|  |
| --- |
| Symulacja komputerowa - laboratorium |
| Sprawozdanie |
| Projekt – symulacja sklepu spożywczego |

|  |
| --- |
| Paola Jaroń (279971), Mikołaj Lepsy (279941)  2025-01-27 |

# Spis treści

1. [Określenie obiektu symulacji](#_Określenie_obiektu_symulacji)
   1. [Opis i założenia obiektu symulacji](#_Opis_i_założenia)
   2. [Parametry obiektu i wskaźniki jakości](#_Parametry_obiektu_i)
   3. [Cel i zakres badań](#_Cel_i_zakres)
2. [Model symulacyjny](#_Model_symulacyjny)
   1. [Implementacja modelu obiektu](#_Implementacja_modelu_obiektu)
   2. [Weryfikacja](#_Weryfikacja)
3. [Badania symulacyjne](#_Badania_symulacyjne)
   1. [Plan badań symulacyjnych](#_Plan_badań_symulacyjnych)
   2. [Wyniki badań symulacyjnych](#_Wyniki_badań_symulacyjnych)
4. [Podsumowanie](#_Podsumowanie)
5. [Źródła](#_Źródła)
6. Link do repozytorium

# Określenie obiektu symulacji

## Opis i założenia obiektu symulacji

Obiektem, który postanowiliśmy zasymulować są kasy w sklepie spożywczym. Rozważamy sklep posiadający dwa rodzaje kas: samoobsługowe oraz klasyczne „obsługowe” z kasjerem. Chcemy porównać wydajność tych kas, poprzez porównanie czasu obsługi pojedynczego klienta oraz ilości obsłużonych w ciągu dnia klientów. W celu jak najdokładniejszego oddania rzeczywistości przeanalizowaliśmy badania przeprowadzone przez instytucje takie jak CBOS czy GUS. Jako pierwowzór symulowanego sklepu przyjęliśmy popularny dyskont Biedronka.

Zasadniczą różnicą pomiędzy kasami, jest szybkość skanowania produktu. W kasach tradycyjnych szybkość skanowania jest większa, ponieważ kasjerzy są szkoleni w tym zakresie oraz mają większe doświadczenie niż klienci.

Kolejną istotną różnicą jest możliwość płatności gotówką. Z tego powodu, klienci preferujący ten typ płatności będą stawać w kolejce do kas tradycyjnych, gdyż w kasach samoobsługowych wykluczyliśmy tę możliwość.

#### *Założenia symulacji*

* Symulujemy jeden dzień działania sklepu (od 6:00 do 22:00).
* Klient zawsze wybiera najkrótszą kolejkę.
* Zakładamy jedną prędkość skanowania produktów dla kasjerów.
* Prędkość skanowania klientów jest losowana z rozkładu normalnego, jednak nie jest ona większa niż prędkość kasjerów.
* Wiek klienta jest losowany z przedziałów z odpowiednią wagą na podstawie demografii miasta Wrocław.
* Na czas obsługi wpływa ilość kupowanych przez klienta produktów. Jest ona zależna od wieku klienta i losowana na podstawie badań. Początkowo losowana jest wielkość zakupów (duże, małe, średnie), a następnie na tej podstawie losowana jest konkretna ilość z przyjętych przez nas przedziałów.
* Czas obsługi zależy również od metody płatności, ponieważ każda ma inną szybkość realizacji.

## Parametry obiektu i wskaźniki jakości

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Parametry** | kasy samoobsługowe | | | | | | | kasy tradycyjne | | | | | |
| PROBABILISTYCZNE | **przedział wiekowy** | Rozkład kategoryczny[[1]](#_[1]https://wroclaw.stat.gov.pl/file) | | | | | | | | | | | | |
| **wiek klienta** | przedział | "18-24" | | "25-34" | | "35-44" | | | "45-54" | | "55-64" | | "65+" |
|  |  | |  | |  | | |  | |  | |  |
| **wielkość zakupów** | Rozkład kategoryczny zależny od wieku[[2]](#_[2]https://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/) | | | | | | | | | | | | |
| **ilość zakupów** | „małe” | | „średnie” | | | | | „duże” | | | | „random” | |
|  | |  | | | | |  | | | |  | |
| **czas skanowania produktu** |  | | | | | | |  | | | | | |
| **preferowany rodzaj płatności** | Rozkład kategoryczny zależny od wieku[[3]](#_[3]https://static.nbp.pl/systemy/pl) | | | | | | | | | | | | |
| **czas między klientami** | Rozkład wykładniczy o parametrze λ(t) (ruchliwość dnia)  Nadana wzorem: | | | | | | | | | | | | |
| DETERMINISTYCZNE | **ruchliwość dnia** |  | | | | | | | | | | | | |
| **czas płatności** [**[4]**](#_[4]_https://bank.pl/na-zakupy-najle) | gotówka | | | | karta (duże zakupy) | | | | | karta (małe zakupy) | | | |
|  | | | |  | | | | |  | | | |
| **czas pakowania produktu** |  | | | | | | | | | | | | |
| **ilość kas** | Liczba naturalna z przedziału [3, 8] | | | | | | Liczba naturalna z przedziału [2, 4] | | | | | | |
| **czas działania** |  | | | | | | | | | | | | |

#### Wskaźniki jakości:

Ilość obsłużonych klientów:

Średni czas obsługi klienta:

Najdłuższa kolejka w ciągu dnia:

Przedłużenie obsługi klientów:

## Cel i zakres badań

Celem przeprowadzanej przez nas symulacji jest sprawdzenie, który rodzaj kas obsłuży więcej klientów w ciągu dnia oraz porównanie średniego czasu obsługi klienta w różnych kasach.

Będziemy badać wpływ konfiguracji ilości kas różnego rodzaju oraz ruchliwości dnia na jakość obsługi klienta. Sprawdzimy jaki wpływ na długość kolejki ma ruchliwość.

# Model symulacyjny

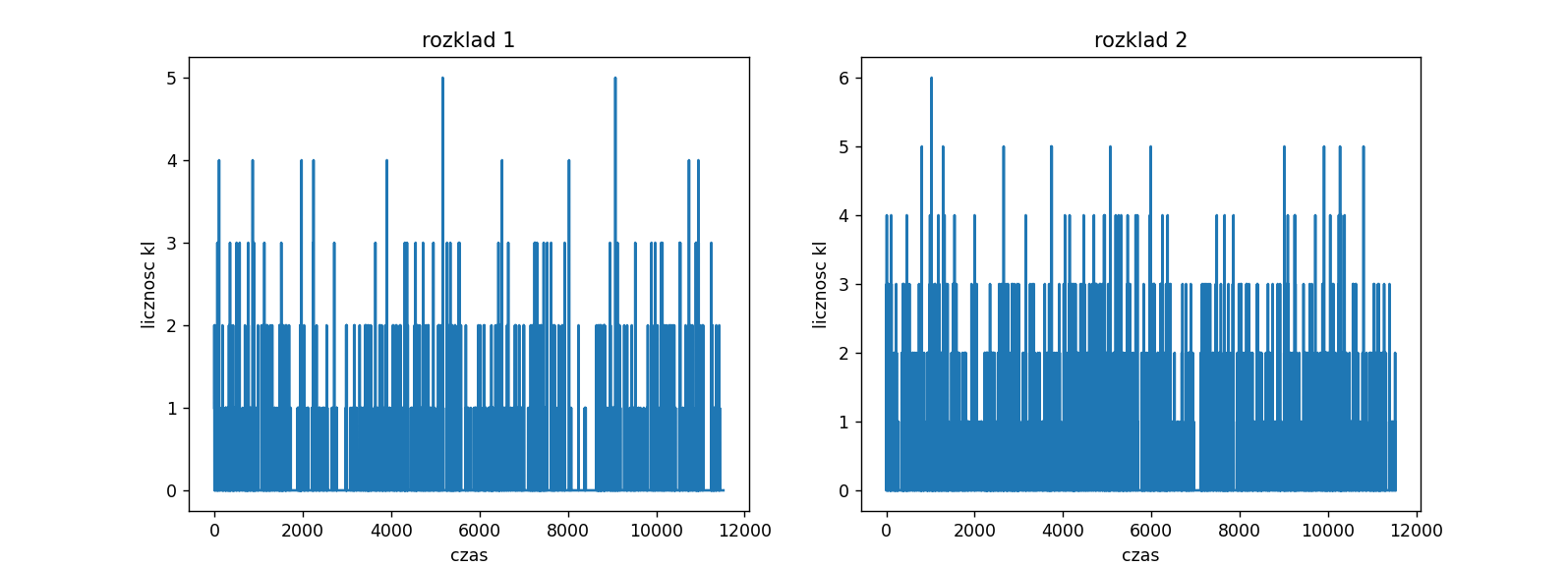
## Implementacja modelu obiektu

Generowanie Klienta

Generowanie klienta polega na wylosowaniu czasu, między klientem przychodzącym w danym czasie t0 ,a kolejnym klientem. Następnie, po „odczekaniu” tego czasu, zostaje dodany klient do odpowiedniej kolejki i proces się powtarza, do upływu zakładanego czasu w parametrach początkowych. Generowanie klienta odbywa się za pomocą losowania z rozkładu wykładniczego, którego parametr ( λ ) posiada własność sinusoidalną, opisaną poniżej.

, gdzie – param. początkowy, A – amplituda, – częstotliwość

Wykorzystanie wzoru w generowaniu kolejnych klientów daje następujący efekt:



Wykres 1: Liczność wygenerowanych klientów w interwałach czasowych ( z różnymi parametrami )

W porównaniu do zwykłego rozkładu wykładniczego, możemy zaobserwować większą ruchliwość oraz jej brak w pewnych interwałach. Wraz ze wrostem amplitudy, zwiększa się wpływ efektu na rozkład, więc dla uproszczenia przyjęliśmy, że jest stały. Suma obsłużonych klientów jest zależna od oraz częstotliwości.

Przydzielanie Klienta do kas

Każdy klient ma przekonanie, że najkrótsza kolejka = najszybsza kolejka. Każdy klient wybiera najkrótszą kolejkę w momencie jego wygenerowania.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Fragment kodu 1: Przydzielanie klienta do kas

Kolejki mają następującą architekturę:

Obraz zawierający tekst, numer, Czcionka, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 1: Porównanie rodzajów kolejek do kas

Możemy zauważyć, że do kas samoobsługowych została przydzielona jedna kolejka, ze względu na ich małą ilość ( zwyczajowo ), choć we współczesnym świecie zaczyna się to drastycznie zmieniać, lecz takie są nasze założenia. Kolejki do kas zwykłych zaś, są tak jak w każdym sklepie – 1 kolejka do 1 kasy.

Proces skanowania, pakowania oraz płatność

Proces skanowania jest zależny od wygenerowanych zmiennych przy tworzeniu klienta. Skanowanie w kasach samoobsługowych jest zależne od czasu skanowania jednego produktu dla samego klienta. Proces ten jest ustandaryzowany oraz jednorodny w kasach obsługowych ( czas skanowania eksperta ). Po zeskanowaniu produktów w kasie samoobsługowej, klient pakuje produkty. W kasach obsługowych, klient w czasie skanowania jego produktów przez kasjera, może pakować jego produkty, czym oszczędza na czasie. Następnie, klient płaci za zakupy. Zakładamy wyłącznie płatność bezgotówkową w kasach samoobsługowych, co może być powodem pewnego uprzedzania dot. wyboru kas ( zawarte w przydzieleniu do kas ). Płatność gotówkowa zajmuje dłużej niż płatność bezgotówkowa, która z kolei jest podzielona na 2 rodzaje: płatność kartą bez potwierdzenia oraz z potwierdzeniem. Stałe czasu płatności oraz potwierdzenia zostały zawzięte z dostępnych badań.

Dodatkowo, długość obsługi **nie obejmuje** stania w kolejce.

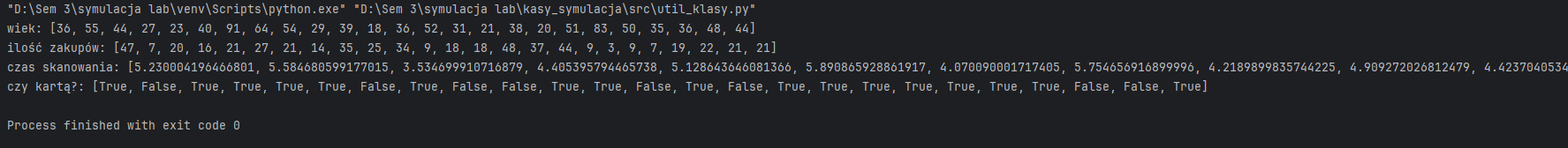
## Weryfikacja

|  |  |
| --- | --- |
| **zmienna** | **komentarz** |
| wiek | Wartości są dodatnie, zgodne z przyjętym zakresem. |
| ilość zakupów | Wartości są dodatnie, zachowują się zgodnie z przyjętym rozkładem. |
| czas skanowania klienta | Wartości są dodatnie i >=2, zachowują się zgodnie z przyjętym rozkładem. |
| rodzaj płatności | Przyjmuje wartość True dla płatności kartą i False dla płatności gotówkowej, zgodnie z założeniem. |

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Wykres

Opis wygenerowany automatycznie

Weryfikacja czasu skanowania ( dla przykładowo wygenerowanych klientów)



Wynik przykładowego wygenerowania klientów.

# Badania symulacyjne

## Plan badań symulacyjnych

Wybraliśmy dwupoziomowy plan badań. Na ten plan składają się parametry przedstawione w tabeli poniżej. Łączna liczba uruchomień symulacji będzie wynosić (w związku z uwzględnieniem losowości).

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartości** |
| ilość kas samoobsługowych | [3, 8] |
| ilość kas tradycyjnych | [2, 4] |
| ruchliwość dnia | [, ] \* |

\*rzeczywista suma klientów:

## Wyniki badań symulacyjnych

* Wariant 1

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 3 |
| ilość kas tradycyjnych | 2 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 697 \ 546 | 714 \ 539 | 713 \ 574 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 128.7547 \ 251.0147 | 125.5168 \ 240.3692 | 133.4530 \ 236.0505 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 15 \ 15 | 14 \ 14 | 11 \ 11 |
| przedłużenie obsługi klientów | 606 | 590 | 97 |
| suma klientów | 1243 | 1253 | 1287 |

**Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie**wykres: próba 1

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Wykres

Opis wygenerowany automatyczniewykres: próba 2

Obraz zawierający zrzut ekranu, Wielobarwność, tekst, Wykres

Opis wygenerowany automatyczniewykres: próba 3

* Wariant 2

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 3 |
| ilość kas tradycyjnych | 4 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 734 \ 466 | 828 \ 478 | 791 \ 470 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 128.1144 \ 234.1245 | 125.1159 \ 237.3431 | 125.2200 \ 239.0596 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 3 \ 3 | 5 \ 5 | 3 \ 3 |
| przedłużenie obsługi klientów | 296 | 382 | 231 |
| suma klientów | 1200 | 1306 | 1261 |

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 1

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 2

Obraz zawierający tekst, Wykres, zrzut ekranu, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 3

* Wariant 3

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 3 |
| ilość kas tradycyjnych | 2 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 1570 \ 1041 | 1417 \ 997 | 1428 \ 991 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 122.8930 \ 239.9606 | 130.7953 \ 239.1876 | 129.4006 \ 238.5419 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 317 \ 317 | 273 \ 271 | 277 \ 278 |
| przedłużenie obsługi klientów | 40245 | 36045 | 37362 |
| suma klientów | 2611 | 2414 | 2419 |

Obraz zawierający diagram, tekst, Wykres, linia

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 1

Obraz zawierający tekst, diagram, linia, Wykres

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 2

Obraz zawierający diagram, Wykres, linia, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 3

* Wariant 4

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 3 |
| ilość kas tradycyjnych | 4 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 1842 \ 699 | 1686 \ 683 | 1792 \ 709 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 123.6156 \ 244.9456 | 126.3529 \ 240.7950 | 126.0848 \ 241.4245 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 26 \ 26 | 18 \ 18 | 21 \ 20 |
| przedłużenie obsługi klientów | 2652 | 2693 | 1218 |
| suma klientów | 2541 | 2369 | 2501 |

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 1

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 2

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 3

* Wariant 5

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 8 |
| ilość kas tradycyjnych | 2 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 576 \ 808 | 490 \ 677 | 508 \ 730 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 126.9653 \ 234.8131 | 129.4571 \ 241.0798 | 128.0846 \ 241.2548 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 7 \ 6 | 6 \ 6 | 7 \ 6 |
| przedłużenie obsługi klientów | 372 | 304 | 259 |
| suma klientów | 1384 | 1167 | 1238 |

Obraz zawierający zrzut ekranu, Wykres, tekst, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 1

Obraz zawierający Wykres, diagram, tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 2

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Wykres

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 3

* Wariant 6

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 8 |
| ilość kas tradycyjnych | 4 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 549 \ 703 | 582 \ 779 | 585 \ 734 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 130.3534 \ 234.5576 | 129.9536 \ 255.7445 | 131.7590 \ 246.6104 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 3 \ 2 | 2 \ 2 | 3 \ 3 |
| przedłużenie obsługi klientów | 314 | 464 | 311 |
| suma klientów | 1252 | 1361 | 1319 |

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Wykres

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 1

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Wykres

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 2

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, diagram, Wykres

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 3

* Wariant 7

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 8 |
| ilość kas tradycyjnych | 2 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 1105 \ 1684 | 1036 \ 1584 | 967 \ 1401 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 127.3403 \ 239.2197 | 129.7944 \ 241.9274 | 132.2130 \ 241.9058 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 105 \ 37 | 81 \ 38 | 71 \ 20 |
| przedłużenie obsługi klientów | 13656 | 11012 | 7278 |
| suma klientów | 2789 | 2620 | 2368 |

Obraz zawierający Wykres, zrzut ekranu, tekst, diagram

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 1

Obraz zawierający zrzut ekranu, Wykres, diagram, tekst

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 2

Obraz zawierający zrzut ekranu, Wykres, diagram, tekst

Opis wygenerowany automatycznie wykres: próba 3

* Wariant 8

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 8 |
| ilość kas tradycyjnych | 4 |
| ruchliwość dnia |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **wskaźnik jakości** | **uruchom. 1** | **uruchom. 2** | **uruchom. 3** |
| ilość obsłużonych klientów (trad \ sam) | 1298 \ 1263 | 1229 \ 1260 | 1328 \ 1275 |
| średni czas obsługi (trad \ sam) | 126.1140 \ 238.5701 | 132.7697 \ 232.6294 | 126.1137 \ 240.9898 |
| najdłuższa kolejka (trad \ sam) | 6 \ 5 | 5 \ 5 | 7 \ 7 |
| przedłużenie obsługi klientów | 454 | 558 | 360 |
| suma klientów | 2561 | 2489 | 2603 |

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, Wielobarwność

Opis wygenerowany automatyczniewykres: próba 1

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie

Wykres: próba 2

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatyczniewykres: próba 3

## Testy hipotez

W celu uproszczenia sprawozdania postanowiliśmy przetestować podane wcześniej hipotezy tylko dla wybranych konfiguracji parametrów. Oczywiście zdajemy sobie sprawę, że pełne badania wymagają weryfikacji dla każdej konfiguracji parametrów, mimo to zdecydowaliśmy się na to spłycenie. Wyniki są brane dla 3 uruchomień symulacji.

Ponieważ ilość klientów w ciągu dnia nie ma według nas znaczącego wpływu na średni czas obsługi klientów, przyjmiemy stałą wartość ruchliwości dnia  **.** Przetestujemy hipotezę dla dwóch wariantów: min(ilość kas samoobsługowych) i max(ilość kas tradycyjnych) oraz odwrotnie. Są to dwa skrajne warianty – sklep preferujący kasy tradycyjne i sklep preferujący kasy samoobsługowe. Dzięki temu sprawdzimy nie tylko hipotezę, ale również czy zmiana konfiguracji sklepu ma wpływ na średni czas obsługi w kasach tradycyjnych.

Do weryfikacji hipotezy wykorzystaliśmy test dwóch średnich.

* Wariant 1: sklep preferujący kasy tradycyjne

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 3 |
| ilość kas tradycyjnych | 4 |
| ruchliwość dnia |  |

Średni czas obsługi klienta:

Wynik:

Dane nie pochodzą z rozkładu normalnego.

Test Wilcoxona: statystyka = 21372.0000, p-wartość = 0.0000

Wniosek: Średnie czasy obsługi klienta są statystycznie różne od siebie. Mediana dla kas samoobslugowych jest statystycznie różna od mediany dla kas tradycyjnych

* Wariant 2: sklep preferujący kasy samoobsługowe

|  |  |
| --- | --- |
| **Parametr** | **Wartość** |
| ilość kas samoobsługowych | 8 |
| ilość kas tradycyjnych | 2 |
| ruchliwość dnia |  |

Średni czas obsługi klienta:

Wynik:

Dane nie pochodzą z rozkładu normalnego.

Test Wilcoxona: statystyka = 55974.0000, p-wartość = 0.0000

Wniosek: Średnie czasy obsługi klienta są statystycznie różne od siebie. Mediana dla kas samoobslugowych jest statystycznie różna od mediany dla kas tradycyjnych

Wnioski: Średnie czasy obsługi klienta różnią się od siebie niezależnie od konfiguracji

Aby zweryfikować tę hipotezę porównamy ilość obsłużonych klientów w kasach samoobsługowych i tradycyjnych. Porównamy wyniki symulacji dwóch skrajnych wariantów jak dla hipotezy powyżej.

* Wariant 1: sklep preferujący kasy tradycyjne

Ilość obsłużonych klientów

Wynik: Odrzucamy hipoteze H\_1

* Wariant 2: sklep preferujący kasy samoobsługowe

Ilość obsłużonych klientów

Wynik: Przyjmujemy hipoteze H\_1

Wnioski: Ilość obsłużonych klientów, ze względu na rodzaj kas jest zależny od konfiguracji sklepu

Do weryfikacji tej hipotezy wykorzystaliśmy test Manna-Whitneya. Porównamy maksymalną długość kolejki dla obu wartości ruchliwości dnia i sprawdzimy wyniki dla wariantów z powyższych testów.

* Wariant 1: sklep preferujący kasy tradycyjne

Maksymalna długość kolejki

Wynik:

Statystyka testowa: 1.0000

Wartość p: 0.5000

Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej: Nie mamy wystarczających dowodów na wzrost długości kolejki.

* Wariant 2: sklep preferujący kasy samoobsługowe

Maksymalna długość kolejki

Wynik:

Statystyka testowa: 1.0000

Wartość p: 0.5000

Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej: Nie mamy wystarczających dowodów na wzrost długości kolejki.

Wnioski: Nie mamy dowodów na to, że wraz ze wzrostem liczby klientów, rośnie maksymalna długość kolejki

##### Funkcje do testowania hipotez:

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

# Podsumowanie

Celem symulacji było porównanie wydajności kas samoobsługowych i tradycyjnych w sklepie spożywczym. Analizowano czas obsługi klientów, liczbę obsłużonych osób oraz długość kolejek w różnych konfiguracjach kas. Model uwzględniał różne czynniki, takie jak wiek klientów, wielkość zakupów i metodę płatności.

**Główne wnioski:**

1. **Średni czas obsługi** – Kasy tradycyjne zapewniają krótszy czas obsługi w porównaniu do kas samoobsługowych. Wyniki testów statystycznych potwierdziły, że różnice są istotne.
2. **Liczba obsłużonych klientów** – Zależy od konfiguracji sklepu. W przypadku większej liczby kas tradycyjnych obsłużonych było więcej klientów niż w układzie dominującym kasami samoobsługowymi.
3. **Maksymalna długość kolejki** – Testy wykazały, że wzrost liczby klientów nie wpływał znacząco na maksymalną długość kolejki, co sugeruje, że system kolejkowy działał efektywnie.
4. **Preferencje klientów** – Klienci kierowali się długością kolejki przy wyborze kasy, co mogło wpływać na wydłużenie czasu obsługi w kasach samoobsługowych.
5. **Wpływ gotówki na wybór kasy** – Ograniczenie płatności gotówkowej do kas tradycyjnych powodowało, że część klientów świadomie unikała kas samoobsługowych.
6. **Zależność zwiększonego ruchu, a wydłużanie się kolejki** – Z obserwacji wykresów wynika, że dla zwiększającego się ruchu w danych odstępach czasowych, wpływa na zwiększanie się długości kolejki.

Podsumowując, choć kasy samoobsługowe mogą odciążyć kasy tradycyjne, ich efektywność zależy od umiejętności klientów i liczby stanowisk. W zależności od preferencji sklepu (minimalizacja kolejek vs. oszczędność na kasjerach) optymalna konfiguracja kas może się różnić. Z tego powodu sklepy nie poprzestają na stałej liczbie kasjerów, a wprowadzają dynamiczne otwieranie oraz zamykanie kas w zależności od długości kolejek, by odciążyć kolejki już istniejące.

# Źródła

##### [1]<https://wroclaw.stat.gov.pl/files/gfx/wroclaw/pl/defaultstronaopisowa/1880/1/2/dz_5_ludnosc_2023.pdf>

##### [2] <https://www.cbos.pl/SPISKOM.POL/2013/K_094_13.PDF>

##### [3] <https://static.nbp.pl/systemy/platniczy/Zwyczaje-platnicze-w-Polsce-2023.pdf>

##### [4] <https://bank.pl/na-zakupy-najlepiej-bez-gotowki/>

# Link do repozytorium

<https://github.com/LepsyMikolaj3301/kasy_symulacja>

**Do dalszych testów i zabawy zapraszamy na** **githuba!**