

## STOKASTİK DIKEY ULAŞIM SİSTEMLERİNDE MODELLEME

Mirvari Hasratova<sup>1</sup>

### Özet

Keyfi müşteri yoğunluklu asansör tipli stokastik dikey ulaşım sistemleri için matematiksel modeller ele alınmıştır. Temelde bu tür sistemler daha karmaşık bir yapıya sahip oldukları için onların incelenmesinde analitik yaklaşımların kullanılması bazı sorunlar doğuruyor. Bu çalışmada amaçımız ele alınmış sistemler için çeşitli kontrol stratejileri sunulması, onları modelleme ve sayısal yöntemler kullanılmıştır. Asansör tipli hizmet sistemlerinde çeşitli hizmet türleri için bilgisayar modellemesi kullanarak gerçek hizmet süreçlerinin modelleri oluşturulmuş ve analiz olunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Asansör, Etkivlik karakteristikaları, Simulya, Matematiksel analizi.

### I. Giriş.

XX yüzyılın sonlarında kuyruk teorisi yöntemleri ve yaklaşımlarının trafik akımı, asansör , yürüyen merdiven sistemleri, havaalanları, bilgisayar ve diğer ulaşım, haberleşme sistemlerine uygulamaları ele alınmıştır [1-4]. Bütün bu sistemlerin ortak yönü hareketli kuyruk sistemleriyle ilişkili olmalarıdır.. Kuyruk sistemlerinin bu şekilde incelenmesi, yeni matematiksel modellerin ve yeni araştırma yöntemlerinin oluşturulmasını talep ediyor. Simülasyon, modelleme, istatistik ve diğer modern BT yöntemleri geniş bir alan oluşturuyor olsa da, bu alanla bağlı, nadir olayların simülasyonu, trafik sıklığı gözlemi, farklı araba kazaları tipli küçük olasılıklı çoklu sayıda çözülmemiş problemler vardır. Bazen bu tür olayların modellenmesi için uzun süreli gözlemlerin olması gerekir, çünkü, nadir olayların modellenmesi için gerekli zaman tahmini bulmak zordur problemlerden biridir.

Karmaşık kuyruk sistemlerinin incelenmesi için temel araçlardan biri empirik ve simülasyon veri analizidir. Simülasyon, bize sistemlerin farklı karakteristiklerinin sayısal sonuçlar elde edebilme fırsatı veriyor. Genelde daha uyumlu kararların alınması için, simülasyon verilerinin [5-7] istatistiksel analizine ihtiyaç oluyor.

Analitik ve bilgisayar yöntemleri karmaşık yapılara sahip kuyruk sistemleri için kararlar problemlerinin çözümünün bulunmasına ve onların pratik uygulamalı için önerilerde bulunmak imkânı veriyor.

Hareketli kuyruk sistemlerle bağlı tipik örnekleri asansör sistemleridir [8-10]. 1953 yılında Moskova Devlet Üniversitesi'nin yeni binasının açılış zamanı her birisinde 6 asansör olan üç büyük asansör salonu vardı. Salonun her birinde asansörlerin bir kaç 1,2... n /2 kata (n binanın kat sayıdır) ve diğerleri 1, (n/2)+1, (n/2)+2, ..., n kata kalkıyordu.

Açılış törenine katılan Kolmogorov kullanılan taktikin yanlış olduğunu ve 1,2,...,(n/2) katları yerine 1,2, ..., 2n/3 katlarının kullanmasını önerdi. Bilgisayar kullanılarak yapılan sonraki araştırmalar, Kolmogorovun tavsiyesinin doğru olduğunu gösterilmiştir [9]. Buna alternatif kullanım çift ve tek sayılı katlara hizmet veren asansör sistemi olabilir. Bilgisayar yardımıyla olan modelleme, bu tür hizmet sisteminde bir yolcunun ortalama bekleme süresi, Kolmogorovun önerdiği sistemdekinden daha büyük olduğunu gösterdi.

Bir diğer "yüksek- alçak" denilen ilginç kontrol politikası Moskova Devlet Üniversitesinin öğrenci yurdunda kullanılmıştır. 18 katlı bu binada 4 asansör çalışıyor, onlardan biri 1,12,14,16,18 katlara hizmet veriyor, aradaki tek numaralı katlara öğrenciler daha sıkı çalışan asansörleri kullanarak ulaşabiliyorlar. Diğer asansörlerse 1-10 katı arasında çalışıyor. Asansöre binen ilk öğrenci " YÜKSEK" modunu kullanıyorsa asansör 12, 14. ve diğer çift

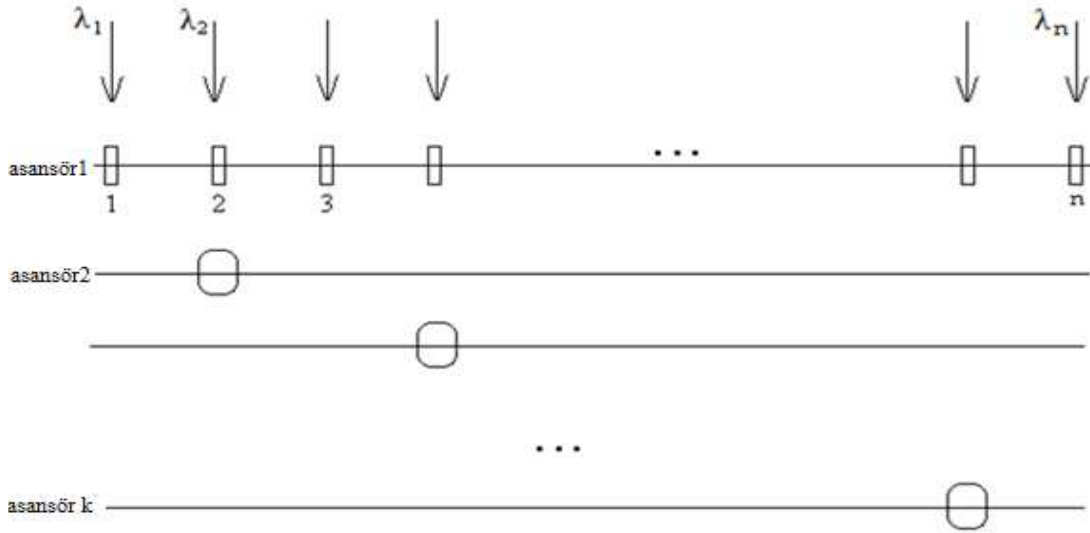
---

<sup>1</sup>Yard.Doç.Dr. Bakü Devlet Üniversitesi, @akdeniz.edu.tr

numaralı katlara, sonraki asansör aşağı katlara hizmet verecek. İlk çağrı "ALÇAK" olursa asansör alt katlarda, daha sonraki üst katlarda hizmet veriyor.

Bilgisayarla yapılan matematiksel modeller , "yüksek-alçak" stratejisinin avantajlı olduğunu doğruladı [9,10]. Gecikmeli kuyruk sistemlerinin matematiksel modellemesiyle bağlı araştırmalarda beklenilmeyen sonuçlar bulundu. Gecikme parametresinin kullanımı bir kaç kuruk problem için bekleme zamanını azaltan daha avantajlı matematiksel modellerin oluşturulması fırsatını verdi. Farklı kuyruk sistemleri için daha uyumlu matematiksel modellerin kurulması ve bunlarla bağlı control problemleri incelenmiştir.

**II. Genel matematiksel model.**  $N$  katdan və bu katlar arasında çalışan  $m$  asansörden oluşan hizmet sistemine bakalım (şek.1). Katlardaki talep akışı  $\lambda_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) parametrelili Puasson süreci olsun. Birinci kattan başlayarak gidecekleri katları  $2, \dots, N$  arasında eşit olasılıkla ( $\frac{1}{N-1}$ ) seçiyorlar.  $2, 3, \dots, N$  katlardan 1. Kata gidiyorlar. Talepler uygun asansörlerle yapılıyor. Asansörler sonlu kapasiteli olup ( $lv$ ), sabit ivmeyle ( $a$ ) hareket ediyorlar.



Şekil.1

Katlar arasındaki mesafeler ( $d$ ) ve asansörlerin her katta hizmet için durma zamanları sabit ( $\tau$ ) götürülüyor.

Çalışma formasına uygun olarak asansör sistemlerinin aşağıdaki farklı türleri vardır.

**Model A. Yakın asansörün çağırılması.**

Hizmet için hizmet istenilen kata en yakın olan aşağıdaki koşullardan birini saklayan asansör kullanılıyor:

- a) Hareketsiz olan;
- b) Yukarıdan aşağıya doğru hareket eden ve hizmet istenilen katdan yukarıda olan;
- c) Aşağıdan yukarıya doğru hareket eden boş olan ve hizmet istenilen katdan altıda olan;

**Model B. Asansörlerin hepsinin çağırılması.**

Hizmet için hiç bir kısıt olmadan aşağıdaki koşullardan birini saklayan asansör kullanılıyor:

- a) Hareketsiz olan;
- b) Yukarıdan aşağıya doğru hareket eden ve hizmet istenilen katdan yukarıda olan;

c) Aşağıdan yukarıya doğru hareket eden boş olan ve hizmet istenilen katdan altta olan;

### Model C. Hizmet veren asansörlerin katlar arasında paylaşılması

Asansörlerin katlar arasında hareketi farklı koşullarla belirtiliyor.

**C.1.** 2 asansörü olan sistemlerde bir asansörün tek katlara, diğerinin çift katlara hizmet etmesi;

**C.2.** Asansörler A modeline uygun hareket ediyor, ek asansör 1. katta bekliyerek, ordaki isteye göre hizmet veriyor;

**C.3.** Asansörler belirtilmiş numaralı katlarda hizmet veriyorlar;

Bu çalışmada yukarıda belirtilmiş kuyruk sistemleri incelenmiş ve onların matematiksel analizi verilmiştir.

### Simulyasyon ve etkinlik kriterisinin hesaplanma algoritmi

Modelin realizasya için süreç  $[0, T]$  aralığında ( $T > 0$ ) bakılıyor.

Modelleme aşağıdaki aşamalı içeriyor:

1. Sistemde katlara gelen talep akışı oluşturulur:

1. kata dahil olan talep akışı  $t_1 = \{0, t_{1,1}, t_{1,2}, \dots, t_{1,k}, t_{1,k+1}, \dots, T\}$

2. kata dahil olan talep akışı  $t_2 = \{0, t_{2,1}, t_{2,2}, \dots, t_{2,k}, t_{2,k+1}, \dots, T\}$

...

N. kata dahil olan talep akışı  $t_N = \{0, t_{N,1}, t_{N,2}, \dots, t_{N,k}, t_{N,k+1}, \dots, T\}$

Taleblere sisteme dahil oldukları sırayla bakılıyor:

$t^* = \{t_0^* = 0, t_1^*, t_2^*, \dots, t_k^*, t_{k+1}^*, \dots, t_l^* = T\}$  ve  $[t_k^*, t_{k+1}^*]$  ( $k = 0, 1, 2, \dots, l-1$ ) aralıkları için simule ediliyor.

2. Varsayalımki süreç  $[0, t_k^*]$  aralığında için simule edilmiştir. Amaçımız süreci

$[t_k^*, t_{k+1}^*]$  aralığı için simule edib karakteristiklerdeki değişiklikleri bulmaktır.

$$nc_i = nc_i + 1$$

$(nc_i)$   $t_k^*$  anında dahil olan taleplerin sayısıdır.

3. Asansörlerin yönlendirilmesi için bir modül seçiliyor. Bu modül hizmet bekleyen talepleri sayısı ve asansörlerin  $t_k^*$  anındaki durumuyla bağlıdır.

4. Hareketde olan asansörlerin  $t_k^*$  anı için yapılan hizmetlerin bitme zamanlarına bakılıyor :

$$s_1, s_2, \dots, s_{m_1} \quad (m_1 \leq m)$$

ve  $s^* = \min(s_1, s_2, \dots, s_{m_1})$  bulunuyor.

İki durum inceleniyor:

4.a)  $s^* < t_{k+1}^*$

$$4.b) s^* \geq t_{k+1}^*$$

5. 4.a durumunda süreç  $[t_k^*, s^*)$  aralığına yani sistem  $t_k^*$  anından  $s^*$  anına geçiyor ve  $cor_j(s^*) = cor_j(t_k^*) + \text{sgn}(des_j, cor_j(t_k^*)) (V_j(t_k^*)(s^* - t_k^*) + a(s^* - t_k^*)^2 / 2)$  bulunuyor.

$cor_j(t)$  -  $j$  numaralı asansörün  $t$  anındaki koordinatı;

$V_j(t)$  -  $j$  numaralı asansörün  $t$  anındaki hızı;

$des_j$  -  $j$  numaralı asansörün yöneldiği katın kordinatı;

$$\text{sgn}(x, y) = \begin{cases} 1, & x > y \\ -1, & x < y \end{cases};$$

kabul ediliyor.

6. Duruma uygun olarak asansör kapılarının açılıp – kapanma rejimleri  $(rem_j(t))$  düzeltiliyor:

$$rem_j(s^*) = rem_j(t_k^*) - (s^* - t_k^*)$$

a)  $j^*$  numaralı asansörle hizmeti biten talepler sistemden çıkıyor ve onların bekleme zamanı genel zamana ekleniyor;

b)  $j^*$  numaralı asansörün olduğu katdaki talep sayısı asansöre binen talep sayısı kadar azaltılıyor ,  $j^*$  numaralı asansöre hizmet veriliyor.

4.a-6. Sistem  $s^*$  anında 3. adıma yönlendiriliyor.

4.b-5. 4.b durumunda sistem  $[t_k^*, t_{k+1}^*)$  aralığına yani  $t_k^*$  anından  $t_{k+1}^*$  anına getiriliyor.

4.b-6. Sistem  $t_{k+1}^*$  anında 2. adıma yönlendiriliyor.

7. Sistem  $T$  anına kadar oluşturuluyor.

#### Farklı modellerin realizasi.

Wolfram Mathematica 9.0 kodunda bakılan sistemlerin çalışmasının modeli simulya olunmuştur. Örnek olarak matematiksel analizi verilen asansör sistemlerinde parametlerin farklı degerleri için etkinlik karakteristikaları bulunmuştur.

#### Modellärin ümumi parametreleri:

Katların sayı  $N = 21$

Asansörlerin sayı  $m = 2$

Asansörlerin ivmesi  $a = 0.1$

Modelin realizasiya müddəti  $T = 15000$

Sistemə dahil olan taleplerin intensivliyi  $\lambda = 0.01-0.3$ ; 0.01 addımıyla

Katlara dahil olan taleplerin intensivliyi  $\lambda_1 = \lambda/2, \lambda_i = \lambda/(2N-2), i = 2,3, \dots, 21$

Asansörlerin kapasitesi  $lv = 5$

Asansörlerin durduğu zaman kapıların açık kalma müddeti  $\tau = 2$

Katlar arasında mesafe  $d = 1$

**Model C.2 için ek koşullar:**

1. katdaki asansörlerin hizmet alanı 1. Katdaki talebe uygun belirleniyor.

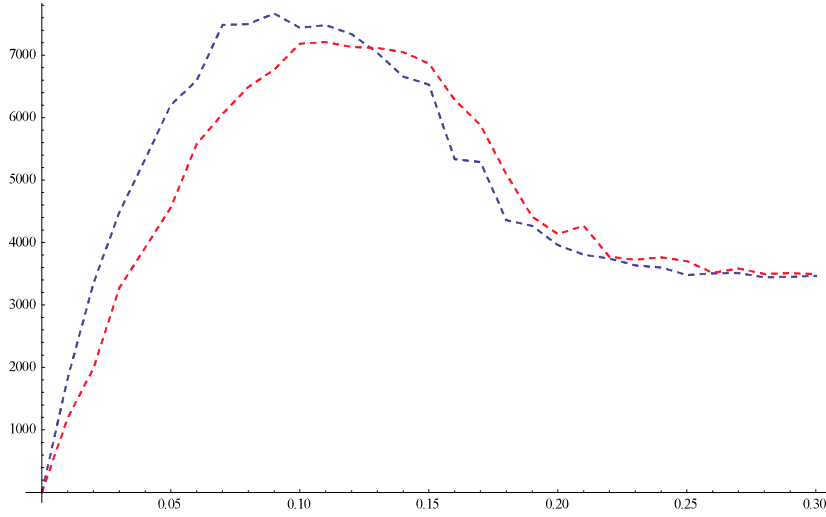
**Model C.3 için ek koşullar:**

1. asansör 1. ve 2-15. Katlara, mertebələrə, 2. Asansör 1. ve 16-21-ci katlara hizmet veriyor.

**Deneysel sonuçlar:**

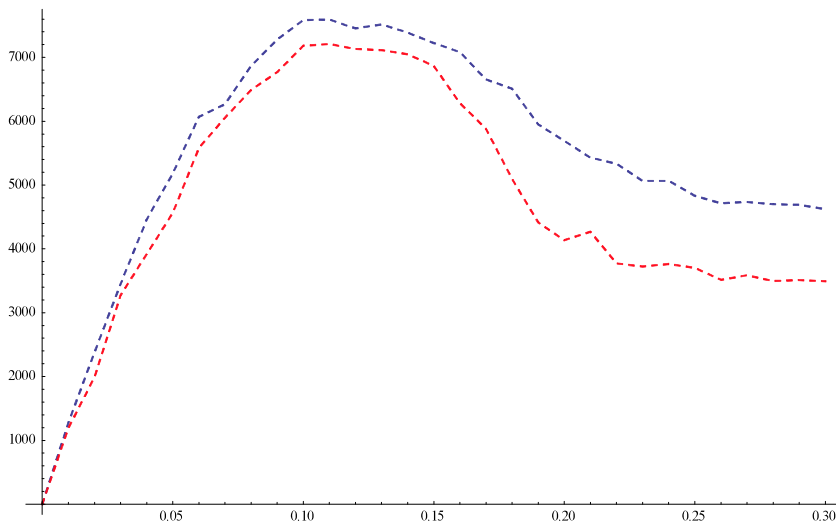
Bir asansörün kat etdiği orta mesafe -  $S = S(\lambda)$

**1) Model A ve Model B-nin karşılaştırılması**



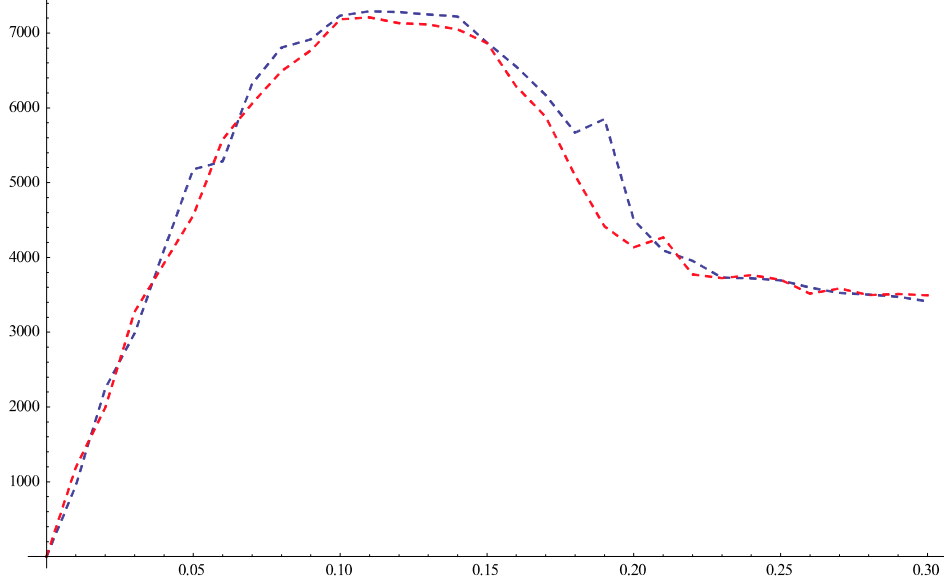
■ Model A ■ Model B

**2) Model A ve Model C.1-nin karşılaştırılması**



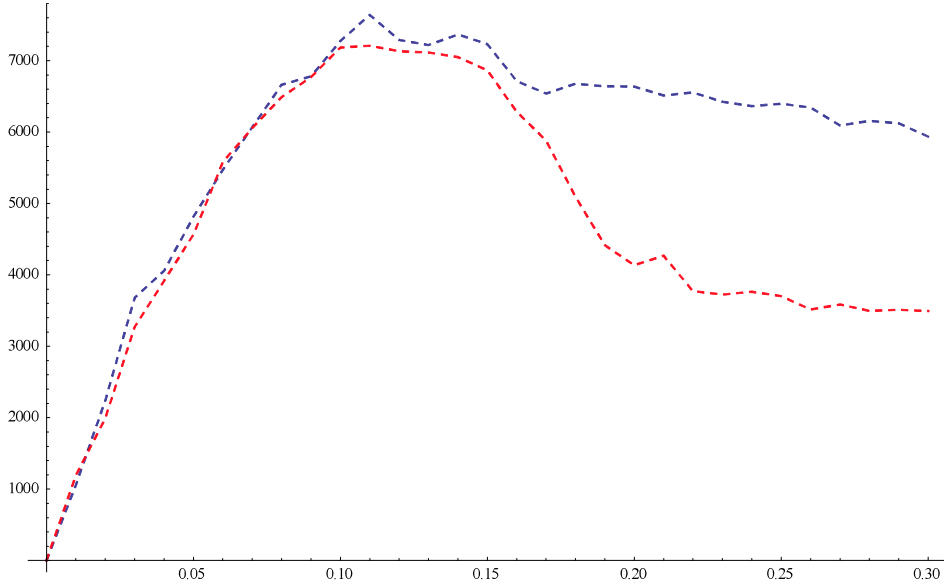
Model A Model C.1

3) Model A ve Model C.2-nin karşılaştırılması



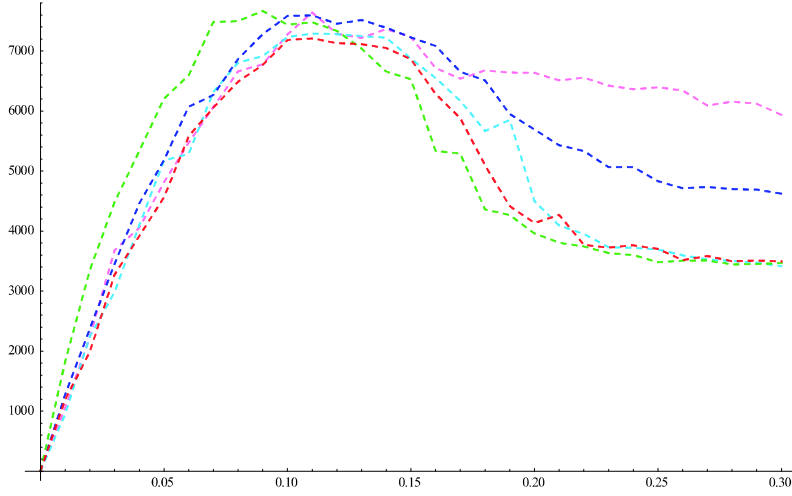
Model A Model C.2

4) Model A ve Model C.3-nin karşılaştırılması



Model A Model C.3

## 5) Modellerin umumi karşılaştırılması.



■ Model A ■ Model B ■ Model C.1 ■ Model C.2 ■ Model C.3

Karşılaştırılmalara göre talep akınının değerlerine bağlı olarak farklı modellerin kullanılması daha efektif oluyor. Örneğin, bir asansörün kat ettiği mesafeye göre parametrenin küçük değerlerinde  $\lambda \in (0.01, 0.03)$  Model A, Model C.1, Model C.2 və Model C.3,  $\lambda \in (0.04, 0.13)$  aralığında Model A,  $\lambda \in (0.13, 0.26)$  aralığında Model B,  $\lambda \in (0.26, 0.3)$  aralığındaysa Model A, Model B və Model C.2 daha iyi sonuçlar veriyor.

## Kaynaklar.

1. Kerner B.S. (2009) Introduction to Modern Traffic Flow Theory and Control. //Berlin: Springer.
2. Muñoz J. C., Daganzo C. F. (2002). Traffic and Transportation Theory. Editor M. A. P. Taylor. (p. 441–462).Oxford: Pergamonşp.
3. Qasnikov A. V., Klenov C.L., Nurminskiy E.A. i dr. ( 2010 ). Vvedeniye v matematiçeskoye modelirovaniye transportnix potokov. // M: İzd-vo MFTİ, 363 s. (Rusca)
4. Qeyzis, Eday L. ( 1968 ). Matematiçeskiy modeli transportnix potokov. Trudi İnituta Radiot. i Elektr. №4,( s.94-109). (Rusca)
5. Newell G.F. ( 1974). Control of Pairing of Vehicles on a Public Transportation Route, Two Vehicles, One Control Point. //Transp. Sci., V 8, № 4, p. 248-264.
6. Osuna E.E., Newell G.F. ( 1972 ). Control stratrgies for an idealized public.( p.52-72) Transportation System. //Transp. Sci., 6.
7. Ignall E., Kolesar P.( 1974). Optimal dispatching of an infinite capacity shuttle:control at a single terminal.( p.1008-1025. )//Oper. Res. 22 .
8. Belyayev Y.K., Qadjiyev A.Q., Qromak Y.İ., Duqina T.N. ( 1977 ). Sravnitelniy analiz sistem prosteyşix sistem vertikalnoqo transporta.( s.97-103) //İzv.AN SSSR. Texniçeskaya kibernetika, №3, (Rusca).
9. Belyayev Y.K., Qadjiyev A.Q., Duqina T.N. ( 1976 ). Modelirovaniye raboti sistem dvux liftov srazliçnımı pravilamı upravleeniya. //Qosfond alqoritmov i proqramm. № П002152 17.9. (Rusca).
10. Belyayev Y.K., Qadjiyev A.Q., Duqina T.N. ( 1978 ). Upravleniye nekotorımı sistemami vertikalnoqo transporta. // Statistiçeskiye metodı upravleniya.( s. 194-195. ) Tezisi Vsesoyuznoqo Soveş., Frunze, Nauka, M., (Rusca).