

Sławomir Jasiński, Marek Malarski  
Politechnika Warszawska

## MODEL TYPU MASOWEJ OBSŁUGI STANOWISK KONTROLI RUCHU LOTNICZEGO W SEKTORZE FIR

Streszczenie. Ruch lotniczy jest nadzorowany i sterowany przez system stanowisk kontroli ruchu lotniczego. Stanowisko kontroli ruchu lotniczego zostało przebadane statystycznie i zamodelowane jako system M/G/1 bez kolejki. Model został zrealizowany na IBM PC.

### 1. Wstęp

Ruch lotniczy cywilnego lotnictwa komunikacyjnego zorganizowany jest w wydzielonych, ściśle określonych częściach przestrzeni powietrznej. Ruch ten jest nadzorowany i sterowany przez system stanowisk kontroli ruchu lotniczego (ATC). W każdej fazie lotu każdy samolot podlega jednemu ośrodkowi (kontrolerowi) ATC. Kontroler podejmuje wszelkie decyzje związane z ruchem samolotów w przestrzeni powietrznej. Bez zgody kontrolera żaden samolot nie może pojawić się w FIR, ani wykonać innego manewru, niż być uzgodniony z kontrolerem.

Pełna losowość procesów zachodzących na stanowisku ATC uzasadnia celowość jego probabilistycznej analizy. Analizowane stanowisko ATC zamodelowane zostało jako stanowisko masowej obsługi. W zrealizowanym modelu, podstawowym procesem wejściowym jest proces zgłoszeń samolotów do kontroli, który musi być obsługiwany zgodnie z międzynarodowymi przepisami o ruchu lotniczym kontrolowanym [1] przez stanowisko ATC.

### 2. Analiza pracy stanowiska ATC

Jednym z podstawowych problemów badawczych przy analizie pracy kontrolera ruchu lotniczego była identyfikacja poszczególnych typów zgłoszeń oraz procesów ich obsługi, określenie ich liczby oraz pomiar ich charakterystyk losowych. Pomiary prowadzono na stanowisku kontroli obszaru w Centrum Kontroli Ruchu Lotniczego na lotnisku Okęcie. Wstępne wyodrębnienie i agregację poszczególnych typów zgłoszeń i obsług przeprowadzono po rozmowach z kontrolerami ruchu lotniczego. Ostatecznie przyjęty został podział na następujące typy zgłoszeń i obsług:

A. Wydanie zezwolenia kontroli, np:

- . powiadomienie o wlocie,
- . clearance  
(zdarzenie nazywane w modelu Zezwolenie).

B. Planowanie przelotu  
(zdarzenie Planowanie).

C. Meldunki pozycyjne, takie jak:

- . przelot punktu,
- . meldunek o poziomie  
( Pozycyjny ).

D. Meldunki o zmianach poziomu lotu  
( Zmiany ).

E. Pozostałe informacje z i do samolotu:

- . informacja meteorologiczna,
- . meldunek o zbyt dużym wietrze,
- . meldunek o awarii przyrządów,
- . meldunek o turbulencji,
- . meldunek o nietypowej sytuacji na pokładzie,
- . pytanie o poziom,
- . informacja o niedostępnych rejonach w przestrzeni powietrznej itp.  
( Inne ).

F. Wszystkie zwolnienia kontroli:

- . uzgodnienie z sąsiednim ATC,
- . uzgodnienie ze służbami kontroli zbliżania itp.  
( Koordynacja ).

### 3. Model analityczny stanowiska ATC

Model a raczej zespół modeli analitycznych i symulacyjnych skonstruowany został w celu zbadania możliwości modelowania i analizy stanowiska kontroli ruchu lotniczego jako systemu masowej obsługi. Badania modeli stanowiska ATC prowadzono jako część ogólnych prac nad analizą i modelowaniem ruchu lotniczego w przestrzeni powietrznej kontrolowanej Polski. Główny nacisk przy konstrukcji modeli położono na jego prostotę i walory użytkowe.

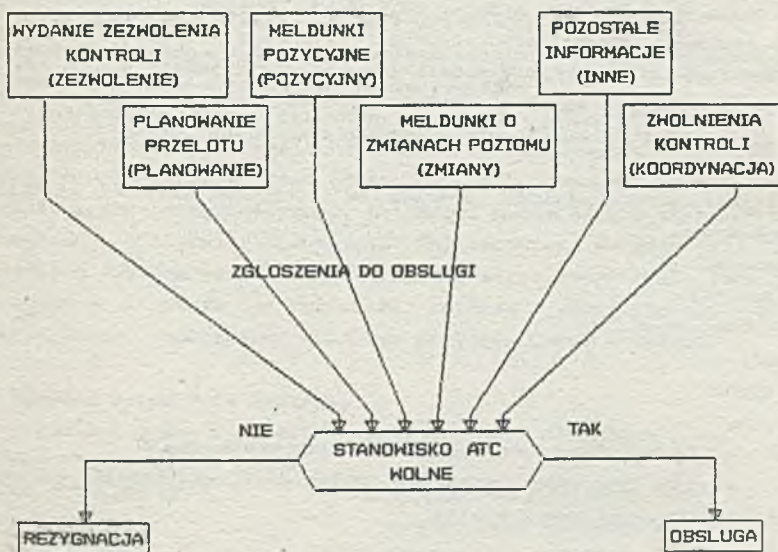
Przesłanki prowadzące do wyboru typu modelu były następujące:

- a. W obserwowanym systemie zauważono, że obsługiwane było to zgłoszenie które pojawiło się pierwsze.
- b. Z poczynionych obserwacji wynika, że prawdopodobieństwo zajęcia określonej liczby zgłoszeń w przedziale  $(t_0, t_0+t)$  nie zależy od momentu  $t_0$ , zależy natomiast od długości przedziału  $t$ . Zaobserwowano pełną niezależność pomiędzy kolejnymi zgłoszeniami i ich obsługami oraz brak możliwości

pojawienia się więcej niż jednego zgłoszenia jednocześnie. Reasumując przyjęto prosty poissonowski strumieniem zgłoszeń.

c. W analizowanym systemie nie stwierdzono przerwania określonego typu obsługi przez zgłoszenie tego samego typu. Ponadto, w badanym systemie nie stwierdzono występowania kolejki zgłoszeń do obsługi. Stąd wniosek, że przy analizie pojedynczego kanału obsługi, zgłoszenie, które pojawi się w czasie trwającej obsługi, jest tracone (tzn. pilot ponawia zgłoszenie w losowej chwili, dogodnej z innych względów). Tak więc stanowisko ATC zamodelowano w postaci oddzielnych modeli dla każdego kanału obsługi; przyjęto modele typu M/G/1 ze stratami (wg symboliki Kendalla).

Jako metodę wyznaczania wielkości charakterystycznych modelu wybrano metodę równań całkowo-różniczkowych Sewastianowa.



Rys.1. Model stanowiska ATC w obszarze.

Fig.1. Queueing model of Air Traffic Control Center.

#### 4. Model symulacyjny stanowiska ATC

Budowę modelu oparto na następujących założeniach:

- Przyjęto pojedyncze stanowisko obsługi.
- Przyjęto pojedynczy strumień zgłoszeń o rozkładzie wyznaczonym eksperymentalnie w rzeczywistym systemie.
- Typ zgłoszenia jest losowany w momencie pojawienia się zgłoszenia.
- W danej chwili może być realizowany tylko jeden typ obsługi (system z podziałem czasu).
- Obsługa poszczególnych zgłoszeń jest niepodzielna, tzn. przychodzące zgłoszenie nie przerywa rozpoczętej obsługi.
- W modelowanym systemie nie są tworzone kolejki, to znaczy, jeżeli nastąpi zgłoszenie, które nie może być obsłużone z powodu zajętości kontrolera, to następuje rezygnacja z obsługi w danym momencie i ponowienie zgłoszenia w chwili losowej.
- Obsługiwane jest to zgłoszenie, które pojawia się jako pierwsze.
- Rozkład czasu obsługi jest zależny od rodzaju obsługi.

Przy budowie modelu symulacyjnego wykorzystano metodę kolejnych zdarzeń. Szczegółową realizację modelu symulacyjnego podano w [2]. Program realizujący symulacyjny model stanowiska kontroli zorganizowany został w postaci jednego bloku programowego i napisany w języku Turbo-Pascal 4.0 na komputerze IBM PC/AT.

W modelu zrealizowano możliwość generowania następstwa czasów o rozkładach:

równomiernym,  
normalnym,  
wykładniczym,  
logarytm\_normalnym,  
weibulla,  
rayleigha,  
erlanga,

z możliwością zadania dowolnych parametrów tych rozkładów.

Odpowiedni zestaw procedur umożliwia wyliczenie wszystkich parametrów charakteryzujących modelowany system.

#### 5. Weryfikacja modeli

Realizacja probabilistycznych modeli kontrolera ruchu lotniczego wymagała zebrania danych pozwalających na identyfikację rozkładów czasów obsługi oraz strumieni zgłoszeń. Dane do budowy modeli zostały zebrane na lotnisku Warszawa-Okęcie. Pomiary prowadzono w okresie, gdy aktualne natężenie ruchu lotniczego pozwalało na prowadzenie kontroli ruchu

lotniczego całkowicie w systemie proceduralnym (bez kontroli radarowej), przy czym czasy obsługi były charakterystyczne dla tego sposobu prowadzenia kontroli.

Istotnym czynnikiem przy zbieraniu danych była szybkość notowania elementów składających się na informację o zachodzącym zdarzeniu:

- czas początku zdarzenia,
- czas zakończenia zdarzenia,
- rodzaj zdarzenia.

Dla rejestrowania tych danych opracowany został specjalny formularz, który uprościł w zdecydowany sposób sam proces notowania czasu wystąpienia zdarzenia. Najtrudniejszym problemem w procesie zbierania danych było odpowiednio szybkie zinterpretowanie czynności wykonywanych aktualnie przez kontrolera. Dokonywał tego drugi kontroler podłączony równolegle do stanowiska ATC. W czynnościach zbierania danych brały więc udział trzy osoby:

- a. notująca na formularzu informacje,
- b. określająca początek i koniec zdarzenia,
- c. kontroler oceniający pracę swojego kolegi i korygujący ewentualne rozbieżności w określaniu czasów zdarzeń.

Pomierzone czasy zgłoszeń i obsługi poddane zostały weryfikacji statystycznej na zgodność z rozkładami teoretycznymi. Weryfikację hipotez wykonano wykorzystując test zgodności  $\chi$  Kołmogorowa. Wyniki przedstawione zostały w formie syntetycznej, natomiast pełne wyniki oraz zebrane dane są do wglądu w Instytucie Transportu Politechniki Warszawskiej. W wynikach określono maksymalny poziom istotności, przy którym brak jest podstaw do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem teoretycznym. Podkreślono rozkłady przyjęte dalej w modelu.

#### a. Wydanie zezwolenia kontroli

średnia z próby : 15.2    wariancja            : 115.6  
odchylenie st. : 10.7

NAZWA ROZKŁADU ORAZ  
PARAMETRY

BRAK PODSTAW DO ODRZUCENIA  
SPRAWDZANEJ HIPOTEZY NA  
POZIOMIE ISTOTNOŚCI

NORMALNY	( $m = 15.2$ ; $\sigma = 10.7$ )	0.7
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.5$ ; $\sigma = 0.66$ )	0.9995
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.065$ )	0.98
MAXWELLI	( $\lambda = 0.0043$ )	0.3
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0028$ )	0.7
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.13$ )	0.999

#### b. Planowanie przelotu

średnia z próby : 15.8    wariancja            : 98.2

odchylenie st. : 9.9

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 15.8$ ; $\sigma = 9.9$ )	0.1
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.5$ ; $\sigma = 0.61$ )	0.9
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.063$ )	0.4
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0042$ )	0.02
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0028$ )	0.1
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.12$ )	0.8

c. Meldunki pozycyjne

średnia z próby : 20.      wariancja : 146.9

odchylenie st. : 12.1

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 20.0$ ; $\sigma = 12.1$ )	0.02
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.8$ ; $\sigma = 0.53$ )	0.5
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.049$ )	0.0
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0027$ )	0.0002
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0018$ )	0.02
ERLANGA	( $k = 3$ ; $\lambda = 0.14$ )	0.3

d. Meldunki o zmianach poziomu lotu

średnia z próby : 9.7      wariancja : 13.5

odchylenie st. : 3.6

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 9.7$ ; $\sigma = 3.6$ )	0.99
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.1$ ; $\sigma = 0.41$ )	0.9999
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.1$ )	0.6
MAXWELLA	( $\lambda = 0.013$ )	0.9999
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0091$ )	0.998
ERLANGA	( $k = 6$ ; $\lambda = 0.61$ )	0.9999

e. Pozostałe informacje z i do samolotu

średnia z próby : 19.1      wariancja : 183.2

odchylenie st. : 13.5

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 19.1$ ; $\sigma = 13.5$ )	0.3
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.7$ ; $\sigma = 0.67$ )	0.6
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.052$ )	0.995
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0027$ )	0.05
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0018$ )	0.2
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.104$ )	0.7

## f. Wszystkie zwolnienia kontroli

średnia z próby : 12.2    wariancja                    : 128.7  
 odchylenie st. : 11.3

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 12.2$ ; $\sigma = 11.3$ )	0.02
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.1$ ; $\sigma = 0.77$ )	0.1
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.081$ )	0.3
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0053$ )	-
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0035$ )	-
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.16$ )	0.02

## g. Połączenie: ZEZWOLENIE + PLANOWANIE

średnia z próby : 15.6    wariancja                    : 103.0  
 odchylenie st. : 10.1

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 15.6$ ; $\sigma = 10.1$ )	0.05
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.5$ ; $\sigma = 0.63$ )	0.8
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.063$ )	0.05
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0042$ )	0.005
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0028$ )	0.05
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.12$ )	

## h. Połączenie: POZYCYJNY + INNE

średnia z próby : 19.9    wariancja                    : 151.8  
 odchylenie st. : 12.3

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 19.9$ ; $\sigma = 12.3$ )	0.005
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.8$ ; $\sigma = 0.55$ )	0.3
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.05$ )	0.0
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0027$ )	-
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0018$ )	0.005
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.1$ )	0.2

## i. Połączenie: ZEZWOLENIE + KOORDYNACJA

średnia z próby : 12.8    wariancja                    : 127.4  
 odchylenie st. : 11.2

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 12.8$ ; $\sigma = 11.2$ )	0.1
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.2$ ; $\sigma = 0.76$ )	0.1
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.077$ )	0.1
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0051$ )	-
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0034$ )	0.0
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.15$ )	0.05

## j. Połączenie: PLANOWANIE + KOORDYNACJA

średnia z próby : 13.8    wariancja            : 118.6  
 odchylenie st. : 10.8

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 13.8$ ; $\sigma = 10.8$ )	0.05
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.3$ ; $\sigma = 0.73$ )	0.2
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.072$ )	0.05
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0048$ )	-
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0032$ )	0.0002
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.14$ )	0.1

## k. Połączenie: ZEZWOLENIE + PLANOWANIE + KOORDYNACJA

średnia z próby : 14.0    wariancja            : 118.5  
 odchylenie st. : 10.8

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 14.0$ ; $\sigma = 10.8$ )	0.05
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.3$ ; $\sigma = 0.72$ )	0.2
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.071$ )	0.02
MAXWELLA	( $\lambda = 0.0047$ )	-
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.0031$ )	0.0005
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.14$ )	0.2

## l. Proces zgłoszeń do kontroli

średnia z próby : 39.5    wariancja            : 1276.0  
 odchylenie st. : 35.7

ROZKŁAD (PARAMETRY)		POZIOM ISTOTNOŚCI
NORMALNY	( $m = 39.5$ ; $\sigma = 35.7$ )	0.0002
LOGARYTMO-NORMALNY	( $m = 2.3$ ; $\sigma = 0.87$ )	0.9
WYKŁADNICZY	( $\lambda = 0.025$ )	0.01
MAXWELLA	( $\lambda = 0.00052$ )	-
RAYLEIGHA	( $\lambda = 0.00035$ )	-
ERLANGA	( $k = 2$ ; $\lambda = 0.05$ )	0.2

## 6. Eksperymenty z modelami

Dla modelu analitycznego eksperymenty zostały przeprowadzone na modelu M/G/1 bez kolejki. Jako parametr wejściowy w modelach przyjęto  $\lambda = 0.1$ . W czasie modelowania wyznaczane było prawdopodobieństwo zajętości kanału  $P_0$ . Modelowane były pojedyncze kanały.

$$P_0 = \frac{1}{1 + \lambda m_B}$$



$$\text{stad : } P_z = \lambda m_B P_0$$

gdzie :  $\lambda$  - intensywność zgłoszeń,  
 $m_B$  - średni czas obsługi.

Dla sprawdzenia poprawności modelu symulacyjnego przeprowadzono symulację pojedynczych kanałów obsługi, (analogicznie jak w eksperymencie z modelami analitycznymi). Symulacja wykonywana była jako 50-krotne powtórzenie procesu symulacyjnego o czasie trwania równym 4000 jednostek. Parametrem oceny było podobnie jak w modelu analitycznym prawdopodobieństwo zajętości stanowiska obsługi  $P_z$ .

Wyniki modelowania:	analitycznego	symulacyjnego
a. Wydanie zezwolenia kontroli	0.603174	0.604651
b. Planowanie przelotu	0.613259	0.613140
c. Meldunki pozycyjne	0.667658	0.668196
d. Meldunki o zmianach poziomu lotu	0.494382	0.493704
e. Pozostałe informacje z i do samolotu	0.656357	0.666343
f. Wszystkie zwolnienia kontroli	0.549999	0.554840
g. Połączenie a i b	0.610655	0.611765
h. Połączenie c i e	0.662327	0.667038
i. Połączenie a i f	0.562737	0.565479
j. Połączenie b i f	0.580052	0.577801
k. Połączenie a i b oraz f	0.583000	0.587832

Dalej przedstawione zostały wyniki eksperymentów przeprowadzonych na pełnym modelu symulacyjnym stanowiska kontroli ruchu lotniczego. Eksperymenty polegały na próbie łączenia kilku kanałów w jeden. Kryterium określającym, czy połączenie dwóch kanałów jest poprawne, była przybliżona zgodność średnich czasów obsługi oraz przybliżona zgodność typów obsługi. Proces zgłoszeń był jednakowy dla każdej kombinacji modelowanych kanałów obsługi i był zadany rozkładem logarytmo-normalnym (zgodnie z wynikami pomiarów na Okęciu).

#### A. Podstawowy model z sześcioma rodzajami zgłoszeń $P_z=0.305359$

NAZWA ZGŁOSZENIA	TYP ROZKŁADU PRAWDOPODOBIEŃSTWA
1. Zezwolenie	Erlanga
2. Planowanie	Erlanga
3. Pozycyjny	Logarytmo-Normalny
4. Zmiany	Erlanga
5. Inne	Wykładniczy
6. Koordynacja (zwolnienia)	Wykładniczy

**B. Model z pięcioma rodzajami zgłoszeń**  $P_z = 0.304764$

NAZWA ZGŁOSZENIA	TYP ROZKŁADU PRAWDOPODOBIENSTWA
1. Zezwolenie + Planowanie	Logarytmo-Normalny
2. Pozycyjny	Logarytmo-Normalny
3. Zmiany	Erlanga
4. Inne	Wykładniczy
5. Koordynacja	Wykładniczy

**C. Model z czterema rodzajami zgłoszeń**  $P_z = 0.305359$

NAZWA ZGŁOSZENIA	TYP ROZKŁADU PRAWDOPODOBIENSTWA
1. Zezwolenie+Planowanie+Koordynacja	Logarytmo-Normalny
2. Pozycyjny	Logarytmo-Normalny
3. Zmiany	Erlanga
4. Inne	Wykładniczy

**D. Model z trzema rodzajami zgłoszeń**  $P_z = 0.307421$

NAZWA ZGŁOSZENIA	TYP ROZKŁADU PRAWDOPODOBIENSTWA
1. Zezwolenie+Planowanie+Koordynacja	Logarytmo-Normalny
2. Pozycyjny + Inne	Logarytmo-Normalny
3. Zmiany	Erlanga

## 7. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych testów stwierdzono, że w większości badanych kanałów obsługi nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o markowości procesu. Warto podkreślić, że uzyskano znaczną zgodność wyników (dla  $P_z$  błąd rzędu 1%) z modelu symulacyjnego i analitycznego. Omawiana zbieżność wyników zaobserwowano również, gdy na bazie podstawowego modelu symulacyjnego wykonano szereg eksperymentów na pojedynczych kanałach obsługi (podobnie jak w modelu analitycznym). Model analityczny został tu potraktowany jako wzorzec. Analiza wyników modelowania symulacyjnego stanowiska kontroli ruchu lotniczego (porównywano błąd w wyznaczeniu podstawowego parametru oceny - prawdopodobieństwa zajętości stanowiska ATC -  $P_z$ ) doprowadziła do wniosku, że można modelować je jako stanowisko z tylko trzech kanałach obsługi.

## LITERATURA.

- [1] -, Instrukcja o ruchu kontrolowanym (IL 4444). Ministerstwo Komunikacji, Warszawa 1984 .
- [2] Sławomir Jasiński, Analiza porównawcza probabilistycznych modeli kontrolera ruchu lotniczego. Praca dyplomowa Instytut Transportu PW,

1888 .

- [3] M. Malarski i zespół, Wybrane zagadnienia analizy i rozwoju systemów sterowania ruchem i procesami transportowymi w transporcie lotniczym. Sprawozdanie CPBP 02.19.02.05. 1988 .
- [4] Friedman F. On the properties of the sum of durations of perceived conflicts in air traffic control - Math. and Comput. Simul. Vol.28, No 4, 1986.
- [5] Hockaday S.L. & Kanafani A.K. Developments in airport capacity analysis - Transportation Research, Vol.8, No 3, August 1974.
- [6] Волевач А.И. Унгурия С.Г. Методы определения рабочей нагрузки диспетчера в системах УВД - В кн.: Авиационная Эргономика. Киев, КНИГА, 1975..
- [7] Дивеев В.Н. Закон распределения нагрузки диспетчера сектора РЦ. - В кн.: Теория и практ. применения в сов. радиоэлектрон. систем ГА. Москва 1985.

Recenzent: Doc.dr h.inż. T.Czachórski

Wpłynęło do Redakcji do 1990-04-30.

#### QUEUEING MODEL OF AIR TRAFFIC CONTROL CENTER IN ATC SECTOR

##### S u m m a r y

Civil air traffic is organized and controlled by the services of Air Traffic Control. Many cumulated estimation errors may lead to conflict situation especially in the case of increasing traffic stream. Air Traffic Control Center has been modelled as an M/G/1 model without queue. This model has been realized and investigated on IBM Personal Computer using Turbo Pascal 4.0 language.

#### МОДЕЛЬ ТИПА МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ПОСТОВ АВИАЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ

##### Р е з ю м е

Авиационное движение надзирается и управляется системой контрольных постов авиадвижения. Контрольный пост авиадвижения был статистически исследован и промоделирован в виде системы M/G/1 без очереди. Модель была реализована на БМ ПК .