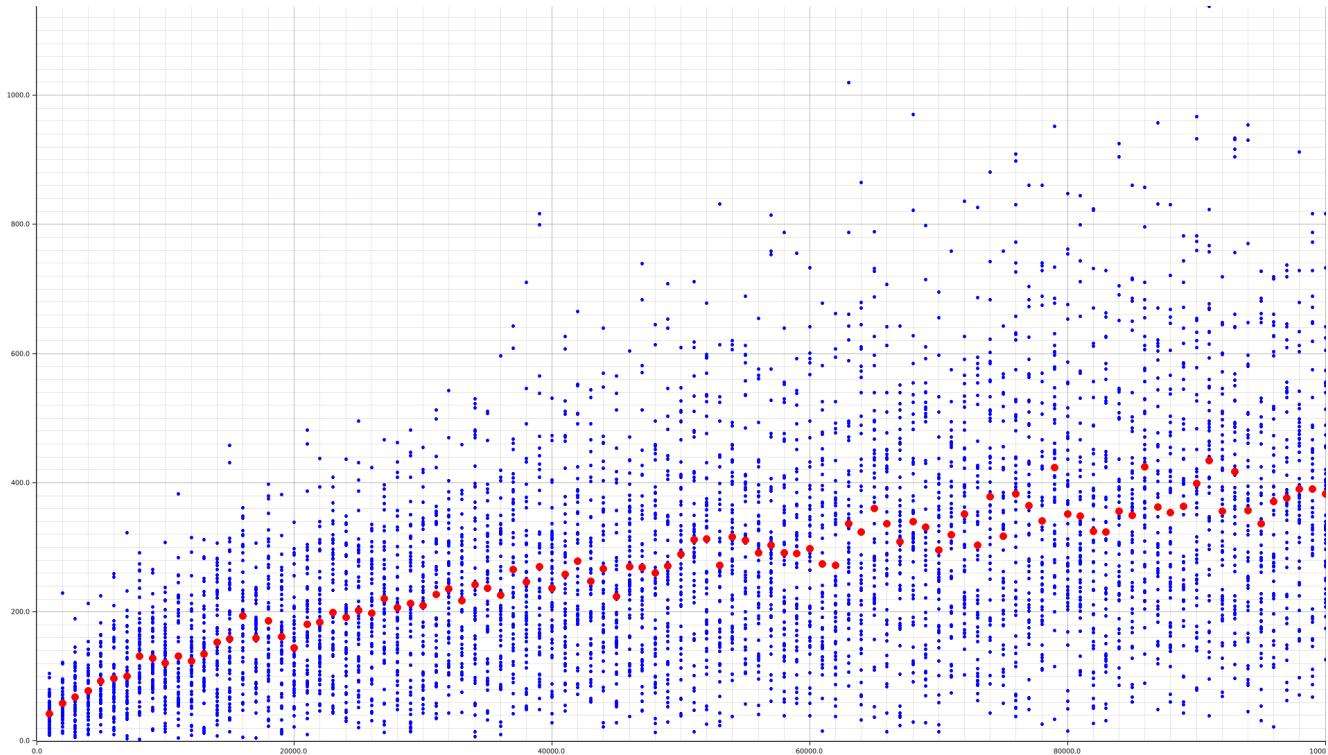


(a), (b) we wszystkich wykresach oś OX oznacza n — liczbę urn, niebieskie punkty to wyniki poszczególnych wykonania eksperymentu, a czerwone punkty to ich średnia dla danego n

wykres momentu pierwszej kolizji:



oś OY to numer rzutu, w którym po raz pierwszy kula trafiła do niepustej urny

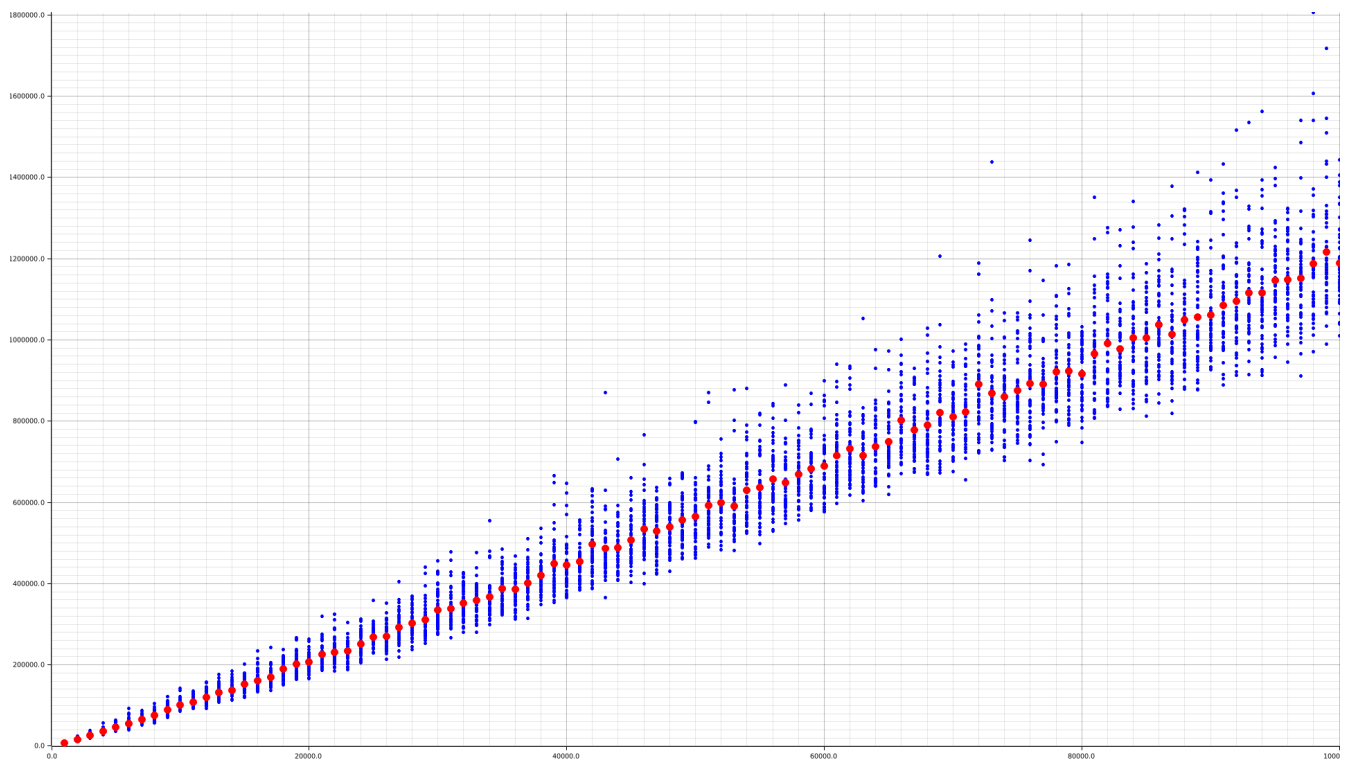
Wniosek: wybierając jednoznacznie losowo urnę dość szybko dostaniemy kolizję

wykres liczby pustych urn po wrzuceniu n kul:

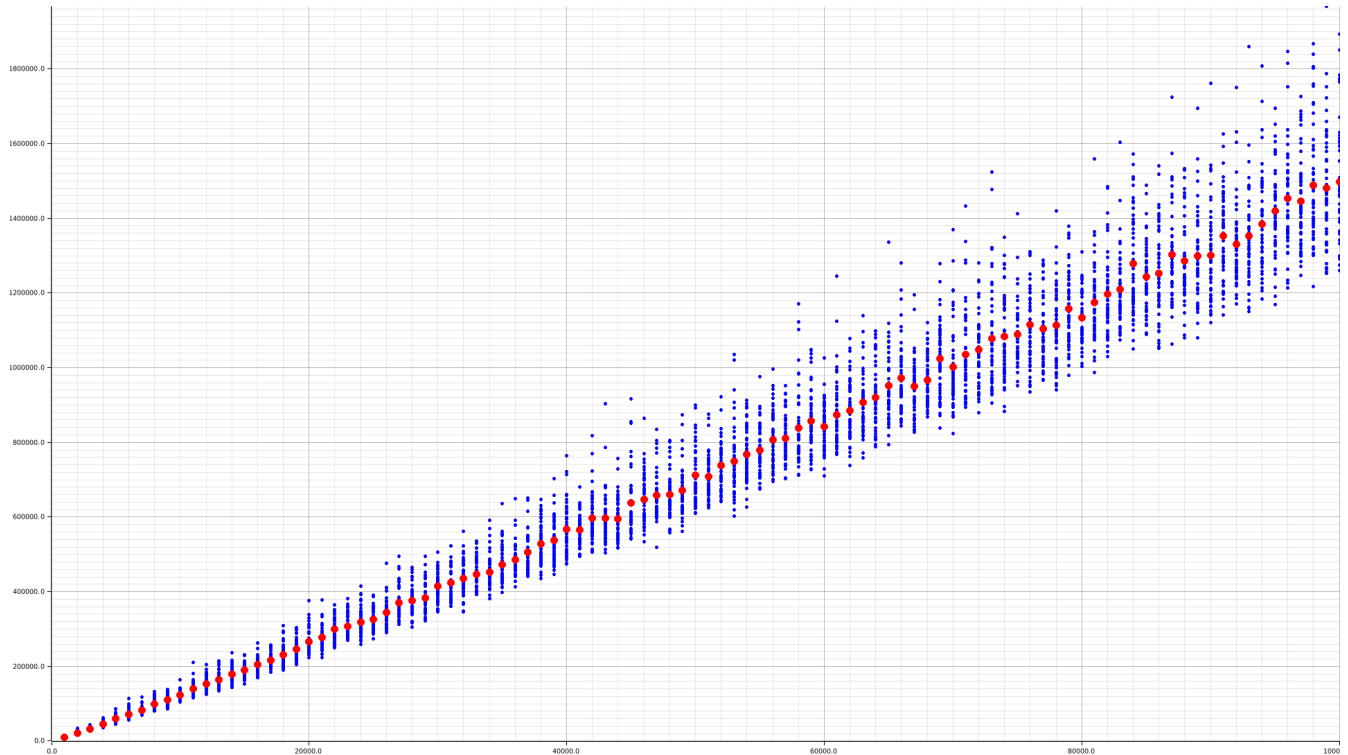


Wniosek: wykres aproksymuje funkcję liniową — złożoność $O(n)$, co oznacza, że algorytm liczb losowych z biblioteki `rand`` w rust działa dość dobrze

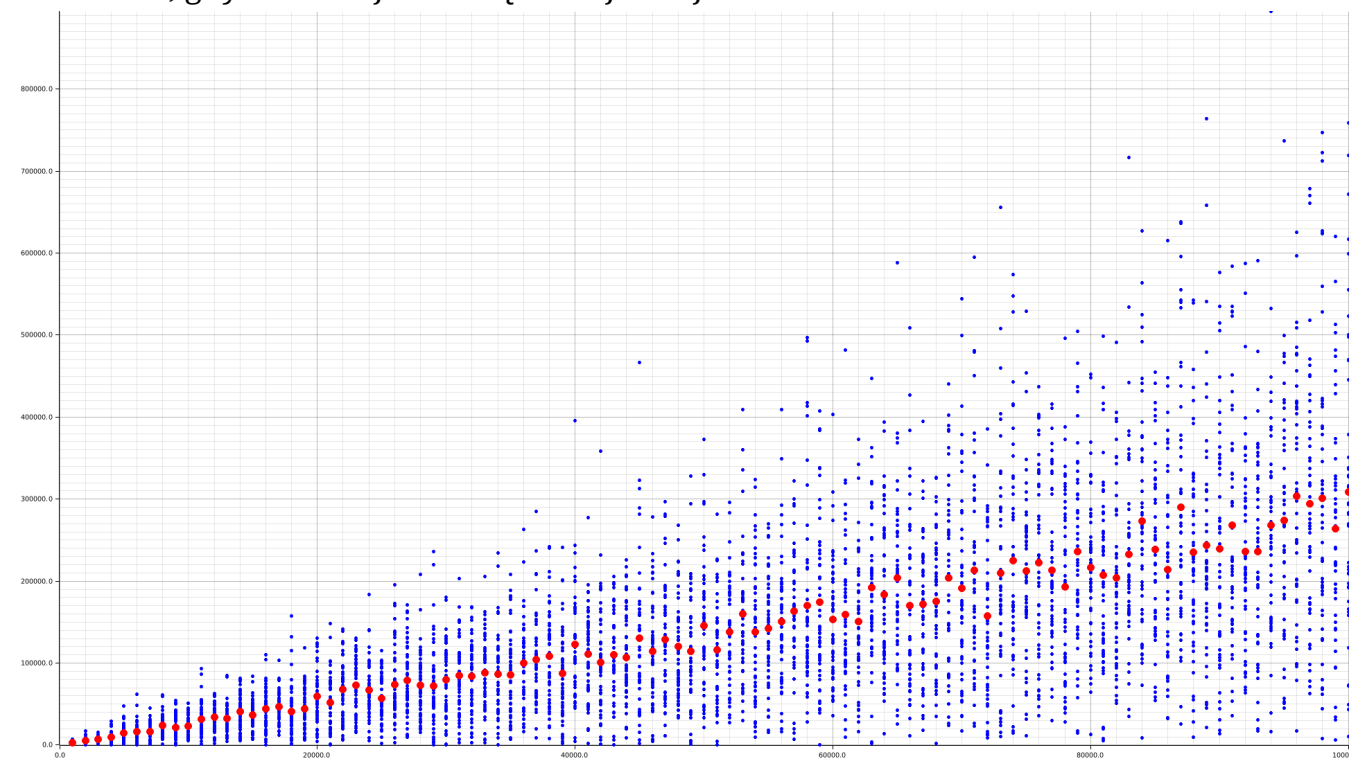
wykres numeru rzutu, po którym w każdej z urn jest co najmniej jedna kula:



wykres numeru rzutu, po którym w każdej z urn są co najmniej dwie kule:



wykres liczby rzutów od momentu, gdy w każdej urnie jest co najmniej jedna kula do momentu, gdy w każdej urnie są co najmniej dwie kule:



Wniosek (ostatnie 3 wykresy): algorytm jest “porządny” — rozkłada kule do urn dość dobrze, nie “faworyzując” żadnej konkretnej urny czy grupy urn

(c) Wykresy wykorzystane do oszacowania asymptotyki są dostępne w repozytorium w folderze `graphs/2`

(d) Problem wrzucania kul do urn dość dobrze mapuje się na paradoks urodzin, czy problem kolekcjonera kuponów — w obu przypadkach mamy daną ilość “urn”: dzień urodzin; liczba różnych kuponów I “wrzucamy kulę” do jednej z “urn”: losujemy osobę i pytamy, kiedy się urodziła; losujemy jeden z kuponów do kolekcji

(e) Paradoks urodzin jest ważny w kontekście funkcji hashujących, ponieważ hash docelowo powinien nam umożliwić, np. w przypadku hashowania plików, zidentyfikować plik bez dostępu do niego. Jeśli funkcja hashująca jest słaba (często występują kolizje, czyli 2 różne pliki, które dają ten sam hash), hashowanie pliku można porównać do paradoksu urodzin, gdzie już przy 23 osobach mamy 50% szans na 2 osoby, które urodziły się w tym samym dniu (z 365). Dobra funkcja hashująca powinna mieć jak najmniej konfliktów, w przeciwieństwie do szansy na “konflikt” w paradoksie urodzin.