemii



GLEAM The global epidemic and mobility model



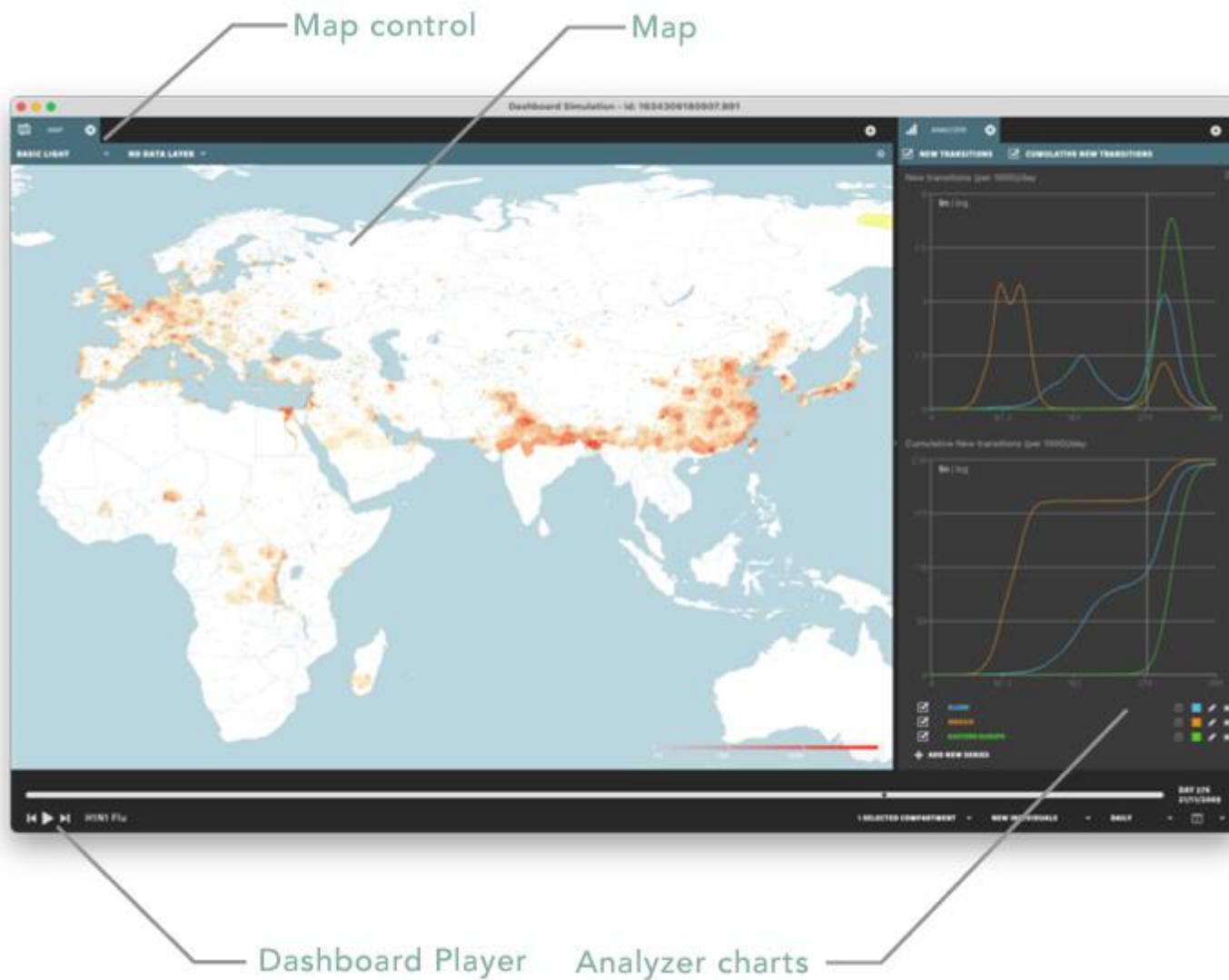
GLEAM The global epidemic and mobility model





G

del



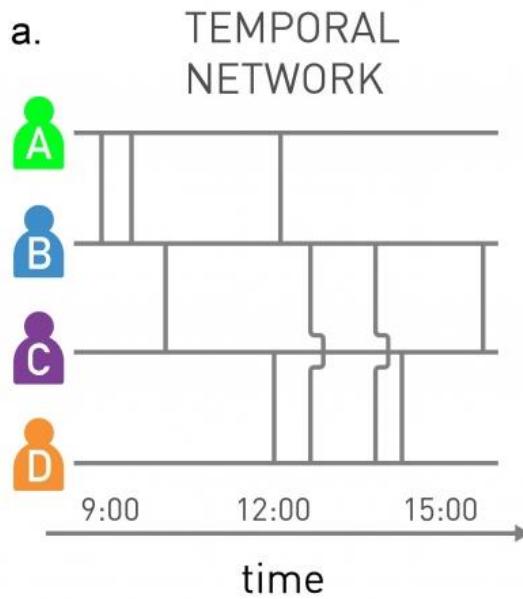
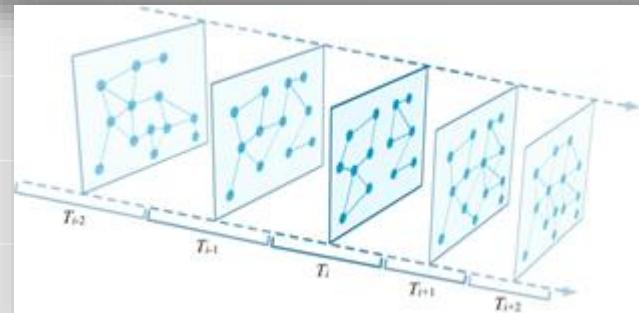


GLEAM The global epidemic and mobility model

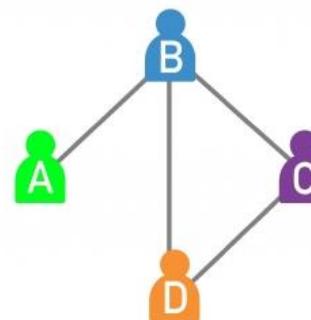
- Chinazzi, Matteo, et al. "The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (**COVID-19**) outbreak." *Science* 368.6489 (2020): 395-400.
 - <https://github.com/mobs-lab/COVID-19/blob/master/README.md>
- Zhang, Qian, et al. "Spread of **Zika** virus in the Americas." *Proceedings of the national academy of sciences* 114.22 (2017): E4334-E4343.
- Gomes, Marcelo FC, et al. "Assessing the international spreading risk associated with the 2014 West African **Ebola** outbreak." *PLoS currents* 6 (2014).
- Van den Broeck, Wouter, et al. "The GLEaMviz computational tool, a publicly available software to explore realistic epidemic spreading scenarios at the global scale." *BMC infectious diseases* 11.1 (2011): 1-14.
- Balcan, Duygu, et al. "Seasonal transmission potential and activity peaks of the new **influenza A (H1N1)**: a Monte Carlo likelihood analysis based on human mobility." *BMC medicine* 7.1 (2009): 1-12.
- Balcan, Duygu, et al. "Modeling the spatial spread of infectious diseases: The GLobal Epidemic and Mobility computational model." *Journal of computational science* 1.3 (2010): 132-145.

Inne

- Uwzględnienie czasu
- Wpływ zewnętrzny
- Współwystępujące procesy
- Niepełne dane



b. AGGREGATED NETWORK



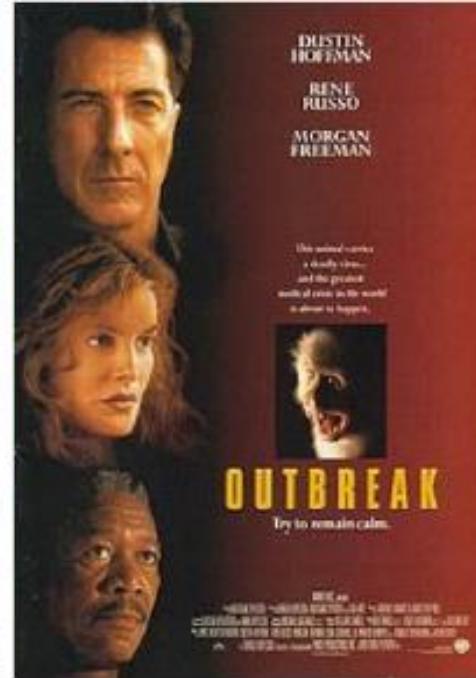


Badania

1. Sposób wyboru węzłów początkowych
2. Liczba węzłów początkowych
3. Sposób aktywacji węzłów początkowych
4. Wybór sieci
5. Wybór modelu propagacji
6. Określenie przestrzeni parametrów
7. Eksperymenty
8. Analiza
9. Wnioski



Wieczór kinowy



N SERIES

PANDEMIC

HOW TO PREVENT AN OUTBREAK

New 2020 PG13 1 Season AD

Watch Season 1 now

In this docuseries, meet the heroes on the front lines of the battle against influenza and learn about their efforts to stop the next global outbreak.

PLAY + MY LIST

Genres: Science & Nature Documentaries, Social & Cultural Documentaries, Science & Nature TV

This programme is: Cerebral





Pytania

?