

# SYSTEMY INTELIGENTNYCH AGENTÓW

## SYMULACJA RYNKU SPOŻYWCZEGO

*Autorki:*

Weronika Świdarska, 233221

Beata Wójciak, 241772

*Prowadzący:*

Piotr Lipiński

26 czerwca 2013

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wprowadzenie</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Opis projektu</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Architektura systemu</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Komunikacja między agentami</b>	<b>3</b>
4.1	Etapy komunikacji . . . . .	3
4.2	Format oferty . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Strategie</b>	<b>6</b>
5.1	Zaimplementowane strategie kupujące agentów . . . . .	6
5.2	Zaimplementowane strategie sprzedające agentów . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Otrzymane rezultaty</b>	<b>8</b>
6.1	Symulacje z użyciem pojedynczej strategii . . . . .	8
6.1.1	Porównanie sprzedaży w różnych konfiguracjach strategii . . . . .	8
6.1.2	Analiza strategii sprzedających . . . . .	11
6.1.3	Analiza strategii kupujących . . . . .	12
6.2	Symulacje z procentowym wykorzystaniem każdej strategii . . . . .	12
<b>7</b>	<b>Wnioski i podsumowanie</b>	<b>12</b>

# 1 Wprowadzenie

Celem naszego projektu było stworzenie systemu inteligentnych agentów, które — dzięki wzajemnej komunikacji — miały symulować działanie rynku spożywczego.

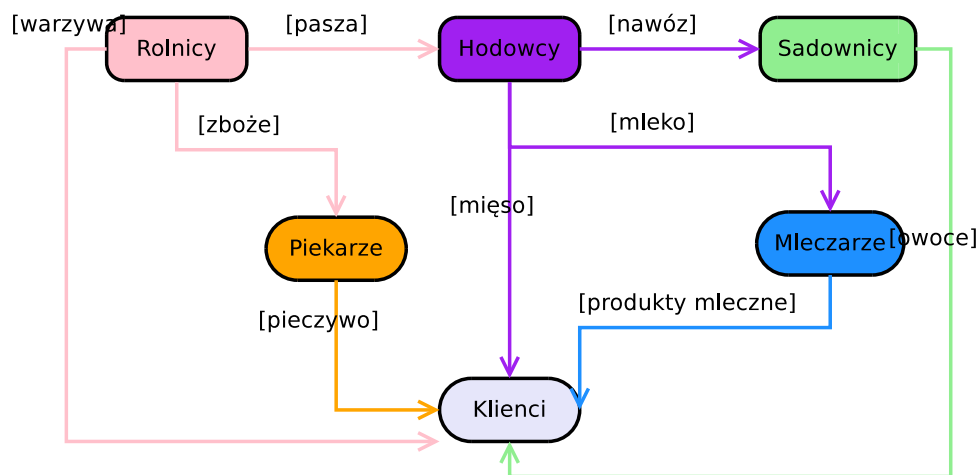
W projekcie uwzględniliśmy kilka różnych typów agentów różniących się zarówno rolami jak i strategiami.

## 2 Opis projektu

Na naszym rynku działało 6 różnych typów agentów na 3 różnych poziomach:

- Poziom 1: agenci, którzy produkują najbardziej podstawowe towary, należą tu:
  - Rolnik (produkuje zboże, GRAIN) — FARMER.
  - Hodowca (produkuje mięso — MEAT, mleko — MILK i nawóz — MANURE) — KEEPER.
  - Sadownik (produkuje owoce, FRUIT) — GROWER.
- Poziom 2: agenci, którzy kupują towary od agentów 1 poziomu, przetwarzają je, a następnie sprzedają dalej. Należą tu:
  - Piekarz (kupuje zboże, a sprzedaje pieczywo — BREAD) — BAKER.
  - Mleczarz (kupuje mleko, a sprzedaje produkty mleczne — MILK\_PRODUCT) — MILKMAN.
- Poziom 3: należą tu tylko agenci pełniący rolę klientów, którzy nie produkują żadnych dóbr, a jedynie kupują je od innych — CLIENT.

Zależności między agentami przedstawia Rysunek 1.



Rysunek 1: Schemat zależności między agentami

Na początku każdy agent dostaje pewną ilość dóbr, które może zużyć na handel lub wytworzenie większej ilości produktów (np. obsiać pole). Wielkość początkowych zasobów agenta ma wpływ na to, jak radzi on sobie na rynku — szczegółowe wyniki z tym związane przedstawione zostały w Rozdziale 6.

### 3 Architektura systemu

Program został napisany w Javie z wykorzystaniem platformy JADE. Ułatwiło to znacznie implementację komunikacji między agentami zgodnie ze standardami FIPA.

W celu utworzenia statystyk działania agentów wszelkie informacje zapisywane są do plików przy pomocy Apache POI, na podstawie których tworzone są następnie wykresy obrazujące zasoby poszczególnych agentów w zależności od czasu.

## 4 Komunikacja między agentami

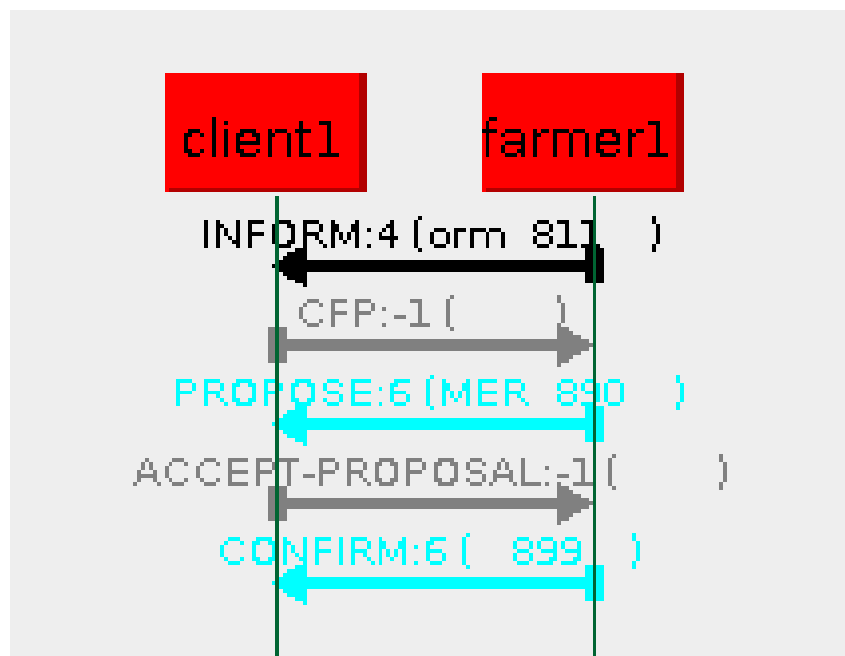
### 4.1 Etapy komunikacji

Komunikacja między agentami odbywa się w kilku etapach. W każdym etapie muszą być przeprowadzone pewne akcje, które następnie są komunikowane drugiej stronie.

Podczas dokonywania transakcji można wyróżnić następujące etapy (schemat komunikacji przedstawia Rysunek 2, stworzony przy pomocy narzędzia *Sniffer* będącego częścią platformy JADE):

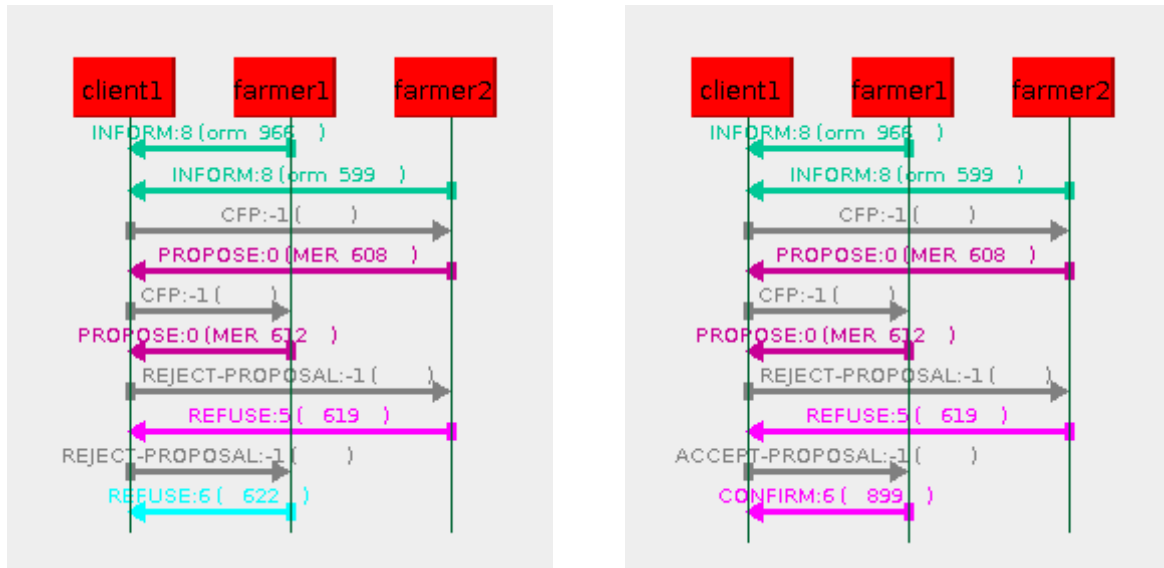
1. Na początku każdego tygodnia każdy agent, który sprzedaje jakiś produkt informuje potencjalnych kupców co sprzedaje, w jakiej cenie i w jakiej ilości. Wysyła to za pomocą komunikatu typu **INFORM** (czarna strzałka na Rysunku 2).
2. Po otrzymaniu ofert od wszystkich sprzedających oferujących dobro poszukiwane przez kupca, podejmuje on decyzję, na które oferty się może przystać i na jakich warunkach (może zaoferować inną cenę i ilość niż sprzedający).
3. Kupujący odsyła sprzedającemu swoje propozycje (lub pustą wiadomość, by dać znać, że nie jest zainteresowany daną ofertą) używając komunikatu typu **CFP** (górną szarą strzałką na Rysunku 2).
4. Po otrzymaniu propozycji od wszystkich kupujących, do których sprzedający wysłał wiadomość sprzedający analizuje oferty i podejmuje ostateczną decyzję co do tego, na jakie transakcje przystaje. Wysyła klientom swoje decyzje korzystając z komunikatu typu **PROPOSE** (górną błękitną strzałką na Rysunku 2).

5. Klient po otrzymaniu i analizie decyzji od sprzedającego akceptuje ją lub odrzuca, o czym informuje sprzedającego komunikatem typu `ACCEPT_PROPOSAL` albo `REJECT_PROPOSAL` (dolna szara strzałka na Rysunku 2).
6. Jeśli sprzedawca otrzymał zgodę kupującego na transakcję, to sprawdza, czy może ona wciąż być zrealizowana (czy w międzyczasie towary nie zostały sprzedane komuś innemu). Jeśli wszystko jest w porządku potwierdza klientowi wykonanie transakcji komunikatem typu `CONFIRM` i aktualizuje stan posiadanych produktów. W przeciwnym razie wysyła komunikat typu `REFUSE` (dolna błękitna strzałka na Rysunku 2).
7. Po otrzymaniu potwierdzenia wykonania transakcji kupujący również uaktualnia zawartość swoich magazynów.



Rysunek 2: Schemat komunikacji między przykładowymi agentami

Przykładowa transakcja z wykorzystaniem większej liczby agentów przedstawiona jest na Rysunku 3.



Rysunek 3: Różne możliwe sytuacje podczas transakcji

Rysunek 3a obrazuje sytuację, w której agent *client1* nie jest zainteresowany ofertą żadnego z agentów.

W tym wypadku po otrzymaniu ofert od sprzedających i analizie sytuacji odrzuca obie propozycje sprzedaży, co oświadcza komunikatem `REJECT_PROPOSAL`. Otrzymanie informacji potwierdza zarówno *farmer1* jak i *farmer2* wysyłając wiadomość `REFUSE`.

Rysunek 3b przedstawia podobną sytuację, jednak w tym wypadku *client1* zgadza się na ofertę agenta *farmer1*.

Wysyła mu zatem komunikat `ACCEPT_PROPOSAL`, na co *farmer1* odpowiada wiadomością `CONFIRM`. Gdyby *farmer1* nie był w stanie dokonać tej transakcji wysłałby komunikat `REFUSE`.

## 4.2 Format oferty

Komunikaty zawierające ofertę wysyłane przez agentów mają poniższy format:

- `FARMER;sell;VEGETABLE 2014.9341514088535 2.0:GRAIN 5171.979684030067 2.0:`
- `BAKER;buy;GRAIN 140.30443250879 2.0:`

Komunikat podzielony jest na 3 główne części oddzielone znakiem “;”:

- Typ agenta składającego ofertę (jeden z typów wyjaśnionych w 2)
- Typ oferty (`buy` lub `sell` — odpowiednio dla ofert kupna i sprzedaży)
- Lista oferowanych produktów

Informacje o poszczególnych oferowanych produktach oddzielone są przy pomocy “:”. Wewnątrz każdej pozycji znajdują się kolejno:

- Nazwa produktu (zgodnie z opisem w 2)
- Liczba oferowanych lub poszukiwanych (w zależności od typu oferty) jednostek
- Cena jednostkowa produktu

## 5 Strategie

Sposób, w jaki zaimplementowana jest komunikacja między agentami pozwala na prostą implementację strategii: w strategiach kupujących konieczne jest napisanie trzech, a w sprzedających — dwóch metod.

W obu typach strategii pierwsza metoda służy do analizy rynku i stworzenia odpowiednich odpowiedzi dla otrzymanych ofert. Druga metoda jest ostatecznym potwierdzeniem tego, czy agent używający danej strategii chce i może dokonać transakcji.

Trzecią metodą w strategii kupującej jest aktualizacja posiadanych zasobów, w przypadku, gdy transakcja doszła do skutku.

Strategie są przypisywane agentom podczas startu i nie ulegają późniejszym zmianom.

### 5.1 Zaimplementowane strategie kupujące agentów

W projekcie zaimplementowane zostały 3 strategie kupujące implementujące pierwszą z koniecznych do implementacji metod dla tego typu strategii:

1. **Wybór prosty:** Agent wybiera zawsze najtańszą ofertę dla danego produktu i stara się kupić od oferenta tyle produktu, ile tylko może i potrzebuje. Musi przy tym wziąć pod uwagę, że ma ograniczone zasoby finansowe i musi je podzielić pomiędzy możliwie wiele typów produktów tak, by zaspokoić swoje potrzeby w zakresie każdego z nich.

Kwestia ta została rozwiązana w ten sposób, że agent zmniejsza ilość kupowanego produktu proporcjonalnie do początkowej ilości jaką zamierzał kupić. Powtarza się to dla wszystkich towarów, które muszą zostać kupione, tak, by sumaryczny koszt wszystkich zakupów nie przekroczył budżetu agenta.

2. **Wybór zachłanny:** W tej strategii agent dla każdego produktu stara się zachłannie wybierać oferty począwszy od najtańszych. Jeśli agent oferujący najtańszą ofertę nie ma wystarczająco dużo towaru, to pozostały potrzebny towar bierze od agenta z drugą w kolejności ceną itd.

By nie przekroczyć dostępnego budżetu, a jednocześnie kupić każdy rodzaj potrzebnego produktu agent rozważa oferty w kolejności od najtańszej kolejno dla każdego produktu. Gdy kwota potrzebna na zakupy przekroczy budżet agenta dalsze oferty nie są rozpatrywane, zaś w ofertach już wybranych ilość kupowanego towaru jest zmniejszana tak, by zmieścić się w budżecie.

3. **Wybór ryzykowny:** W tej strategii agent stara się zaoferować sprzedającym niższą cenę niż w ofercie. Dokładniej, zgadza się na najtańszą ofertę, zaś pozostałym agentom oferuje zakup towaru po cenie najtańszej oferty. Jego nowa cena jest dodatkowo zmieniana o losową wartość z przedziału  $[-10, 10]$  procent ceny najniższej oferty.

Kwestię zmniejszenia zakupów w budżecie agent rozwiązuje w podobny sposób jak w strategii Wybór zachłanny.

W drugiej metodzie dla strategii kupujących agenci akceptują (bądź nie) otrzymane od kupców nowe oferty. W tym celu porównują je z ofertami, które przesłali do oferentów.

Jeśli sprzedający oferuje tyle samo lub więcej produktu po nie wyższej cenie lub gdy cena nie jest wyższa o więcej niż 10% — oferta jest akceptowana. W przeciwnym razie agent nie zgadza się na ofertę.

## 5.2 Zaimplementowane strategie sprzedające agentów

Po każdym tygodniu sprzedaży agenci ustalają nowe ceny towarów w oparciu o oferty otrzymane w bieżącym tygodniu. Sposób zmiany ceny towaru zależy od wyboru strategii.

W projekcie zaimplementowane zostały 3 strategie kupujące implementujące pierwszą z koniecznych do implementacji metod dla tego typu strategii:

1. **Wybór twardy:** Agent akceptuje tylko oferty nie wyższe niż jego własne.

Nową cenę ustala jako średnią wszystkich otrzymanych w bieżącym tygodniu ofert z pominięciem najniższej oraz dwóch najwyższych ofert — w ten sposób zmniejszamy szanse na wystąpienie sytuacji, w której cena wciąż by rosła.

2. **Wybór miękki:** Agent akceptuje oferty o cenach niższych o nie więcej niż 10% jego.

W tej strategii nowe ceny ustalane są podobnie do cen w strategii *Wybór twardy*.

3. **Wybór losowy:** Agent akceptuje losowo ze zmiennym prawdopodobieństwem, które jest jednym z parametrów symulacji.

Również nowe ceny towarów zmieniane są o wartość losową z pewnego ustalonego przedziału (też parametru symulacji).



Dla agenta sprzedającego liczba zaakceptowanych ofert nie ma znaczenia — ważne tylko, by sumaryczna ilość sprzedanych produktów nie przekroczyła aktualnej ich dostępności. Agenci akceptują oferty kupna zgodnie z czasem ich otrzymania.

## 6 Otrzymane rezultaty

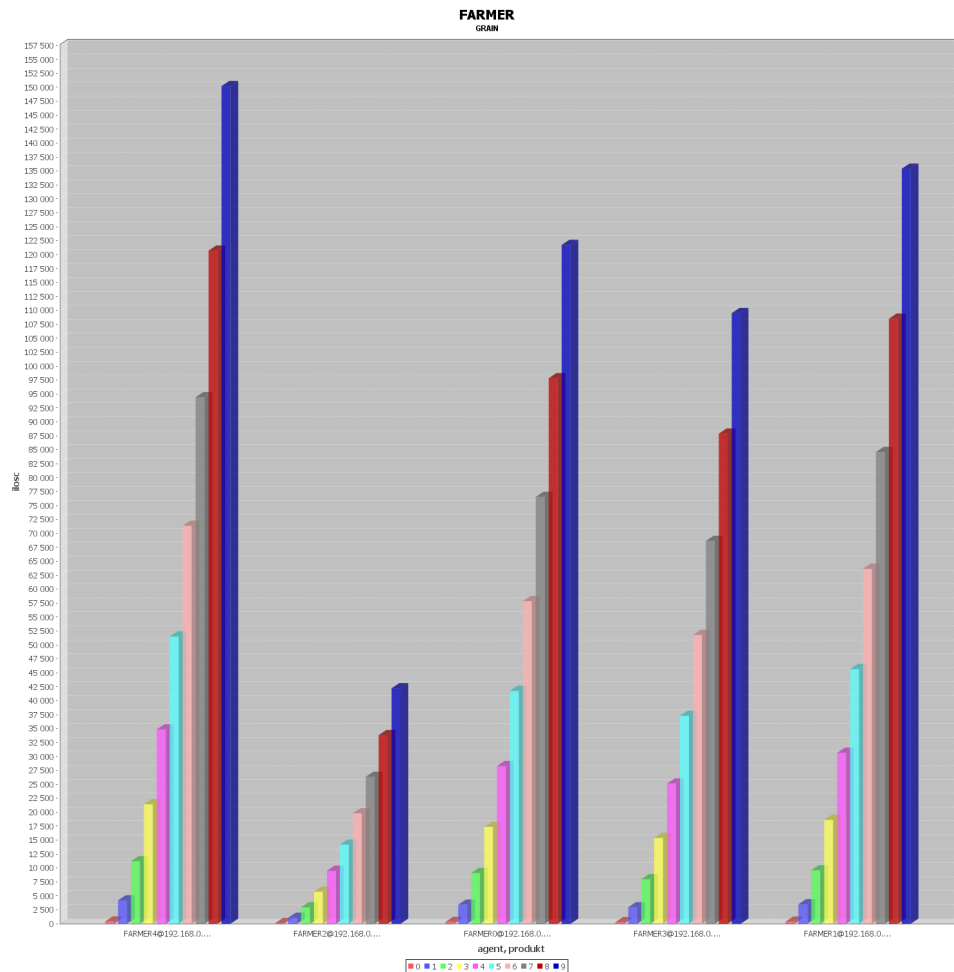
Przeprowadziłyśmy kilka symulacji dla różnych parametrów oraz warunków początkowych. Najciekawsze wyniki zaprezentowane są poniżej. Wariant symulacji uważałyśmy za skuteczny, jeśli agenci z czasem byli w stanie zgromadzić większy kapitał lub ich sprzedaż wzrastała.

### 6.1 Symulacje z użyciem pojedynczej strategii

Przeprowadziłyśmy symulacje ustalając dla każdego agenta tę samą strategię sprzedającą i tę samą kupującą (łącznie było 9 różnych wariantów).

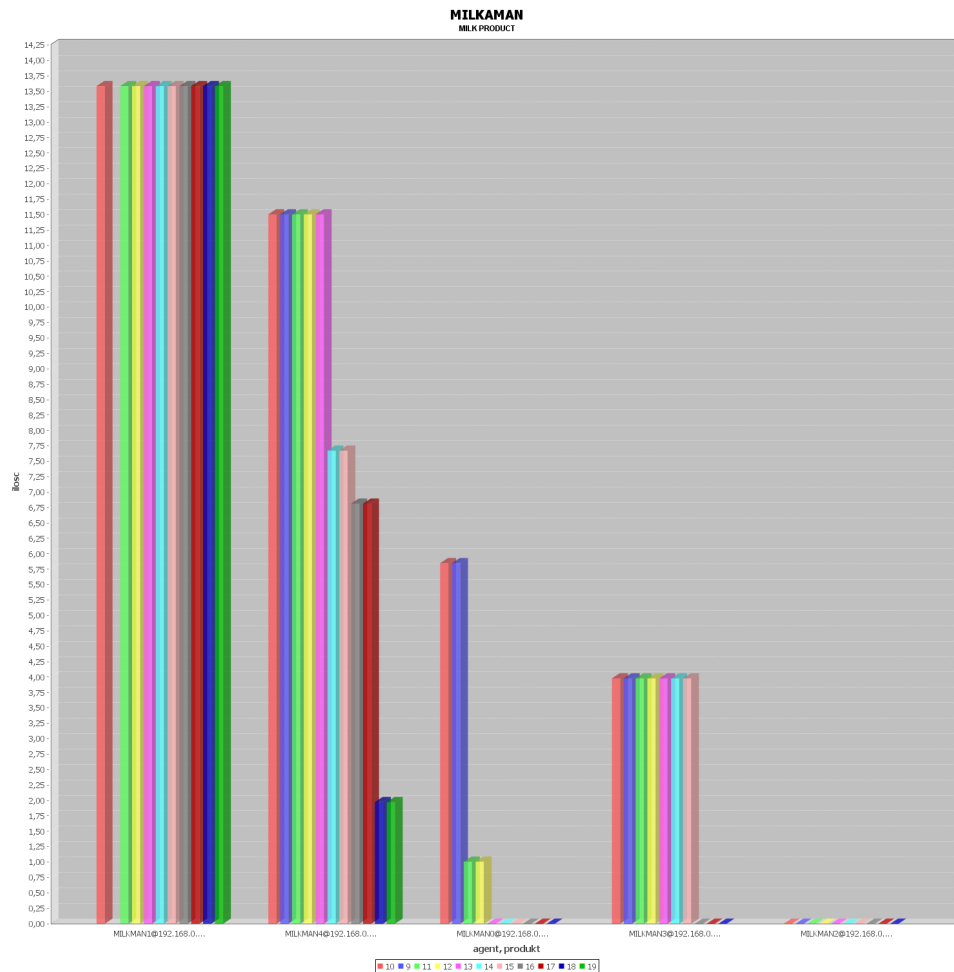
#### 6.1.1 Porównanie sprzedaży w różnych konfiguracjach strategii

Rysunek 4 przedstawia jak wygląda ilość sprzedanego zboża przez rolników w zależności od czasu dla strategii *Wybór miękki* i *Wybór zachłanny*. Jak widać w każdym kolejnym tygodniu rolnik może sprzedawać więcej, co przekłada się na jego zarobki.



Rysunek 4: Ilość sprzedanego zboża w kolejnych tygodniach

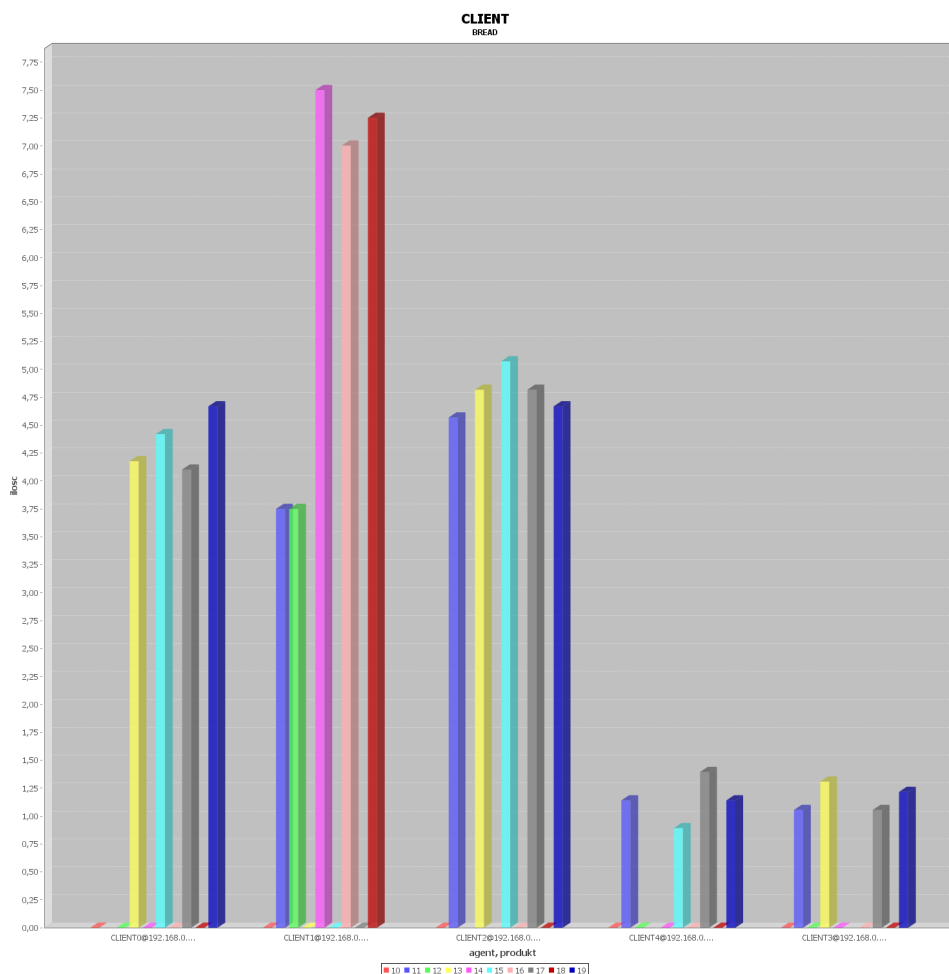
Z zupełnie odwrotną sytuacją mamy do czynienia w przypadku użycia strategii *Wybór losowy* dla niskiego prawdopodobieństwa akceptacji oferty, nawet przy zastosowaniu tej samej strategii kupującej. Rysunek 5 pokazuje, że mleczarze szybko przy tej strategii stracili możliwość sprzedawania produktów mlecznych, co jest spowodowane tym, że trudno było im kupić mleko od hodowców.



Rysunek 5: Ilość sprzedanych produktów mlecznych w kolejnych tygodniach

W symulacji z użyciem strategii *Wybór twardy* oraz *Wybór ryzykowny* ilość sprzedawanych produktów utrzymywała się na stałym poziomie, co było konsekwencją tego, że klienci oferowali wszystkim sprzedającym takie same ceny.

Spowodowało to stopniowe zrównanie cen wszystkich agentów, a co za tym idzie brak drastycznych zmian cen i stałą sprzedaż. Zjawisko to można zaobserwować na Rysunku 6



Rysunek 6: Ilość kupionego chleba w kolejnych tygodniach

### 6.1.2 Analiza strategii sprzedających

Okazało się, że niezależnie od wyboru liczby agentów oraz strategii kupujących najgorzej wypadła strategia *Wybór losowy*.

Jeśli szansa akceptacji była wysoka agenci sprzedający szybko tracili fundusze, przez co nie mieli potem środków na dalsze zakupy.

Jeśli zaś była niska, to oferty agentów kupujących były często odrzucane, przez co kupujący nie mogli dostać potrzebnych towarów, w konsekwencji czego nie mogli produkować towarów na sprzedaż i tracili środki.

Pozostałe strategie sprzedające pozwalały na uzyskanie przychodów. Strategia *Wybór miękki* ze względu na większą elastyczność warunków sprzedaży pozwalała na większe przychody.

### 6.1.3 Analiza strategii kupujących

Wyniki porównania strategii kupujących są zgodne z intuicją: strategia *Wybór prosty* wydaje się być bezpieczna, lecz nie zawsze pozwala na zakup wystarczającej ilości towarów, by móc produkować, a następnie sprzedawać wiele towarów. Przekłada się to na niższy wzrost posiadanego kapitału.

Strategia *Wybór zachłanny* daje w kwestii ilości zakupionego towaru większą pewność otrzymania potrzebnej ilości towaru, jednak ze względu na akceptowanie droższych ofert może być ryzykowna.

Z kolei *Wybór ryzykowny* ze względu na to, jak wyglądają strategie sprzedające nie odniosła większego sukcesu niż *Wybór prosty*, bowiem oferty kupujących o znacznie niższych cenach nie były akceptowane przez agentów sprzedających.

Ostatecznie przy uwzględnieniu zaimplementowanych strategii sprzedających najlepsza okazała się strategia *Wybór zachłanny*, przy której możliwość produkowania większej ilości produktów niwelowała ewentualne straty spowodowane kupowaniem droższych towarów.

## 6.2 Symulacje z procentowym wykorzystaniem każdej strategii

## 7 Wnioski i podsumowanie

Nasz projekt ma zaimplementowane stosunkowo proste strategie. Można by go dalej rozwijać implementując coraz to bardziej skomplikowane strategie i porównując ich rezultaty z już otrzymanymi.

Jednym z pomysłów na strategie mogłoby być wprowadzenie historii transakcji. Na jej bazie łatwo byłoby zbudować całą grupę strategii, jak np. preferowanie ofert kupna od kupców, z którymi częściej się handluje, czy oferowanie im niższych cen.

Historia transakcji pozwoliłaby też na ustalanie ceny w oparciu o dane historyczne: łatwiej byłoby ustalić kiedy podnieść, a kiedy opuścić cenę. Również informacja o tym jak sprawdziło się dane podejście w podobnych warunkach w przeszłości mogłoby być pomocą przy ustalaniu aktualnych cen.

Tego typu strategie ze względu na swoją złożoność są bardziej skomplikowane w implementacji, przez co wymagają więcej czasu. Tego czynnika nie starczyło nam jednak na tyle, by je stworzyć.

Spośród zaimplementowanych strategii najlepiej okazały się działać ... bla bla bla