

علم شبکه

شبیه سازی پروژه اول

۴۰۰۱۰۰۹۵

۴۰۰۱۰۰۳۳۸

ستیا بیکدلی

فاطمه عباسیان

ساسان ساربیشگی

مفهوم site procalation

در زمینه گسترش بیماری شامل مدل سازی افراد در یک جمعیت به عنوان "site" یا مکان در یک شبکه است. این سایت‌ها می‌توانند مستعد ابتلا به یک بیماری(occupied) یا غیر مستعد(unoccupied) باشند. گسترش بیماری در امتداد "باند"‌ها یا اتصالات شبکه رخ می‌دهد که نشان دهنده تماس بین افراد است. تمرکز اصلی در این مدل بر روی بخشی از جمعیتی است که مستعد ابتلا به این بیماری هستند.

این مدل از یک شبکه جهان کوچک استفاده می‌کند. در آن، کسری p معینی از جمعیت مستعد ابتلا به این بیماری در نظر گرفته می‌شود. اگر شبکه به آستانه نفوذ برسد یا از آن فراتر رود، یک اپیدمی رخ می‌دهد، نقطه بحرانی که در آن اندازه بزرگترین خوش افراد مستعد قابل مقایسه با اندازه کل جمعیت می‌شود. همچنین در آخر نویسندهان راه حل‌های دقیقی را برای موقعیت آستانه نفوذ(procalation) در موارد مختلف استخراج کرده و نتایج تحلیلی خود را توسط شبیه‌سازی‌های عددی تأیید می‌کنند. این شبیه سازی‌ها به درک اینکه چگونه تغییرات در ساختار شبکه و کسر p بر پتانسیل یک اپیدمی تأثیر می‌گذارد کمک می‌کند.

استفاده از نفوذ سایت در این زمینه، بینش‌های ارزشمندی را در مورد پویایی انتقال بیماری در شبکه‌های اجتماعی واقعی ارائه می‌دهد. همچنین نشان می‌دهد که نه تنها ویژگی‌های بیماری، بلکه توپولوژی شبکه اجتماعی زیربنایی نیز نقش مهمی در گسترش اپیدمی‌ها دارد.

مفهوم نفوذ باند (bond procolation)

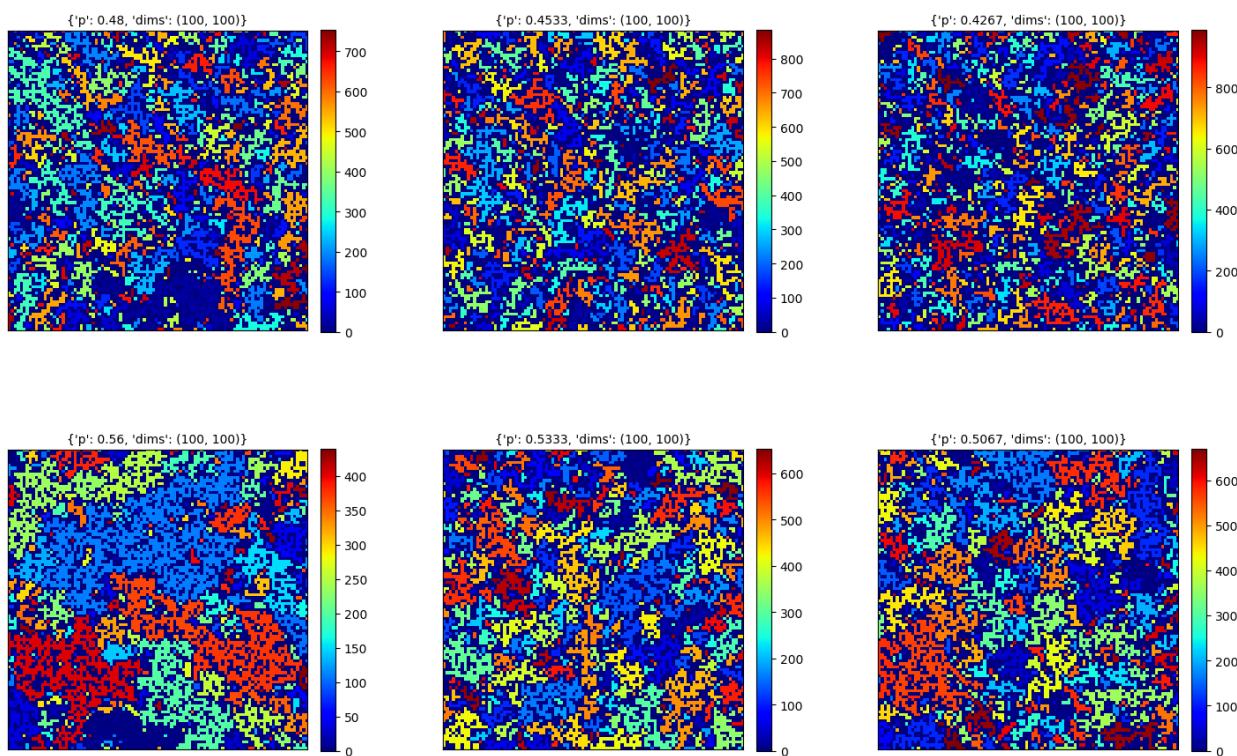
در نفوذ باند، تمرکز بر روی "پیوندها" یا یال‌ها بین گره‌ها یا سایت‌ها در یک شبکه است. این پیوندها نشان دهنده ارتباطات یا روابطی است که از طریق آنها یک فرآیند (مانند یک بیماری) می‌تواند منتشر شود. در این مدل درست مانند نفوذ سایت، ساختار شبکه نیز بسیار مهم است. با این حال، در نفوذ باند، این اتصالات بین گره‌ها به جای خود گره‌ها هستند که تمرکز اصلی مدل است.

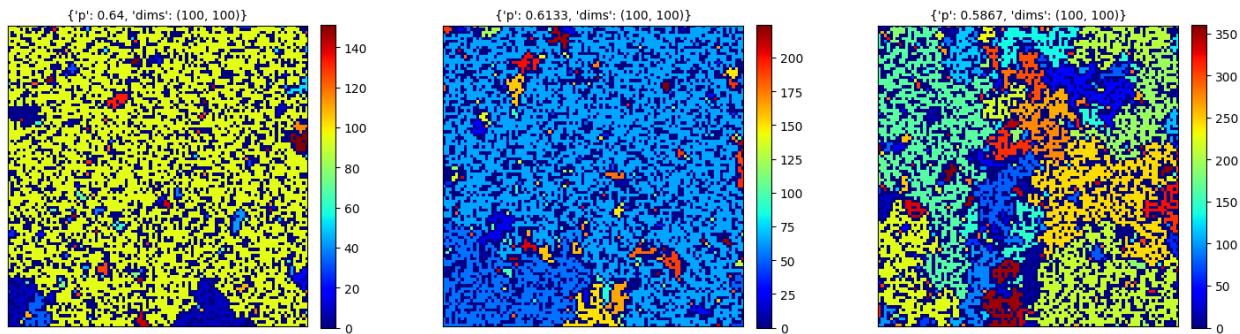
هر پیوند در شبکه احتمال فعال یا اشغال(occupied) بودن p دارد. این احتمال برسی می‌کند که آیا اتصال بین دو گره می‌تواند فرآیند را مانند عفونت منتقل کند یا خیر. با فعال شدن تصادفی باندها، خوش‌هایی از گره‌های متصل شده شروع به تشکیل می‌کنند. این خوش‌هایی را در داخل شبکه نشان می‌دهند که از طریق آنها یک فرآیند (مانند یک سرایت) می‌تواند بدون وقفه حرکت کند.

آستانه نفوذ در نفوذ پیوند یک مقدار بحرانی p است که برای مقادیر بالاتر از آن یک خوشه غولپیکر به هم متصل می‌شود. این مولفه غولپیکر بخش قابل توجهی از شبکه را در بر می‌گیرد و امکان یک فرآیند گسترده مانند یک بیماری همه‌گیر را فراهم می‌کند. آستانه نفوذ در واقع یک نقطه گذار فاز را نشان می‌دهد. در زیر این آستانه، شبکه از خوشه‌های کوچک و جدا شده تشکیل شده است. در بالای آستانه، یک مولفه متصل به هم در مقیاس بزرگ ظاهر می‌شود که نشان‌دهنده تغییر چشمگیر در رفتار شبکه و توانایی آن برای انتشار یک فرآیند است.

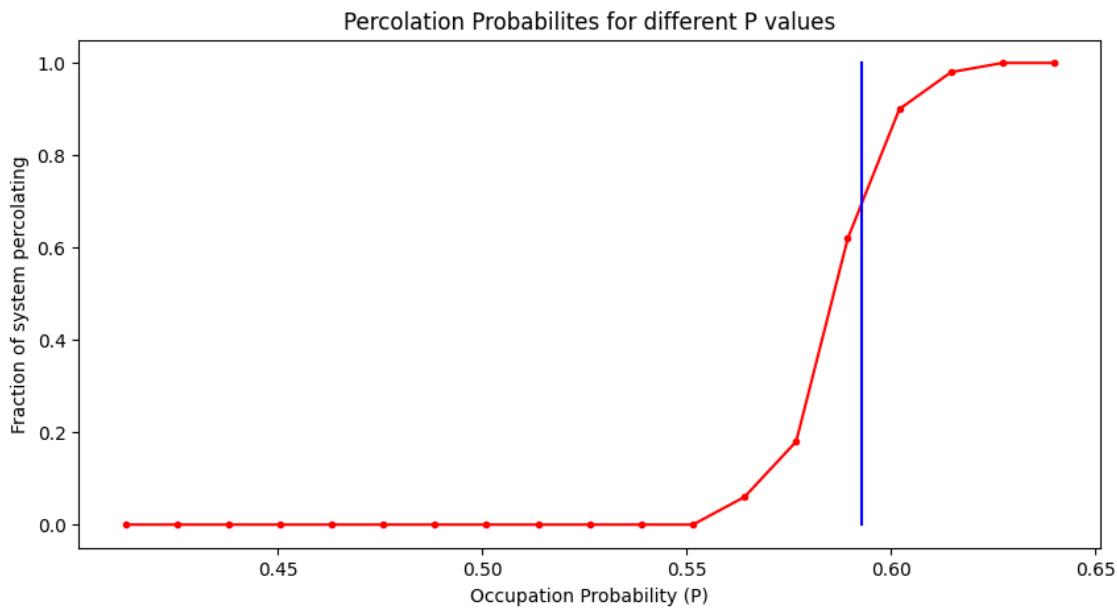
شبیه‌سازی

برای تحلیل عددی شبکه، مقادیر مختلف p را آزمایش می‌کنیم. همچنین از آنجایی که توزیع اندازه خوشه‌ها در این مدل از اهمیت بالای برخوردار است، تغییر اندازه خوشه‌ها و مولفه‌های متصل به هم را تجزیه و تحلیل می‌کنیم. توسط داده‌های به دست آمده شبکه را شبیه‌سازی می‌کنیم. به این صورت شبیه‌سازی می‌کنیم که در ابتدا هر سلول یک احتمال اشغال دارد. سپس با گذشت از هر سلول و تولید یک عدد رندوم بررسی می‌کنیم، در حالتی که سلول اشغال شود به آن عدد یک اختصاص می‌دهیم. سپس در هر مرحله که حد احتمال اشغال را افزایش می‌دهیم اندازه خوشه‌های شبکه را بررسی می‌کنیم. سپس هر خوشه را با یک مشخص می‌کنیم تا بتوان آن‌ها را از یک دیگر تشخیص داد.

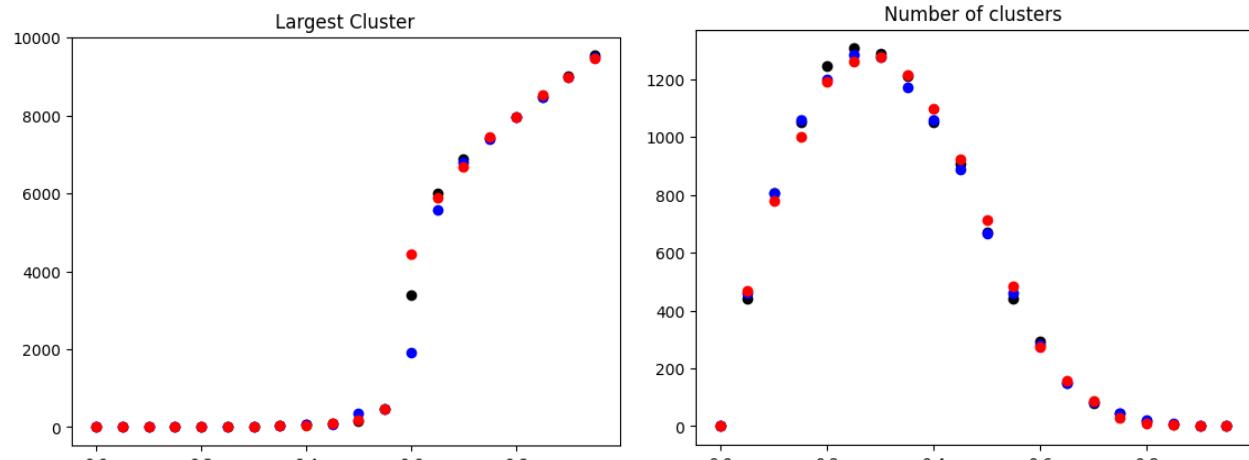




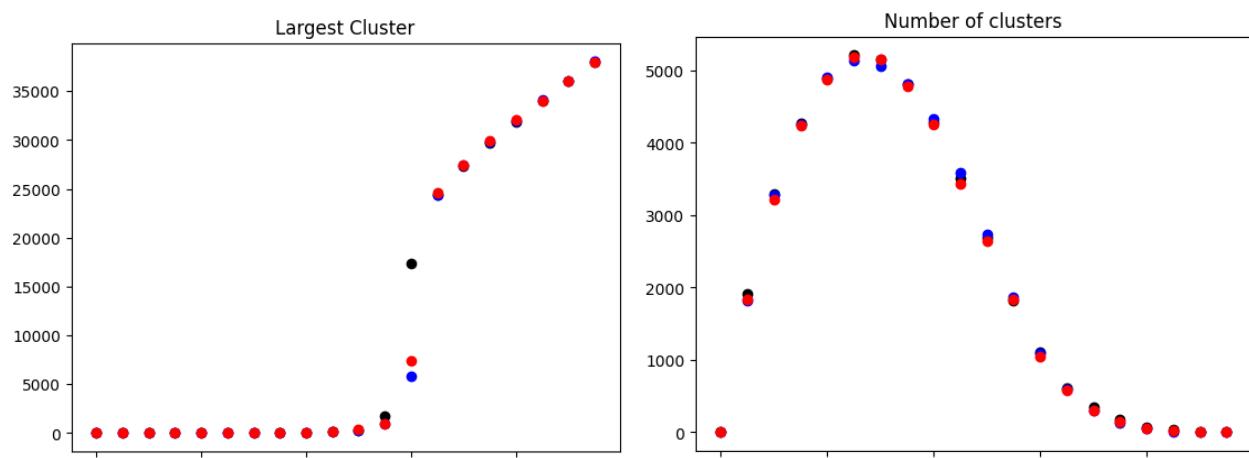
همان طور که نمودارها مشاهده می شود، با افزایش p مساحتی از نمودار که دارای یک رنگ است افزایش می یابد و در آخر به یک خوش تبدیل می شود. برای مشاهده بهتر تغییرات با افزایش p ، مقدار تغییر p در هر مرحله را کاهش می دهیم و عکس های تولید شده را کنار هم می گذاریم. gif تولید شده در داخل فایل زیپ قرار داده شده است. نمودار کسری از شبکه که percolate شده است به p در زیر قرار داده شده است. این مقدار به تدریج با p افزایش میابد و در آخر به یک می رسد و کل شبکه را فرا می گیرد. همچنین همان طور که در نمودار مشاهده می شود تا یک مقدار خاصی از p بیماری در شبکه نفوذ پیدا نمی کند.



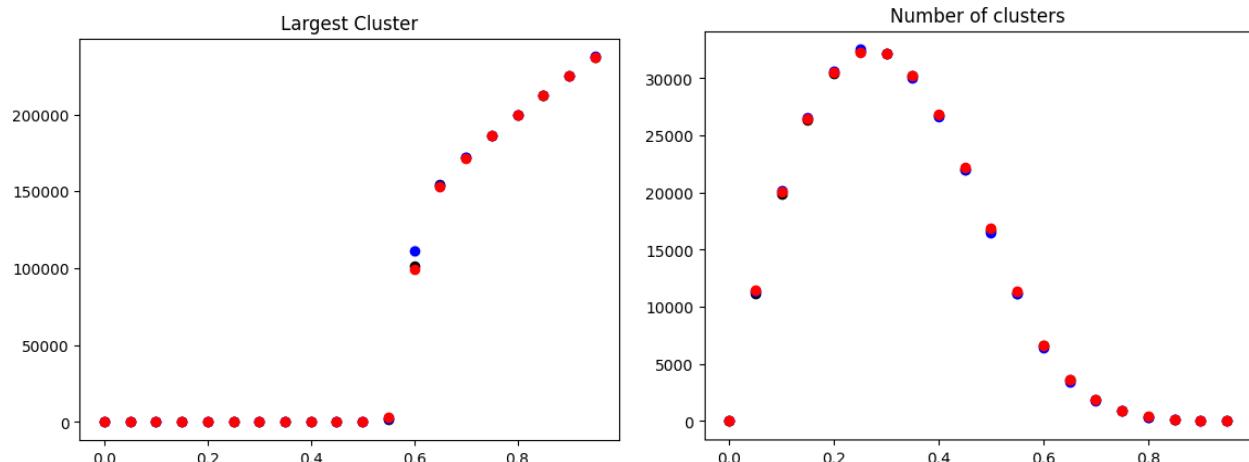
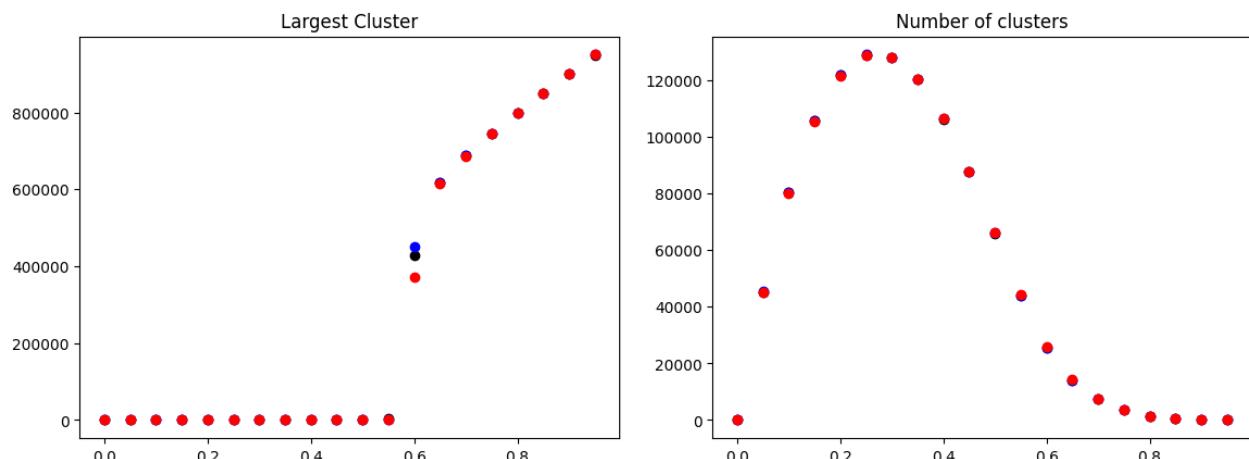
از آن جایی که چگونگی تغییر اندازه خوش به افزایش p برایمان اهمیت دارد نمودار آن را نیز رسم می کنیم.



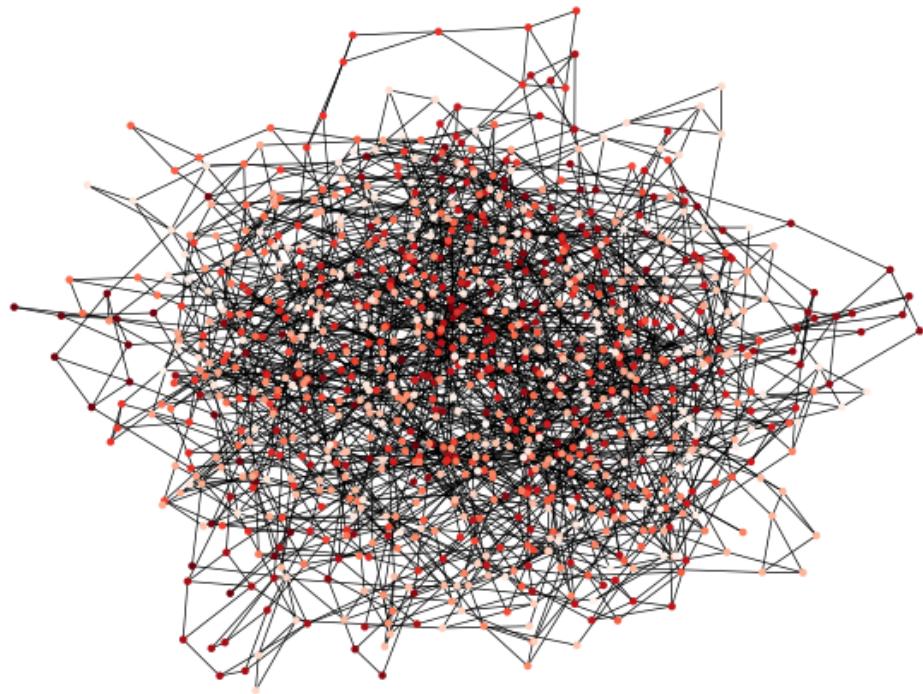
شکل ۴: 100×100



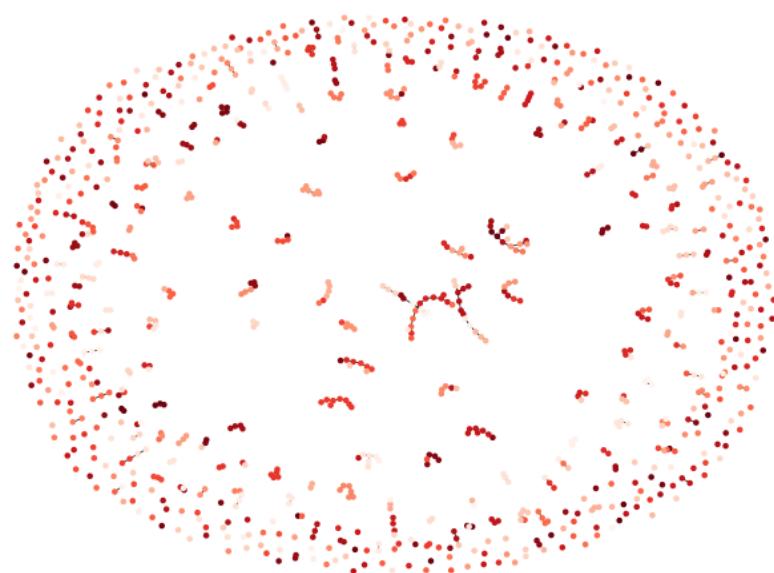
شکل ۵: 200×200

شکل ۶: 500×500 شکل ۷: 1000×1000

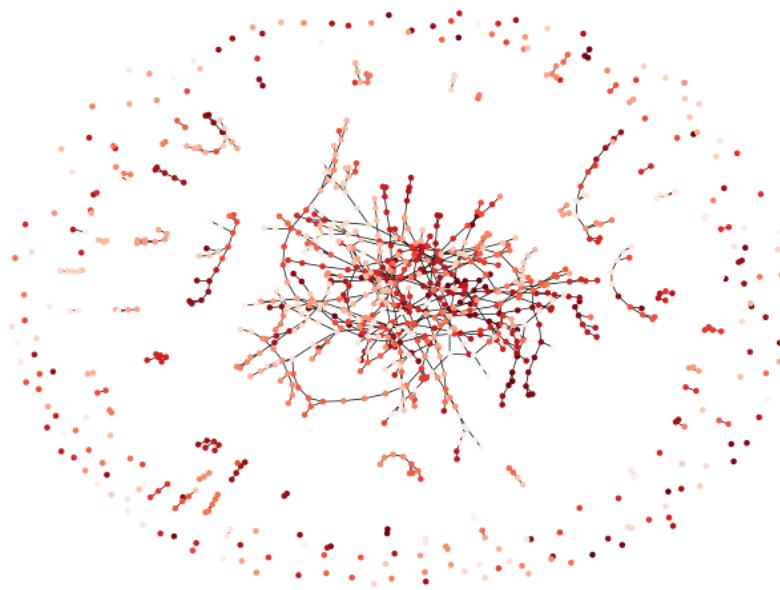
در زیر هر شکل ابعاد شبکه نوشته شده است. هر چه ابعاد بزرگ تر می‌شود. همچنین اندازه متوسط خوشه به صورت صعودی با تغییر p افزایش می‌یابد. اما تعداد خوشه‌ها یک مقداری از p افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد به یک نزدیک می‌شود. می‌توان از ابتدا سلول‌ها را پر در نظر گرفت و با احتمال p سلول اشغال شده را خالی کرد. که در آن صورت نمودار کسری از شبکه که percolate شده است از یک شروع شده و با افزایش p به صفر می‌رسد. تا این مرحله percolation site را بررسی کردیم. حال به بررسی و تحلیل percolation bond می‌پردازیم. بر روی یک شبکه دنیای کوچک با 1000×1000 رأس percolation bond را انجام می‌دهیم. هر یال با احتمال p باقی می‌ماند و با احتمال $p - 1$ حذف می‌شود. شبکه دنیای کوچک بررسی شده را با روش strogatz watts می‌سازیم. شبکه اولیه به صورت زیر می‌باشد:



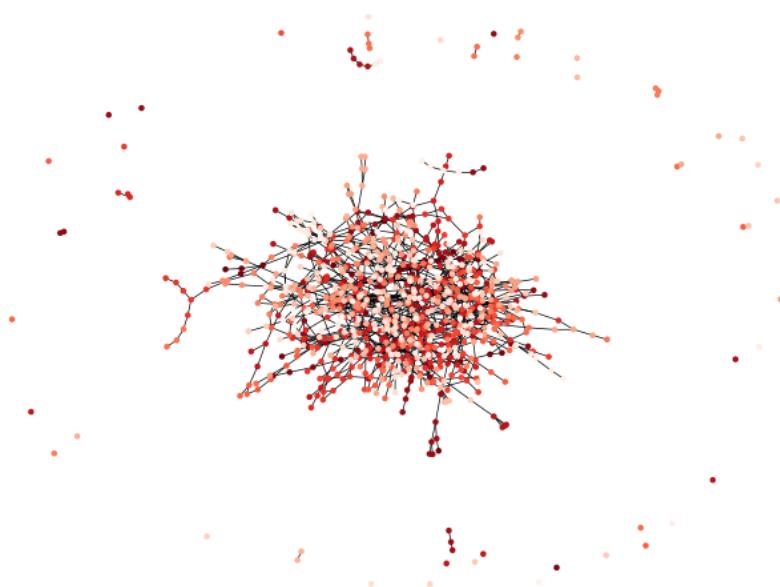
شکل ۸: شبکه اولیه دنیای کوچک



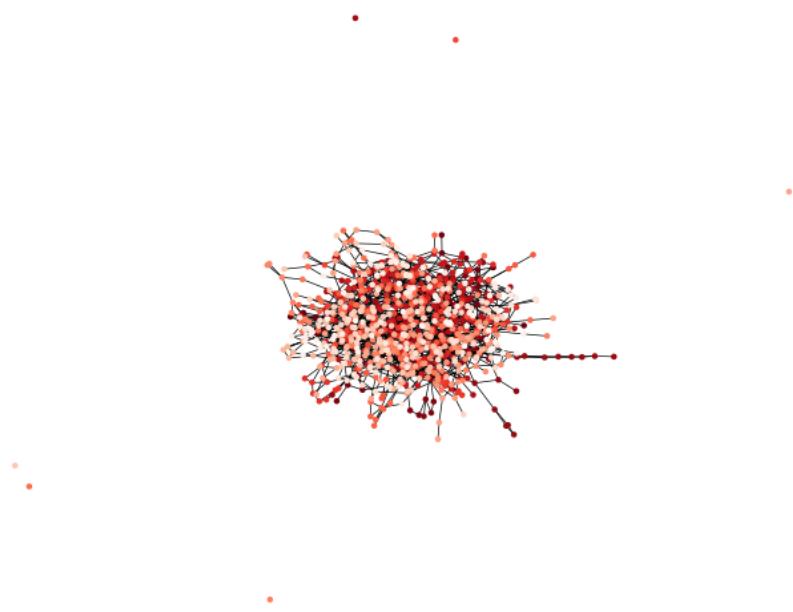
شکل ۹: نفوذ در شبکه دنیای کوچک با $p = 0.2$



شکل ۱۰: نفوذ در شبکه دنیای کوچک با $p = 0.4$



شکل ۱۱: نفوذ در شبکه دنیای کوچک با $p = 0.6$



شکل ۱۲ : نفوذ در شبکه دنیای کوچک با $p = 0.8$

همان طور که مشاهده می شود برای $p = 0.8$ اکثر یال ها حذف نشده باقی می مانند. به این صورت که اگر بیماری به شبکه دنیای کوچک با $p = 0.8$ وارد شود و با یال ها انتقال پیدا کند، به دلیل اینکه اکثر یال ها حذف شده اند بیماری به شبکه نفوذ پیدا نمی کند. اما برای $p = 0.2$ تقریبا تمام یال ها باقی مانده اند و می توانند بیماری را انتقال دهند. پس بیماری در این شبکه نفوذ می کند.