

# Systemy agentowe: Symulator rynku Dokumentacja wstępna – wersja kompletna

Aleksandra Dzieniszewska  
Jakub Łyskawa  
Eryk Warchulski  
Prowadzący: dr inż. Dominik Ryżko

4 grudnia 2019

## Opis Projektu

Projekt polega na utworzeniu symulatora rynku dóbr. Ma on na celu zbadanie różnych mechanizmów występujących na rynku. Agenci mają możliwość przeprowadzania transakcji kupna i sprzedaży oraz magazynowania dóbr. Każdy z agentów musi zaspokajać swoje potrzeby konsumpcyjne, niektórzy agenci mogą także produkować dobra. Agenci dysponują środkiem wymiany, za którą mogą nabywać dobra. Cele agenta są różne i zależne od jego polityki decyzyjnej, która z kolei zależy od konfiguracji.

## Model rynku

### Sesja

- rynek działa ciągle i po czasie  $t$  jego stan jest archiwizowany
- agenci ciągle mogą ze sobą wchodzić w interakcje i nie są poinformowani o czasie  $t$

### Struktura połączeń

- struktura połączeń jest generowana przez wybrany graf losowy (Barabasi-Albert, dowolony inny lub zadany przez użytkownika) i determinuje ona strukturę rynku, na którym operują agenci

# Model Agenta

## Zasoby

- agent  $A_i$  w chwili  $t$  posiada  $Z^{A_i}(t)$  zasobu i ma możliwość wygenerować większą jego ilość, która będzie go kosztowała  $g(z)$ , gdzie  $z$  jest przyrostem zasobu
- agent może przechowywać zasób lub go sprzedać, wchodząc w negocjacje handlowe z pozostałymi agentami na rynku, z którymi agent jest połączony (patrz struktura połączeń)
- produkcja agenta jest ograniczona przez  $P_{max}^{A_i}(t, \delta t)$
- każdy agent posiada maksymalny stan magazynowy zasobu  $Z$ , którego nie może przekroczyć, i wynosi on  $M^{A_i}$
- jeśli agent przekroczy maksymalny stan posiadania  $M^{A_i}$ , to zobligowany jest do zapłacenia kosztu utylizacji nadmiarowej ilości zasobu  $Z$
- agenci mają potrzeby konsumpcyjne  $C^{A_i}(t, \delta t)$ , które chcą zaspokoić
- jeśli agent nie zaspokoi swoich potrzeb konsumpcyjnych po czasie  $T$  od ich wygenerowania, to zobligowany jest do zapłacenia kosztu
- agenci posiadają na starcie określoną ilość środka wymiany  $K^{A_i}$ , który jest im przydzielany w sposób losowy lub zdeterminowany przy inicjalizacji systemu
- agent otrzymuje środek wymiany zgodnie z funkcją  $f^{A_i}(\cdot)$

## Polityka decyzyjna

Polityka decyzyjna określa zachowanie agentów na rynku.

Przyjmuje się, że polityka decyzyjna agenta sparametryzowana jest następującymi wielkościami:

- obecne zapotrzebowanie agenta  $R \geq 0$
- czas, w którym agent musi zaspokoić swoje zapotrzebowanie  $T_s$  liczony od czasu startu sesji
- obecny stan agenta  $S$ , który jest liczbą posiadanych jednostek zasobu  $Z$  przez agenta
- obecny budżet agenta  $B$ , który jest liczbą posiadanych jednostek wymiany  $K$  przez agenta
- funkcją kosztu produkcji  $g(z)$
- funkcją limitu produkcji  $P(t, \delta t)$
- kosztem utylizacji dóbr nadmiarowych  $M_c$
- kosztem niezaspokojenia potrzeb konsumpcyjnych  $C$
- limitem posiadanych jednostek zasobu  $M$

Agent w oknie czasowym  $T_w$ , wyznaczającym czas trwania negocjacji, generuje oferty sprzedaży (obiekt `0s`) oraz kupna (obiekt `0b`), na które nałożone są limity:

- $Ob.value \leq B \wedge Ob.n \leq M - S$ , które kolejno oznaczają: cena zakupionej ilości towaru nie może przekraczać budżetu agenta oraz ilość zakupionego towaru nie może być większa od dostępnej jeszcze liczby jednostek zasobu, które agent może przechowywać.
- $Os.n \leq S$ , tj. ilość sprzedanego towaru nie może być większa pod stan posiadania agenta.

Na podstawie powyższych ustaleń proponowana polityka decyzyjna agenta może być wyglądać następująco:

- $O's$ ,  $O'b$  są aktualnymi ofertami kupna i sprzedaży
- $Ns$  jest agentem inicjalizującym transakcję

```

buyer initializes
  initial buy offer = (rand(R - S, M - S), 0 if Ob empty else
                      min(Ob).value * rand(0, 1))

seller counter offer:
  n = min{S, O'b(Ns).number}
  value = random with boundaries:
    value >= max(g(S), O'b(Ns).value)
  if O's not empty:
    value < min{O's(n) where n is not self}

buyer counter offer:
  n = keep previous w.r.t. limits
  if n = 0 then withdraw
  value = random with distribution depending on Ts and boundaries:
    value <= min{O's} & value >= previous

```

Pełna specyfikacja obiektów, które występują w powyższym pseudokodzie zostaną umieszczona w dokumentacji opisującej część implementacyjną.

## Protokół komunikacyjny

Komunikacja między agentami odbywa się w dwóch trybach:

- 1-1, tj. agent formułuje ofertę 0 kupna lub sprzedaży (patrz polityka decyzyjna) i przekazuje ją wyłącznie do jednego agenta
- 1-m, tj. komunikacja typu *broadcast*, w której agent formułuje ofertę 0 kupna lub sprzedaży i rozsyła ją do co najmniej dwóch różnych agentów.

Oferta jest trójką  $(i, p, t_{out})$ , na którą składa się:

- $i$  liczba jednostek zasobu  $Z$ , które agent chce sprzedać lub kupić w trakcie transakcji z kontrahentami, tj. agentami przyjmującymi ofertę sprzedaży lub kupna od agenta inicjalizującego komunikację

- $p$  oferowana cena kupna lub sprzedaży
- $t_{out}$  czas trwania oferty

Jeśli agent-kontrahent nie przystąpi do negocjacji z agentem oferującym po czasie  $t_{out}$ , to komunikacja między tymi agentami jest zerwana. Pozostałe warunki zerwania komunikacji między agentami wyznaczone są przez parametry polityki decyzyjnej agentów lub maksymalny czas oczekiwania na odpowiedź  $\tau$ . Jeśli odpowiedź kontrahenta w trakcie negocjacji przyjdzie po czasie  $\tau$ , to agent inicjujący negocjacje zrywa ją.

## Technologia

- implementacja w języku Python z wykorzystaniem bibliotek: **networkx**, **spade**, **PyGraphViz**
- analizy danych wykonywane będą w języku R z wykorzystaniem ekosystemu **tidyverse**

## Propozycje eksperymentów

- nadmiar podaży, a niedomiar popytu
- niedomiar podaży, nadmiar popytu
- generacja monopolu (sytuacja na rynku, w której niewielka liczba agentów – dwóch lub trzech – posiada większość dostępnych zasobów)
- symulacja zdrowego rynku (stan równowagi)
- określenie realnej wartości zasobu  $Z$  na podstawie cen proponowanych przez agenty w trakcie negocjacji handlowych
- co się dzieje na rynku, gdy pojawiają się podmioty wyłącznie magazynujące towar (chomiki lub logistyka)
- sezonowość produkcji lub konsumpcji
- trajektoria cen w funkcji polityki decyzyjnej agentów
- odporność na błędy polityki decyzyjnej lub parametrów początkowych