

234060-0723 Zaawansowane modelowanie symulacyjne

Raport zaliczeniowy

Call Center

Magdalena Chmiel 81659

Paulina Miksa 116699

Berenika Perkowska 116236

Maria Woźny 82742

Warszawa, 16.01.2023

# Podsumowanie

Cel niniejszego raportu stanowiła optymalizacja systemu kolejki połączeń do działu call center przedsiębiorstwa ‘AllCall’. Proces ten miał pozwolić na minimalizację czasu oczekiwania na linii osób chcących skorzystać z usług telefonicznej obsługi klienta, przy jednoczesnym zachowaniu satysfakcji klienta, a także optymalizacja wykorzystania stanowiska konsultanta w ciągu 10-godzinnego dnia pracy, tak aby zapewnić największe korzyści firmie. Zostały wzięte pod uwagę różne natężenia połączeń klientów w zależności od pory dnia oraz różne kwalifikacje pracowników przekładające się na różny czas obsługi pojedynczego klienta. Przeanalizowane zostały różne scenariusze struktury zatrudnienia - sytuacja w której zatrudnieni są wszyscy aktualni pracownicy oraz sytuacje, w których poszczególny pracownik jest zwalniany. W raporcie przeprowadzona została także analiza wrażliwości odzwierciedlająca wpływ zmian wybranych parametrów na rozwiązanie optymalne.

# Opis organizacji

Firma ‘AllCall’ prowadząca działalność na rynku produktów RTV i AGD, aby zwiększyć swoją sprzedaż i konkurencyjność na rynku, a także rozszerzyć kanały komunikacji utworzyła dział call center wykonujący usługi z zakresu telefonicznej obsługi klienta. Z uwagi na to, że dział jako nowo powstały dopiero wdraża swoje usługi, firma pracuje nad jego organizacją. Aktualnie dział ten zatrudnia 4 konsultantów o różnych kwalifikacjach, na podstawie których ustalane są ich zarobki. Czas pracy a zarazem czas obsługi klientów trwa 10 godzin dziennie w przedziale czasowym od 8:00-18:00. Analitycy zaobserwowali, że w różnych porach dniach występuje różne natężenie połączeń klientów, dlatego w godzinach szczytu czas oczekiwania na połączenie z konsultantem jest wydłużony. Dział call center dąży do ustalenia jaka konfiguracja zatrudnienia pracowników pozwoli na najlepsze wykorzystanie stanowiska przy możliwie najkrótszym czasie obsługi klienta. Problem został rozwiązany za pomocą symulacji systemu kolejkowego.

# Opis problemu

Celem analizy jest minimalizacja średniego czasu oczekiwania klientów na połączenie z konsultantem, a także maksymalizacja wykorzystania stanowiska. Rozumiemy przez to, że dany pracownik jest efektywny przez cały swój czas pracy tj. 10 godzin, a więc nie ma przerw wynikających z braku klientów oczekujących na połączenie.

Problem został rozwiązany za pomocą **symulacji systemu kolejkowego**.

## Potencjalne skutki decyzji

Optymalizacja systemu kolejki podczas oczekiwania na linii firmy ‘AllCall’ daje szansę na obsłużenie większej liczby klientów, co przełoży się na korzyści i wizerunek firmy. Krótki czas oczekiwania i szybkie połączenie z konsultantem zdecyduje o znacznym zadowoleniu klientów i zaciśnięciu ich relacji z firmą. Można się wtedy spodziewać, że klienci chętniej skorzystają ponownie z usług firmy i samego działu call center. Ponadto, maksymalne wykorzystanie stanowiska pozwoli na pełne wykorzystanie zasobów, co umożliwi decyzję o ich odpowiednim zalokowaniu. Analiza wyników pozwoli ustalić firmie ilu pracowników powinna zatrudniać, a także ile przeznaczać kapitału na wypłaty dla pracowników. Optymalizacja obu tych wariantów daje szansę na umocnienie pozycji firmy na rynku oraz zwiększenie jej dochodów.

## Założenia:

* call center zatrudnia 4 pracowników: najlepszy, dobry, średni, gorszy, których różnicuje czas obsługi klienta,
* czas obsługi klienta/dzienny czas pracy dzień pracy obejmuje 10 godzin (8:00-18:00),
* przyjęte zostają z góry ustalone rozkłady czasów obsługi oraz pojawiania się nowego klienta,

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **najlepszy** | | **dobry** | | **średni** | | **najgorszy** | |
| **czas** | **częstotliwość** | **czas** | **częstotliwość** | **czas** | **częstotliwość** | **czas** | **częstotliwość** |
| 3 | 25 | 4 | 35 | 6 | 25 | 8 | 15 |
| 4 | 30 | 5 | 25 | 7 | 25 | 9 | 25 |
| 5 | 30 | 6 | 20 | 8 | 30 | 10 | 40 |
| 6 | 25 | 7 | 20 | 9 | 20 | 11 | 20 |

Tabela Ustalone rozkłady obsługi klienta według pracownika

* odstępy pomiędzy przybyciem kolejnego klienta rano (w godzinach 8:00-12:00) są losowane z innego rozkładu niż odstępy w porze popołudniowej (tj. między 12:00 a 18:00). Obydwa rozkłady są z góry ustalone.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **rano** | | **po południu** | |
| **czas** | **częstotliwość** | **czas** | **częstotliwość** |
| 1 | 35 | 1 | 20 |
| 2 | 30 | 2 | 15 |
| 3 | 30 | 3 | 10 |
| 4 | 25 | 4 | 5 |

Tabela Ustalone rozkłady przybycia klienta

* wartości czasu podane są w minutach
* nowy klient jest obsługiwany przez pracownika najlepszego spośród wszystkich wolnych w danym momencie.

## Ograniczenia

* przerwy pracowników nie są uwzględniane w analizie,
* nie zakładamy, że klient może się rozłączyć w trakcie oczekiwania na połączenie z konsultantem bez względu na długość czasu na linii (tzn. klient czeka w kolejce dowolną ilość czasu na połączenie)

## System kolejkowy

Symulacja kolejki:

* Zgłoszenia: połączenia od klientów pojawiające się w losowo wygenerowanych momentach,
* Zasoby: 4 konsultantów o różnym średnim czasie obsługi klienta - najlepszy, dobry, średni, gorszy (różna i ograniczona pojemność zgłoszeń),
* Kolejka: linia na której klienci oczekują na swoje połączenie z konsultantem ( FIFO). Klient, który dzwoni na infolinię, gdy kolejka jest pusta obsługiwany jest od razu przez najlepszego z dostępnych konsultantów. Jeśli wszyscy konsultanci są zajęci, klient ustawia się w kolejce.

# Analiza wyników

W celu odpowiedzi na zadane pytania wykorzystano model symulacyjny, gdzie rozważano następujące warianty:

* A - pracują wszyscy dotychczas zatrudnieni konsultanci,
* B - pracują konsultanci: dobry, średni, gorszy; najlepszy jest zwalniany,
* C - pracują konsultanci: najlepszy, średni, gorszy; dobry jest zwalniany,
* D - pracują konsultanci: najlepszy, dobry, gorszy; średni jest zwalniany,
* E - pracują konsultanci: najlepszy, dobry, średni; gorszy jest zwalniany.

Dla każdego wariantu przeprowadzono 1000 symulacji przebiegu 10-godzinnego dnia pracy. W każdej symulacji obliczano:

* średni czas oczekiwania na połączenie z konsultantem przez klienta,
* łączny czas spędzony na faktycznej pracy (tzn. obsługę połączeń) przez każdego z pracujących konsultantów,
* łączną liczbę klientów obsłużoną przez każdego pracownika.

Następnie na podstawie uzyskanych danych obliczano:

* średni czas oczekiwania na połączenie z konsultantem przez klienta dla każdego wariantu,
* wykorzystanie stanowiska przez każdego konsultanta pracującego w danym wariancie (miara zdefiniowana jako iloraz średniego łącznego czasu spędzonego na odbieraniu telefonów przez konsultanta oraz czasu pracy (600 minut).

W pierwszej kolejności pracy nad modelem wygenerowano i zarejestrowano momenty, w których dzwonią klienci chcący porozmawiać z konsultantem. Momenty te wygenerowano na podstawie wyżej podanych rozkładów przybycia (rozkład ranny i popołudniowy).

Każdy z analizowanych wariantów różni się składem konsultantów. Ponadto konsultanci są tak szybcy jak opisujące ich rozkłady, a zatem średnio najlepszy obsługuje klientów najszybciej, dobry szybko, średni trochę wolniej, a gorszy najwolniej. Z tego powodu, mimo że w każdej symulacji klienci pojawiają się w tych samych momentach (ustawiono ziarno), liczba oczekujących na połączenie w poczekalni różni się w każdym wariancie.

Stany zapełnienia poczekalni w zależności od wariantu został zwizualizowane na wykresach znajdujących się w poniższej tabeli:

|  |  |
| --- | --- |
| A (wszyscy) | B (bez najlepszego) |
| C (bez dobrego) | D (bez średniego) |
| E (bez gorszego) | |

Tabela Zapełnienie poczekalni w zależności od wariantu

Jak widać, poczekalnia jest najmniej zapełniona w wariancie A - jest to oczywiste, ponieważ wtedy zamiast jedynie trzech konsultantów, pracuje wszystkich czterech. W tym wariancie ani razu nie zdarza się, aby więcej niż 3 osoby oczekiwały na połączenie. Gdy najgorszy konsultant zostanie zwolniony (wariant E), poczekalnia jest nieco bardziej obciążona - częściej oczekują 3 osoby, ale maksymalnie oczekujących jest 5. Jeśli zwolniony zostanie średni, dobry albo najlepszy, poczekalnia staje się kolejno coraz bardziej obciążona. W przypadku wariantu D maksymalna liczba osób w poczekalni nie przekracza 16, w przypadku wariantu C - 27, natomiast w przypadku wariantu B na końcu dnia sięga ona aż 50 osób.

Zaobserwowane tendencje są logiczne i zgodne z intuicją - im lepszego konsultanta się pozbywamy, tym dłużej klienci są obsługiwani, przez co dłużej muszą czekać na połączenie, a poczekalnia szybciej się wypełnia.

Poniższa tabela zestawia średnie wartości czasu oczekiwania na połączenie z konsultantem oraz wykorzystanie stanowiska przez każdego pracownika we wszystkich wariantach.



Tabela Wartości zmiennych dla każdego wariantu

W wariancie A średni czas oczekiwania na połączenie z konsultantem jest najniższy i wynosi 0.26 minuty, czyli w przybliżeniu 16 sekund. Czas ten staje się tym większy, im lepszego konsultanta zwolnimy - kolejno dla wariantów E, D, C, B wynosi 1 minutę i 37 sekund, 3 minuty i 22 sekundy, 14 minut i 24 sekundy oraz 27 minut i 47 sekund. Intuicyjnie czuć, że czas dla wariantu A jest najlepszy i pożądany, czasy dla wariantów E i D są nieco gorsze, ale wciąż akceptowalne, natomiast czasy ostatnich dwóch wariantów pewnie dla wielu klientów byłyby nie do zaakceptowania. Model nie uwzględnia możliwości rozłączenia się przez zniecierpliwionego klienta, jednak jest to zdarzenie, które z pewnością miałoby miejsce w rzeczywistości, jeśli zwolniony zostałby najlepszy bądź dobry pracownik (ta obserwacja będzie miała znaczenie przy ostatecznej decyzji).

Wykorzystanie stanowiska przez konsultanta zdefiniowane jest jako iloraz sumy czasu, jakie dany konsultant spędził na rozmowie z klientami oraz łącznego czasu pracy, tzn. 600 minut.

Analizując otrzymane wyniki pod względem wykorzystania stanowiska widzimy, że każdy pracownik ma najwięcej czasu wolnego w wariancie A (czyli gdy pracują wszyscy). W przypadku wariantów B i C, czyli gdy usunięty jest pracownik najlepszy lub dobry, wszyscy konsultanci pracują przez 100% albo niemal 100% swojego czasu. Kiedy nie pracuje konsultant średni pozostali konsultanci pracują przez 91-93% swojego czasu, natomiast kiedy nie pracuje konsultant gorszy pracują oni przez 85-90% czasu.

Poniższa tabela zawiera histogramy pokazujące zagregowane ilości obserwacji wpadających w dany przedział średnich czasów oczekiwania na połączenie z konsultantem oraz wartości zmiennych dla każdego z wariantów.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Wariant | Histogramy: czas oczekiwania na połączenie z konsultantem | Średni czas oczekiwania na połączenie z konsultantem oraz wykorzystanie stanowiska przez każdego konsultanta |
| A |  |  |
| B |  |  |
| C |  |  |
| D |  |  |
| E |  |  |

Tabela Histogramy oraz wartości zmiennych

Warto zauważyć, że im lepszego konsultanta zwolnimy, tym większą histogram wykazuje tendencję centralną. Kiedy zwalniani są coraz gorsi konsultanci, histogram nabiera coraz więcej asymetrii prawostronnej. Analizując kolejno warianty A oraz od E do B widzimy dodatkowo, że średnie czasy oczekiwania wydłużają się.

Wszystkie wnioski są logiczne i zgodne z intuicją. Im więcej konsultantów jest zatrudnionych, tym mniej osób czeka w kolejce, ponieważ są one szybciej obsługiwane. Wykorzystanie stanowiska jest tym większe, im mniej pracuje konsultantów oraz im gorsi są pracujący konsultanci.

Uwzględniając zarówno maksymalizacje wykorzystania stanowiska jak i minimalizacje czasu oczekiwania jako rozwiązanie optymalne zostało wybrane zwolnienie pracownika ‘średniego’ (średni czas oczekiwania - 3 minut i 22 sekund, wykorzystanie stanowisk na poziomie 91-92%).

# 

# Analiza wrażliwości

Przeprowadzona analiza wrażliwości miała na celu zbadanie wpływu zmian parametrów na rozwiązanie optymalne w dwóch przypadkach. Pierwszy z nich stanowi sytuacja, w której uchylone zostaje założenie o tym, iż czasy przybycia klientów pochodzą z różnych rozkładów. Pierwotnie wyodrębniono tzw. godziny szczytu, w czasie których osoby pojawiały się w kolejce z większą częstotliwością, niż miało to miejsce w godzinach 8:00-12:00. Postanowiono jednak uchylić to założenie i zbadać, jak kształtują się wyniki symulacji w przypadku, gdy częstotliwość pojawiania się klientów nie jest różnicowana przez porę dnia i stale pochodzi z rozkładu przyjętego uprzednio dla godzin 8:00 - 12:00. Tabela 5stanowi zestawienie średniego stopnia wykorzystania poszczególnych stanowisk oraz czasu oczekiwania klientów dla różnych konfiguracji zatrudnienia. Wyniki otrzymano na podstawie 1000 iteracji.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zatrudnieni pracownicy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **najlepszy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **dobry** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **średni** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **gorszy** | **Średni czas oczekiwania (w minutach)** |
| **najlepszy, dobry, średni, gorszy** | 76% | 72% | 66% | 55% | 0.14 |
| **najlepszy, dobry, średni** | 85% | 82% | 79% | 0 | 0.76 |
| **najlepszy, dobry, gorszy** | 89% | 86% | 0 | 87% | 1.36 |
| **najlepszy, średni, gorszy** | 97% | 0 | 97% | 97% | 6.59 |
| **dobry, średni, gorszy** | 0 | 100% | 100% | 99% | 18.6 |

Tabela Wykorzystanie stanowiska i czas oczekiwania dla różnych wariantów zatrudnienia przy założeniu jednakowych rozkładów częstotliwości pojawiania się klientów

Na podstawie informacji zawartych w tabeli 5,można wnioskować, iż w rozważanej sytuacji rozwiązanie optymalne ulega zmianie. Zatrudnienie wszystkich pracowników z wyłączeniem „dobrego” jest korzystniejsze z punktu widzenia organizacji niż zatrudnienie wszystkich poza „średnim”. Pomimo faktu, iż w pierwszym przypadku średni czas oczekiwania wzrasta do 6.59 minut, to stopień wykorzystania stanowisk jest wyższy o 8-11 punktów procentowych. Ponadto, z uwagi na fakt, iż wysokość wynagrodzenia jest uzależniona od poziomu kompetencji, z punktu widzenia firmy preferowanym rozwiązaniem będzie zatrudnienie pracownika „średniego”, a nie „dobrego”, ponieważ zmniejszy to ponoszone koszty. Tabela 6stanowi zestawienie wartości poszczególnych miar dla rozwiązań optymalnych w przypadku założenia różnych i jednakowych rozkładów pojawiania się klientów.

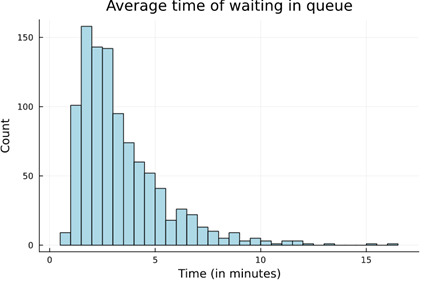
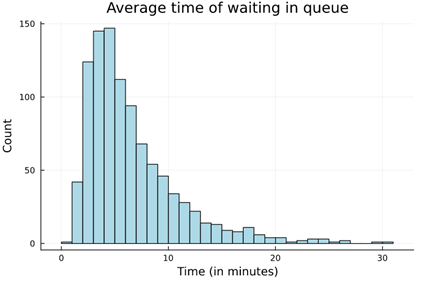
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Częstotliwość przybywania klientów** | **Zatrudnieni pracownicy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **najlepszy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **dobry** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **średni** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **gorszy** | **Średni czas oczekiwania**  **(w minutach)** |
| różna w ciągu dnia | najlepszy, dobry, gorszy | 93% | 91% | 0 | 92% | 3.37 |
| stała w ciągu dnia | najlepszy, średni, gorszy | 97% | 0 | 97% | 97% | 6.59 |

Tabela Wartości parametrów i miar dla rozwiązań optymalnych

Dane zawarte w tabeli *X* wskazują, iż w przypadku przyjęcia jednakowej (porannej) częstotliwości pojawiania się klientów, dla nowego rozwiązania optymalnego średni czas oczekiwania zmniejsza się niemal dwukrotnie, jednakże wiąże się to także ze spadkiem stopnia wykorzystania stanowisk o 4,5 oraz 6 punktów procentowych.

Rysunek 1prezentuje histogram odzwierciedlający rozkład czasu oczekiwania w kolejce w sytuacji niezatrudniania pracownika „dobrego”, a rysunek 2– „średniego”.

**Rysunek 1   Rysunek 2**



*źródło: opracowanie własne źródło: opracowanie własne*

Postanowiono także przeanalizować sytuację, w której czasy obsługi dla każdego z pracowników są homogeniczne i równe co do wartości czasowi obsługi pracownika „dobrego”. Tabela *X* prezentuje wyniki symulacji.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zatrudnieni pracownicy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **1** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **2** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **3** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **4** | **Średni czas oczekiwania (w minutach)** |
| **4** | 78% | 72% | 61% | 41% | 0.07 |
| **3** | 89% | 85% | 78% | 0 | 1.00 |
| **2** | 100% | 100% | 0 | 0 | 54.40 |

Tabela Wykorzystanie stanowiska i czas oczekiwania dla różnych wariantów zatrudnienia przy założeniu homogeniczności pracowników

W oparciu o dane zawarte w tabeli *X* można stwierdzić, iż w rozważanym przypadku rozwiązanie optymalne nie ulega zmianie (liczba zatrudnionych pracowników wynosi 3). Średni czas oczekiwania klienta w kolejce przy zatrudnieniu 2 osób wydłuża się do 54.4 minut, zaś zatrudnienie całej kadry skutkuje zdecydowanie niższym oraz znacznie zróżnicowanym stopniem wykorzystania poszczególnych stanowisk. Z uwagi na przyjęte w procesie optymalizacji cele – minimalizację średniego czasu oczekiwania oraz maksymalizację wykorzystania stanowisk, najbardziej pożądaną w opisywanej sytuacji decyzją będzie zatem zatrudnienie 3 pracowników. Porównanie wartości poszczególnych miar dla rozwiązania optymalnego przy założeniu jednakowych czasów obsługi pracowników oraz jego uchyleniu (wersja podstawowa problemu) znajduje się w tabeli 8*.*

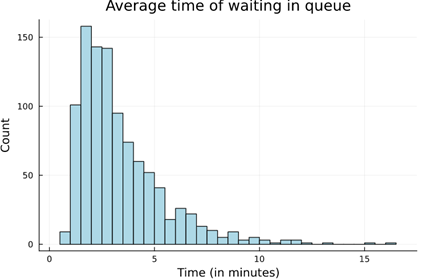
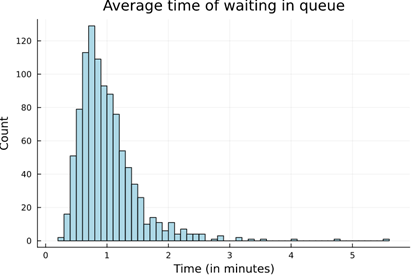
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Zatrudnieni pracownicy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **najlepszy** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **dobry** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **średni** | **Wykorzystanie stanowiska –**  **gorszy** | **Średni czas oczekiwania (w minutach)** |
| **najlepszy, dobry, gorszy** | 93% | 91% | 0 | 92% | 3.37 |
| **3 (każdy o kwalifikacjach „dobrego” pracownika)** | 89% | 85% | 78% | 0 | 1.00 |

Tabela Wartości parametrów i miar dla rozwiązań optymalnych

Zestawienie rozwiązań optymalnych w tabeli *X* wskazuje, iż przy założeniu homogeniczności kwalifikacji pracowników średni czas oczekiwania zmniejsza się ponad 3-krotnie. Jednakże, w przypadku zatrudnienia osób o zróżnicowanych kwalifikacjach (z wyłączeniem pracownika „średniego”), wykorzystanie stanowisk pracy zwiększa się o odpowiednio 4, 6 i 14 punktów procentowych.

Rysunek 3prezentuje rozkład średniego czasu oczekiwania klientów w kolejce w przypadku zatrudnienia 3 osób, z których każda posiada kwalifikacje na poziomie pracownika „dobrego”, zaś rysunek 4– w przypadku zatrudnienia wszystkich pracowników z wyjątkiem „średniego”.

**Rysunek 3 Rysunek 4**



*źródło: opracowanie własne źródło: opracowanie własne*

# Wnioski i zalecenia

Na podstawie analizy symulacyjnej można stwierdzić, iż w przypadku przedsiębiorstwa ‘AllCall’ optymalnym rozwiązaniem byłoby pozostawienie wszystkich 4 obecnych pracowników na swoich stanowiskach, gdyby jedynym celem była minimalizacja czasu oczekiwania klienta na połączenie. W tej sytuacji poczekalnia na linii będzie najmniej zapełniona, a średni czas oczekiwania wyniósłby zaledwie 16 sekund. Zatem gdyby firma zdecydowała się na redukcje etatów z powodu oszczędności, najbardziej optymalnym rozwiązaniem pod względem minimalizacji czasu oczekiwania byłoby zwolnienie zgodnie z intuicją pracownika ‘najgorszego’, co zapewniłby minimalizację czasu oczekiwania na połączenie z konsultantem. Takie rozwiązanie sprawiłoby, że średni czas oczekiwania zostałby wydłużony do 1 minuty i 37 sekund. Jednakże celem analizy jest uwzględnienie także drugiej funkcji celu - maksymalizacji wykorzystania wszystkich stanowisk. Dlatego jako rozwiązanie optymalne zostało wybrane zwolnienie pracownika ‘średniego’. W tej sytuacji średni czas oczekiwania wyniósłby w przybliżeniu około 3 minut i 22 sekund, a wykorzystanie stanowisk utrzymywałoby się na poziomie 91-92%. Scenariusze, w których nie jest zatrudniony pracownik dobry lub najlepszy nie są dopuszczalne, gdyż czas oczekiwania znacznie wydłużyłby się do wartości nieakceptowalnych.

# Bibliografia

Materiały z zajęć Zaawansowane Modelowanie Symulacyjne.

Źródłem wszystkich tabeli i rysunków jest opracowanie własne.