

Symulacja automatów komórkowych cz. 2

Australia

Małgorzata Śliwińska

Dopuszczalność par stanów

W trakcie implementacji okazało się, że zbiór dopuszczalnych par stanów oraz funkcje przejścia wymagają nieznacznej poprawy. Obecnie prezentują się one następująco:

Q1\Q2	no_security_measures	infecting	self-protecting	protecting_others	organizing_protection
healthy	v	x	v	v	v
in_quarantine	x	x	v	v	x
infected	v	v	v	v	v
sick	v	x	v	v	x
infected_and_sick	v	v	v	v	x
in_hospital	x	v	v	v	x
recovered	v	x	v	v	v
dead	v	x	x	x	x

healthy -> in_quarantine: powrót z innego kraju, kontakt z zarażonym

healthy -> infected: zarażenie koronawirusem (niewykryte)

healthy -> sick: choroba, negatywny test na koronawirusa

healthy -> infected_and_sick: zarażenie koronawirusem oraz objawy (niewykryty wirus)

in_quarantine -> healthy: upływanie czasu kwarantanny, negatywny test na koronawirusa

in_quarantine -> sick: upływanie czasu kwarantanny, negatywny test na koronawirusa, inna choroba

in_quarantine -> in_hospital: zagrożenie życia

in_quarantine -> recovered: negatywny test na koronawirusa

in_quarantine -> sick: inna choroba

in_quarantine -> dead: śmierć

infected -> in_quarantine: wykrycie koronawirusa

infected -> infected_and_sick: groźne objawy

infected -> recovered: wyzdrowienie bez świadomości choroby

sick -> healthy: ustąpienie choroby

sick -> infected_and_sick: zarażenie koronawirusem
sick -> in_hospital: zagrożenie życia
sick -> dead: śmierć z przyczyn choroby
infected_and_sick -> in_quarantine: pozytywny test na koronawirusa
infected_and_sick -> in_hospital: groźne objawy
infected_and_sick -> recovered: negatywny test na koronawirusa
infected_and_sick -> dead: śmierć z przyczyn koronawirusa
in_hospital -> recovered: negatywny test na koronawirusa
in_hospital -> dead: śmierć z przyczyn koronawirusa
recovered -> infected: ponowne zarażenie koronawirusem
recovered-> sick: choroba
recovered -> infected: ponowne zarażenie koronawirusem
recovered-> infected_and_sick: objawy koronawirusa

Implementacja

W celu symulacji rozchodzenia epidemii stworzono kod w Matlabie, który został dołączony do sprawozdania.

Przyznano indeksy kolejnym stanom, by ułatwić implementację. Stan *sick* to choroba inna niż koronawirus. Osoba *in quarantine* może być chora na koronawirusa i skierowana na kwarantannę lub być na niej z innych powodów. Komórka *infected* to osoba nieświadomie zarażona koronawirusem, funkcjonująca normalnie w społeczeństwie i zarażająca. Osoba *infected and sick* jest zarażona koronawirusem i ma groźne objawy. Dla takiej osoby prawdopodobne jest wykrycie koronawirusa (ponieważ zgłosi się do lekarza).

Na samym początku zainicjalizowano stan kraju w pierwszym dniu epidemii. Tego dnia w Australii wykryto 4 zakażenia: jedno w Melbourne i trzy w Sydney. Umieszczono je na wykresie w miejscach odpowiadającym tym miastom (stan *in hospital*, tak jak wynikało z informacji źródłowych). Zakładam, że kilka osób zaraziło się od nich i przeszło w stan *infected*. Oczywiście liczbę komórek wprowadzonych w stan *infected* oraz *in hospital* dobrano proporcjonalnie do wymiarów wykresu. Następnie stworzono macierz prawdopodobieństw przejścia między odpowiednimi stanami Q1, czyli stopniami zarażenia komórki, w zależności od ilości testów. Obowiązuje ona przy zajęciu odpowiednich innych warunków, na przykład prawdopodobieństwo zarażenia jest wysokie, ponieważ dzięki dalszym obliczeniom będzie ono uruchomione tylko wtedy, kiedy któryś z sąsiadów jest chory. Przeprowadzenie testów znacząco zwiększa szanse przejścia na kwarantannę, ponieważ bardziej prawdopodobne jest wykrycie koronawirusa. Testy mają kluczowe znaczenie we wprowadzeniu odpowiednio intensywnej izolacji chorych, co wpływa na szybkość rozprzestrzeniania choroby.

Stworzono licznik, który liczy dni spędzone na kwarantannie, w szpitalu, kolejne dni infekcji. Odpowiednie liczniki inkrementowano w każdym cyklu. Wprowadzono zmienne określające jakość polityki informacyjnej, ilość ograniczeń i ilość przeprowadzonych testów (w skali 1-10). Dla każdej komórki wyliczono stan ze zbioru Q2 w zależności od jej stanu Q1 oraz polityki informacyjnej i ograniczeń. Im lepsza polityka informacyjna i ograniczenia, tym większe prawdopodobieństwo stanów *self-protecting*, *protecting others*, *organising protection*. Następnie sprawdzono, ilu z sąsiadów komórki jest w danym stanie - zarówno dla zbioru Q1, jak i zbioru Q2. Użyto do tego sąsiedztwa Moore'a (maksymalnie 8 sąsiadów).

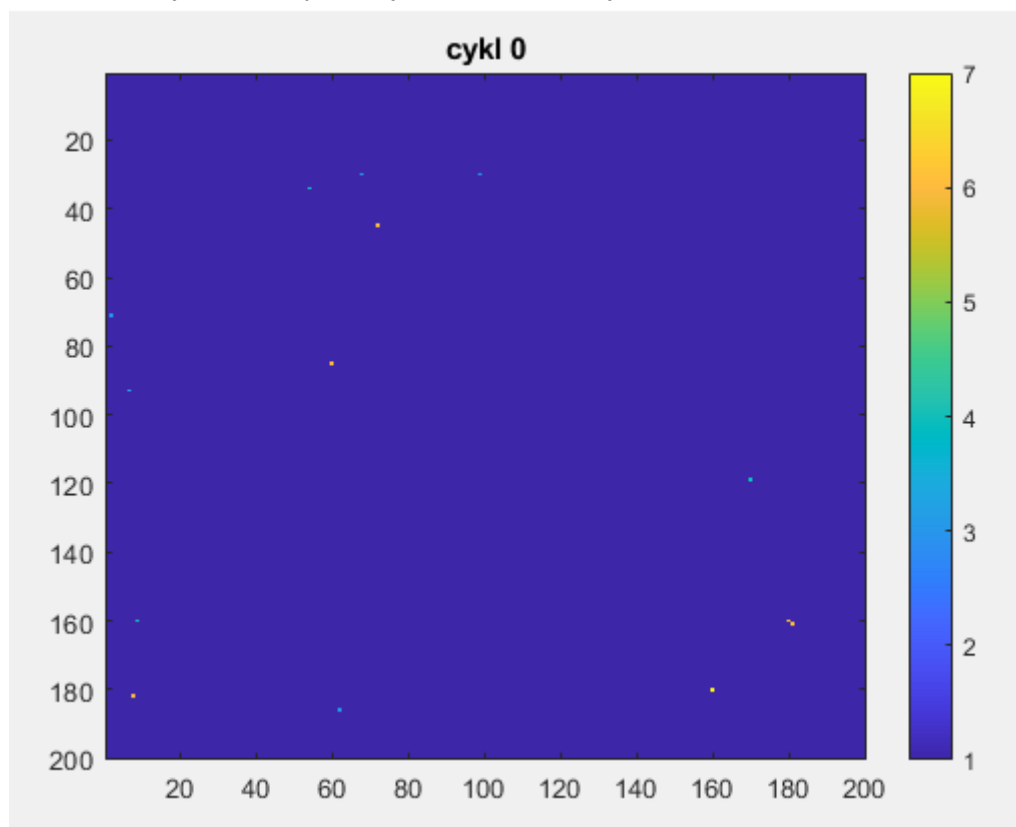
Wyliczanie stanu następnego rozpoczęto od sprawdzenia stanu liczników - czy osoba była odpowiednią ilość dni na kwarantannie / w szpitalu / podczas infekcji. Liczba określająca

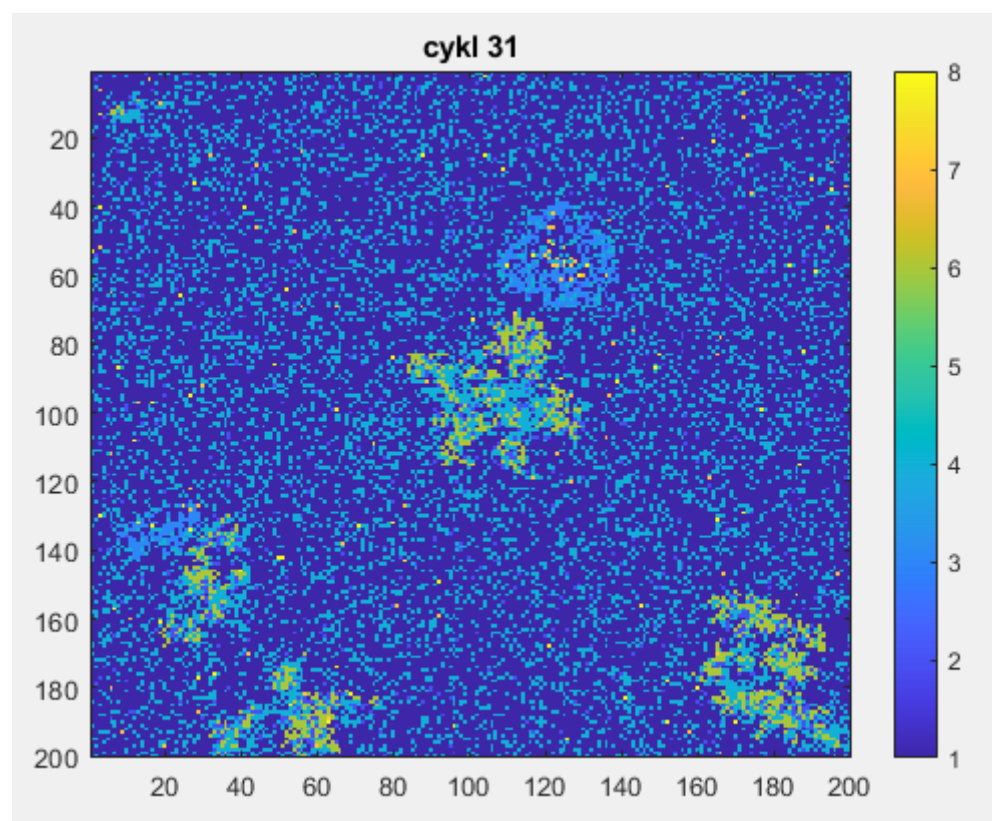
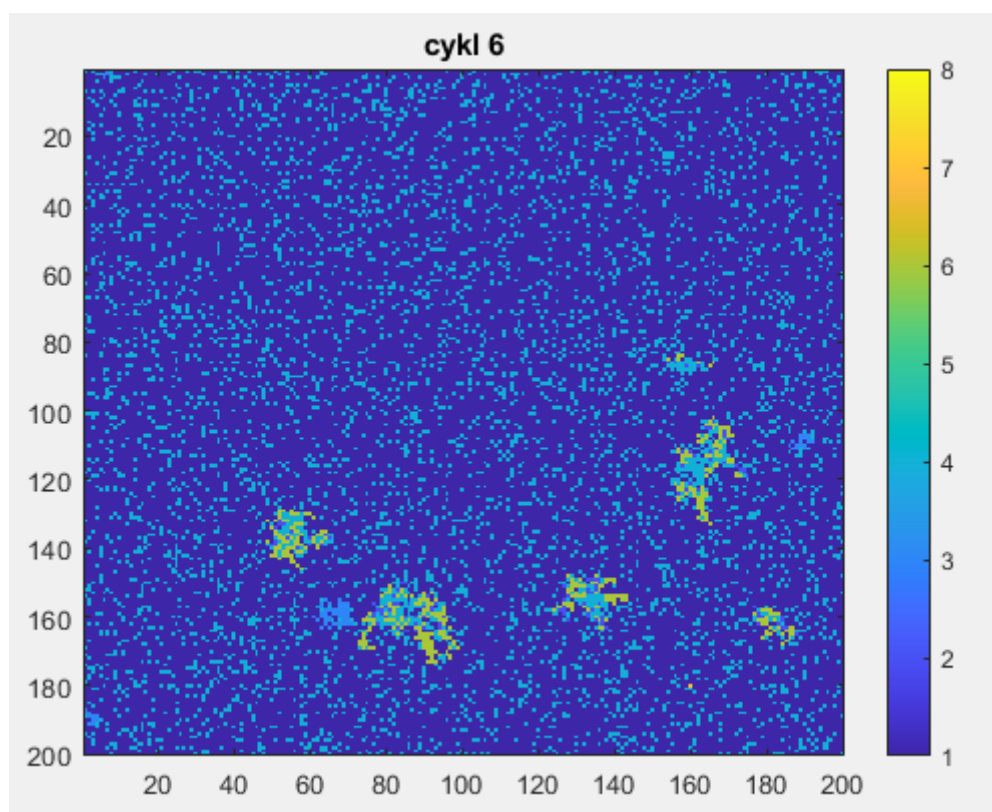
kwarantannę jest stała, a długość choroby czy pobytu w szpitalu przyjmuje różne wartości z odpowiednich przedziałów. Następnie zadbane o to, by koronawirusem można było się zarazić jedynie od sąsiadów (jeśli żaden sąsiad nie jest chory, to prawdopodobieństwo zachorowania jest zerowe, a im więcej sąsiadów jest chorych, tym większe prawdopodobieństwo). Dokonano tego przez pomnożenie odpowiednich elementów macierzy określającej prawdopodobieństwa przejść między stanami oraz macierzy określającej stan Q1. Wprowadzono możliwość wyzdrowienia po podanym powyżej czasie. Stan Q2 ma znaczący wpływ na prawdopodobieństwo zarażenia. *No security measures* zwiększa szansę zarażenia, a *self-protecting* zmniejsza. Stan Q2 sąsiadów również ma znaczący wpływ na stan komórki. Stan *no security measures* zwiększa szansę zarażenia się od danej osoby, tak samo jak stan *infecting*, natomiast stan *protecting others* zmniejsza.

Wyniki

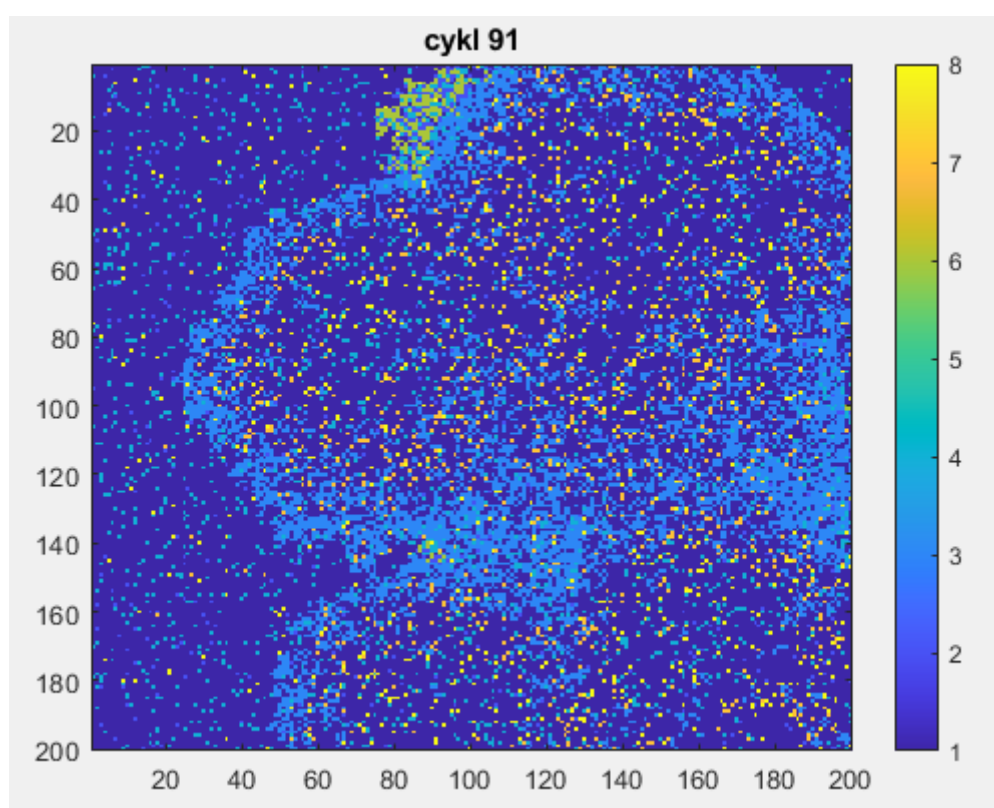
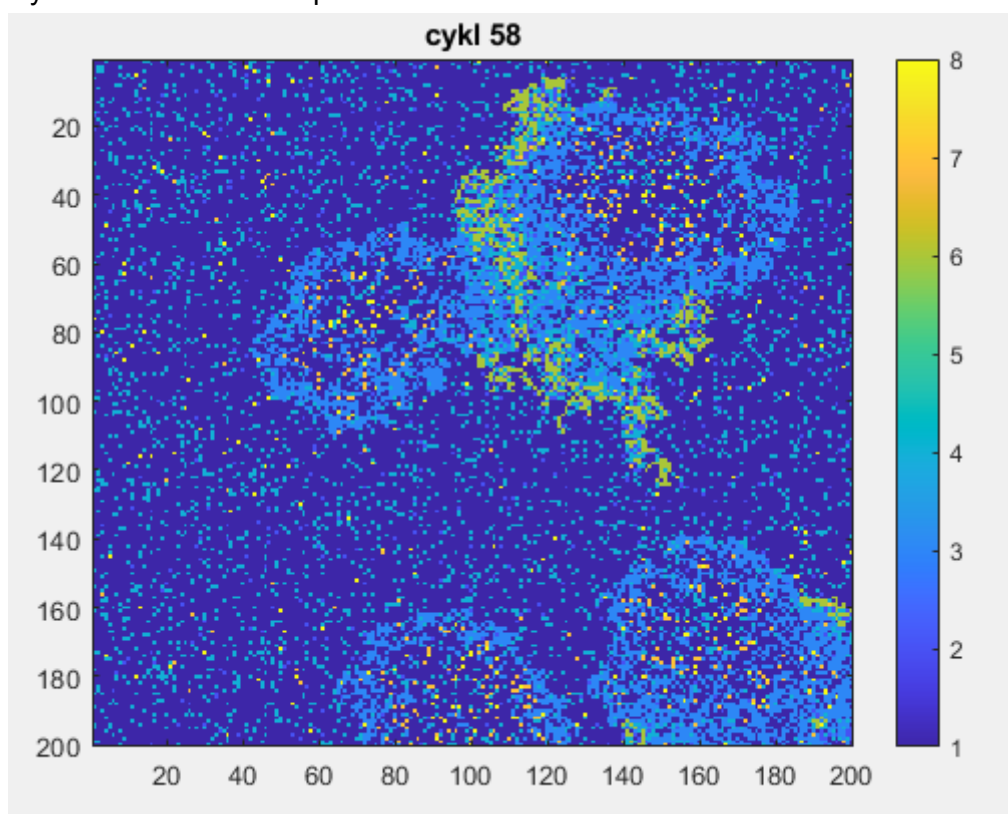
Otrzymano następujące wyniki:

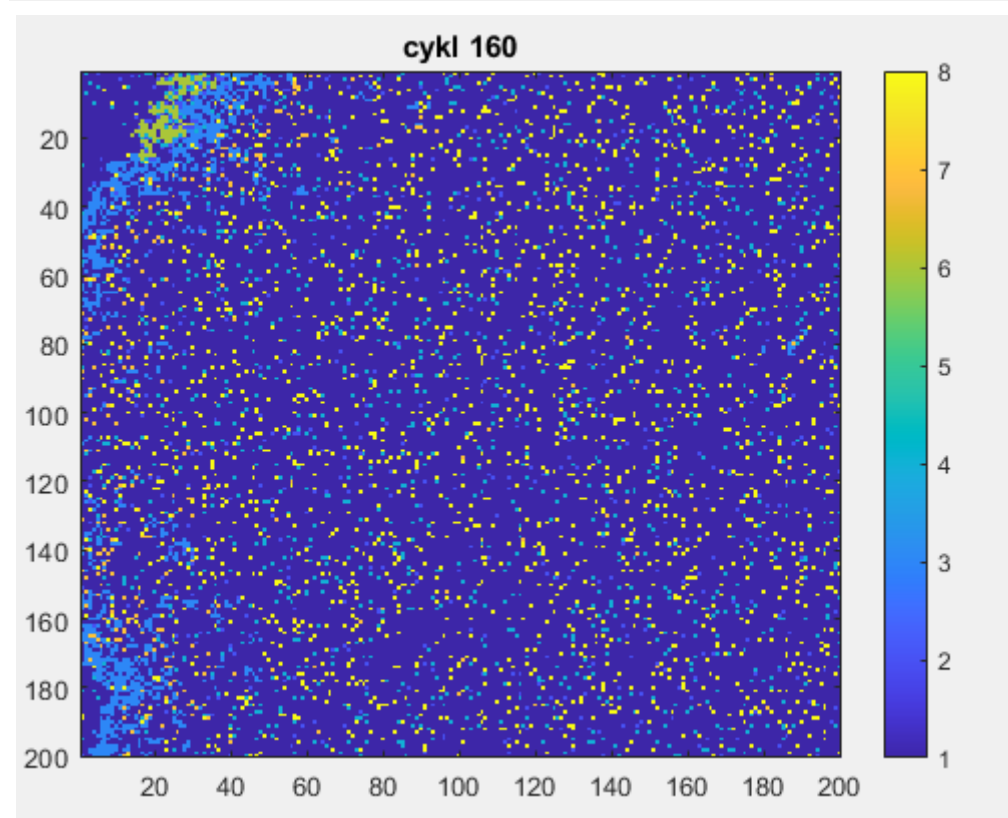
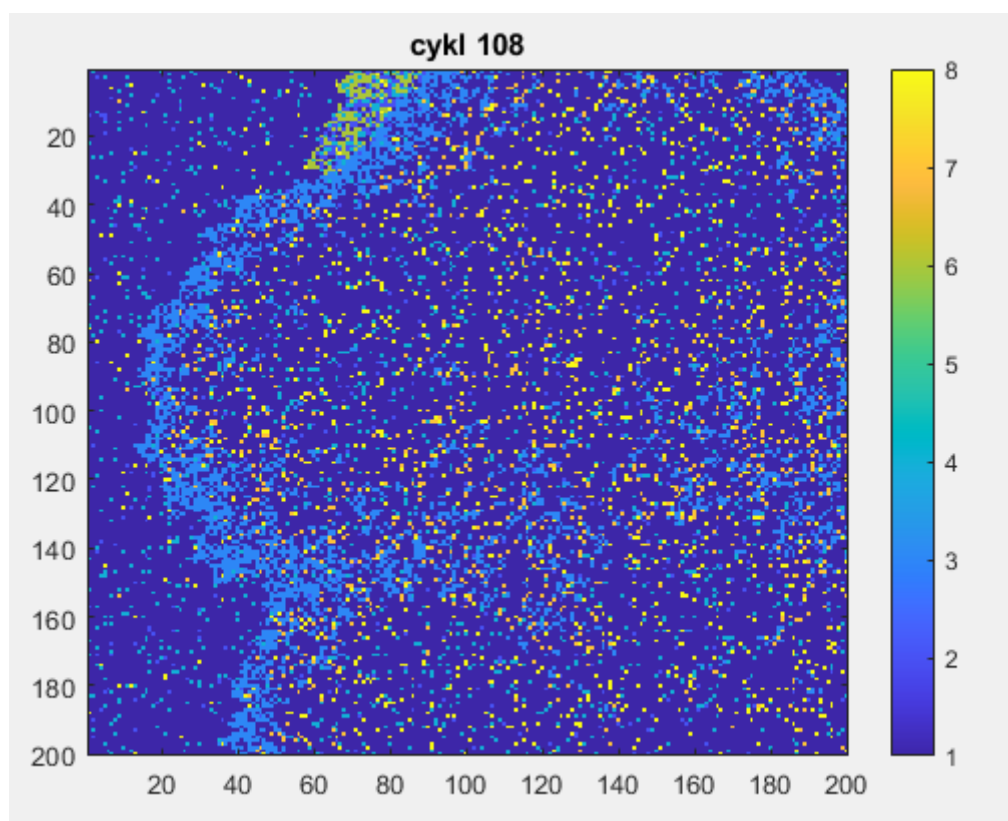
Stan początkowy. Zarażenia w Sydney i Melbourne, losowe niewykryte zarażenia w innych miejscach. Niektórzy ludzie są chorzy na inne choroby niż koronawirus:

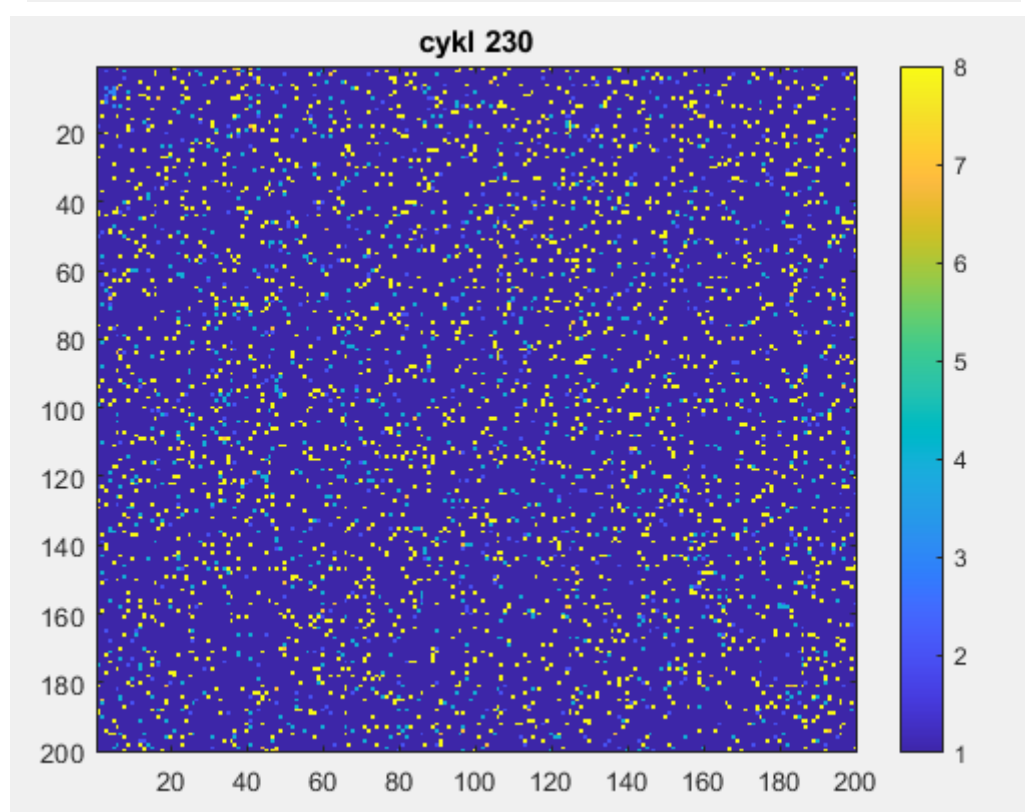
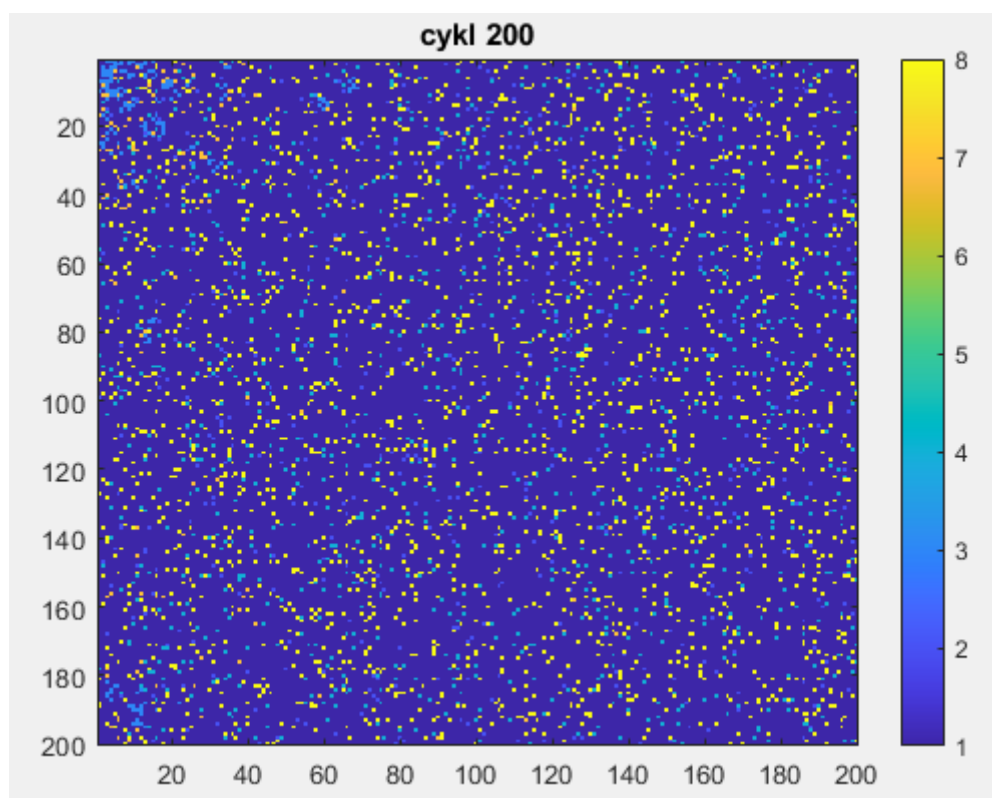


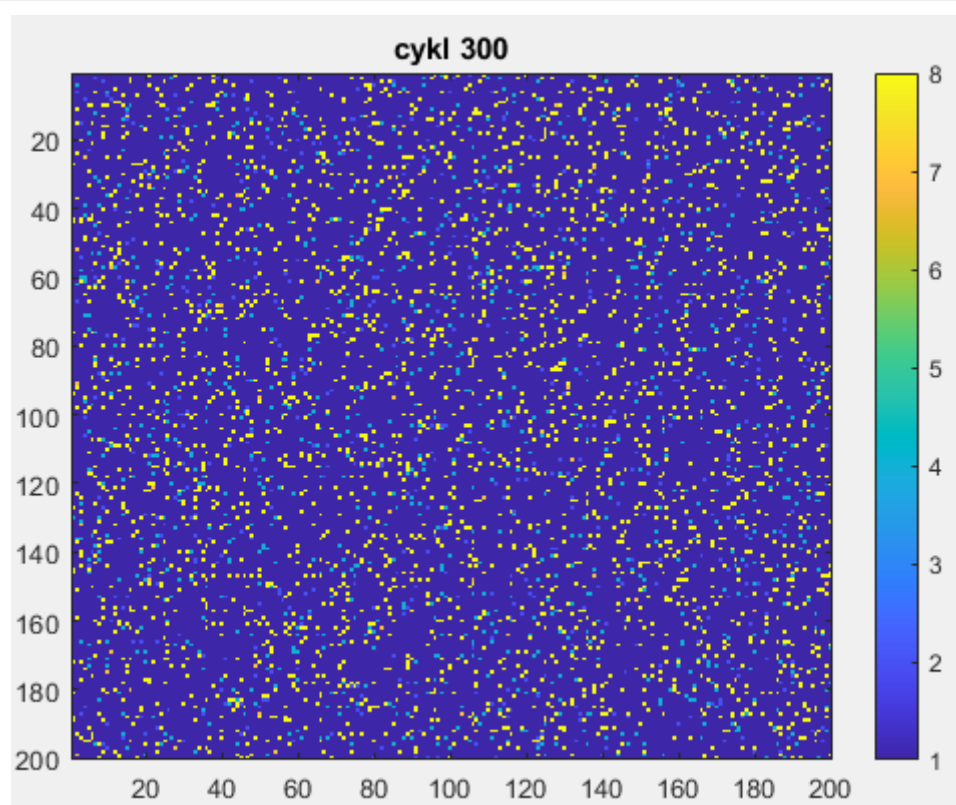
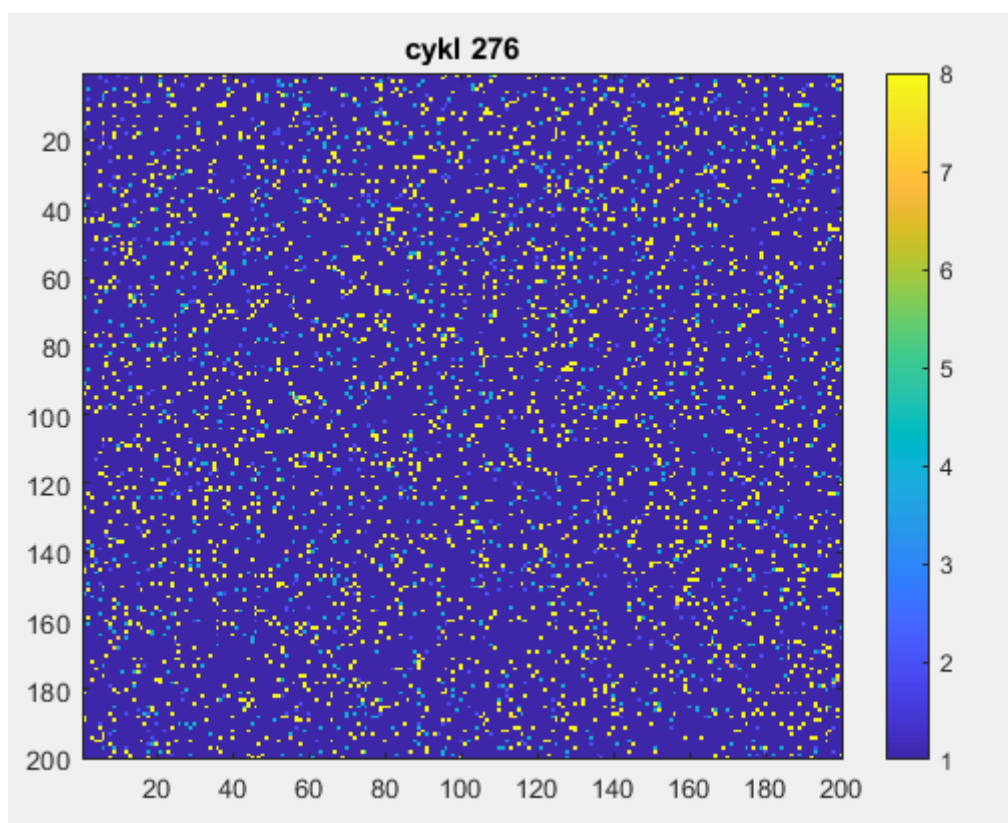


Koncentryczne rozchodzenie epidemii:









Wnioski

Przeprowadzono symulację do 300. dnia epidemii. Dniu 30. września odpowiada około 230. iteracja. Jak widać, pod koniec symulacji jest relatywnie mało osób w stanie *infected* oraz *infected and sick*, czyli niewiele jest niewykrytych zakażeń koronawirusem, tych najbardziej niebezpiecznych. Można powiedzieć, że sytuację udało się opanować. Liczba ofiar śmiertelnych pokrywa się z szacunkami. Znacząca ilość osób pozostała w szpitalu, ale w szpitalu jest o wiele mniejsza szansa rozprzestrzenienia wirusa niż w przypadku swobodnego poruszania się. Dużo osób zostało objętych kwarantanną, szczególnie w pierwszej fazie rozwoju wirusa, co było spowodowane dużą ilością testów i pomogło zatrzymać bardzo gwałtowne rozprzestrzenienie wirusa.