

LİMANLARDA KAPASİTE ARTIRIMININ BİLGİSAYARDA BENZETİM YOLU İLE PLANLANMASI

Ayşen ERGİN	ODTÜ İnşaat Müh. Bölümü, Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Merkezi - ANKARA
Ahmet Cevdet YALÇINER	ODTÜ İnşaat Müh. Bölümü, Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Merkezi - ANKARA
Işıkhan GÜLER	Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. - ANKARA
Serhan KARAASLAN	ODTÜ İnşaat Müh. Bölümü, Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Merkezi - ANKARA

ÖZET

Deniz taşımacılığı çok büyük taşıma kapasitesinin kullanılabilmesi ve ucuzluğu nedeniyle dünya ticaret hacminin en büyük bölümünü oluşturmaktadır. Bu durum limanların önemini artırmaktadır. Bu nedenle yeni limanların yapılması veya mevcut limanların genişletilmesi ve buna bağlı olarak önemli altyapı yatırımları yapılması zorunlu olmaktadır.

Liman planlamasında bilgisayar benzetim modeli kullanılarak en düşük toplam liman maliyeti hesaplanırken, liman yapıları ve teçhizatının maliyetleri ile gemi maliyetleri kullanılmaktadır.

En uygun liman büyüklüğünün planlanmasında, en iyi kuramsal çözüm için, gemi geliş aralıkları, servis zamanı ve bekleme kuyruğu disiplininin istatistiksel dağılımları matematiksel olarak tanımlanmalıdır. ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Merkezinde geliştirilmiş olan yazılım PORTSOL en düşük toplam maliyeti veren liman büyüklüğünü (rıhtım uzunluğunu) , rasgele gemi geliş servis, hizmetleri, bekleme kuyruğu disiplini olaylarını işleyerek bulur.

Bu çalışmada, PORTSOL'un kullanılması ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, genel kargo elleçme kapasitesinin en uygun liman büyüklüğüne etkisi bir uygulamayla araştırılmış, liman kapasitesi artırımı konusunda çeşitli öneriler sunulmuştur. Çalışma, gemi ve rıhtım arasındaki elleçleme ve genel parça yük rıhtımı ile sınırlanmıştır.

1- GİRİŞ

Dünya ticaret hacminin gelişmesi, bu sektörün çok büyük kısmını kapsayan deniz ticaretini ve limanların görevini artırmaktadır. Böylece yeni limanlar yapılması yada mevcut limanların genişletilmesi ve buna bağlı olarak önemli yatırımlar yapılması özellikle Sovyetler Birliği'nin Bağımsız Devletler Topluluğuna dönüşmesinden sonra yeni kurulan Cumhuriyetlerle ticari ilişkilerin gelişmesi açısından zorunlu olmaktadır.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin kısıtlı yatırım kaynakları gözetildiğinde çok pahalı yatırımları gerektiren liman yapılarının tasarımları aşamasında ihtiyaçların doğru saptanarak en ekonomik çözümün bulunması önem kazanmaktadır.

Oldukça karmaşık bir sisteme sahip olan limanlarda liman büyüklüğünün saptanmasında birçok parametre etken olmaktadır. Bu parametreler gemilerin limana rastgele geliş aralıkları, büyüklükleri, servis zamanı ve kuyruk disiplini gibi parametrelerdir. Liman büyüklüğünün benzetim yoluyla saptanmasında kullanılan programdaki parametreler aşağıda sıralanmıştır.

a) Gemilerin Limana Geliş Dağılımları

Genelde gemilerin limana geliş dağılımları rasgeledir. Belirli bir liman işlev süresinde limana gelen gemi sayısı dağılımı Poisson dağılımına uyar (Noritake ve Kimura, 1983; Ergin ve Yücel 1983). Ardarda gelen iki geminin arasındaki süre gemi geliş aralığı olarak (Δt) tanımlanır ve negatif üssel fonksiyon olarak ifade edilir.

$$\Delta t = - A \log (\text{Rasgele})$$

Burada A gemi gelişleri arasındaki ortalama zamandır ve benzetim süresince sabit bir değer olarak alınır. Benzetim süresince rasgele sayı 0 ile 1 arasında değişir.

b) Gemi Büyüklükleri Dağılımı

Gemi büyüklükleri, gemi taşıma kapasitesi (DWT) ile tanımlanır. Limana gelen gemilerin büyüklükleri en küçük, ortalama ve en büyük (DWT) sınırları içinde rastgele olarak üssel dağılımdan saptanmaktadır.

c) Rıhtım Uzunluğu ve Gemilerin Yanaşma Düzenleri

Genelde gemilerin rıhtıma yanaşmalarında " Limana Gelme Önceliği " kuralı uygulanır. Bilgisayar programı rıhtım uzunluğunu bir bütün olarak kabul eder ve limana gelen gemileri o anda mevcut boş rıhtım uzunluğuna göre yerleştirir. Bunu yaparken kuyruktaki en uygun gemiyi seçerek gemi gelme önceliğini bozabilir.

d) Elleçleme Araçları Sayısı Kapasitesi ve Dağılımı

Toplam Elleçleme araçları (vinçler) sayısı (M), kapasitesi (P) ve tipleri servis hızını etkiler ve yetersiz kaldığı durumlarda, limanlarda sıkışıklığın oluşmasına neden olur.

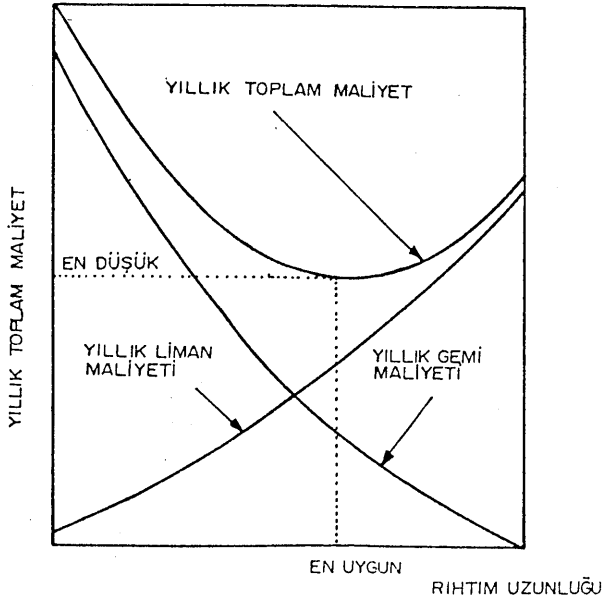
Limanda bulunan vinçler, rıhtımdaki gemilere düzenli olarak dağıtılır. Rıhtımdaki gemilerin ilkine ilk vinç verilir. Daha sonra diğer gemilere birer adet vinç verilir. Tüm gemiler birer vinç aldıktan sonra elde kalan vinçler gemilere anbar sayısına göre dağıtılır.

e) Haftada Çalışma Saatleri

Çalışma saatleri haftanın günlerine göre farklı şekillerde programa girdi olarak verilebilir.

Bir limanın tasarımında limana gelecek yıllık yük hacmi, (Q t/yıl); ana girdi olarak en doğru şekilde tahmin edilmelidir. Ayrıca en uygun liman büyüklüğünün saptanmasında diğer bir deyişle toplam liman maliyetini en aza indirmek için rıhtım uzunluğu ve elleçleme araçların kapasiteleri planlamasının iyi yapılması gerekmektedir.

Herhangi bir limanda, toplam maliyet, yanaşma yeri ve yük elleçleme araçları (vinç) maliyetleri ile liman maliyeti ve limanda gereken bekleme zamanına bağlı olarak gemi maliyetleri birleşimidir. Bir limanın tipik bir yıllık toplam maliyet eğrisi, yıllık maliyet eğrisi ve yıllık gemi maliyetleri eğrisinin toplamı Çizim 1'de verilmiştir.



ÇİZİM 1. KURAMSAL BİR LİMAN TASARIMI İÇİN YILLIK TOPLAM MALİYET

2- LİMAN BENZETİM MODELİ

Sayısal benzetim bilgisayar modeli (PORTSOL), ilk olarak Fortran dilinde yazılmıştır. (Ergin ve Yalçiner 1991).

Programı başlıca girdiler ise yıllık yük hacmi Q (ton/yıl), başlangıç rıhtım uzunluğu (m), en düşük, ortalama ve en büyük gemi büyüklüğü (DWT), gemi geliş aralığı A (saat/gemi), vinç sayısı (M) ve kapasitesi P (ton/saat), yıllık rıhtım maliyeti ($\$/m$), yıllık vinç maliyeti ($\$/birim$), vinçlerin yıllık operasyon maliyetleri ($\$/birim/saat$), gemilerin bekleme maliyeti ($\$/DWT/saat$) dir.

Bilgisayar modeli yeni rıhtım uzunluğu veya vinç sayısını bir önceki benzetime göre belirleyerek yeni benzetim için girdi olarak alır. Programın çalışması sırasında ise rıhtım uzunluğunu değiştirilerek en uygun liman büyüklüğü ve vinç sayısı bulunur. Benzetim modelinin akış diagramı Çizim 2'de verilmiştir.

3- BİLGİSAYAR BENZETİM MODELİNİN UYGULANMASI

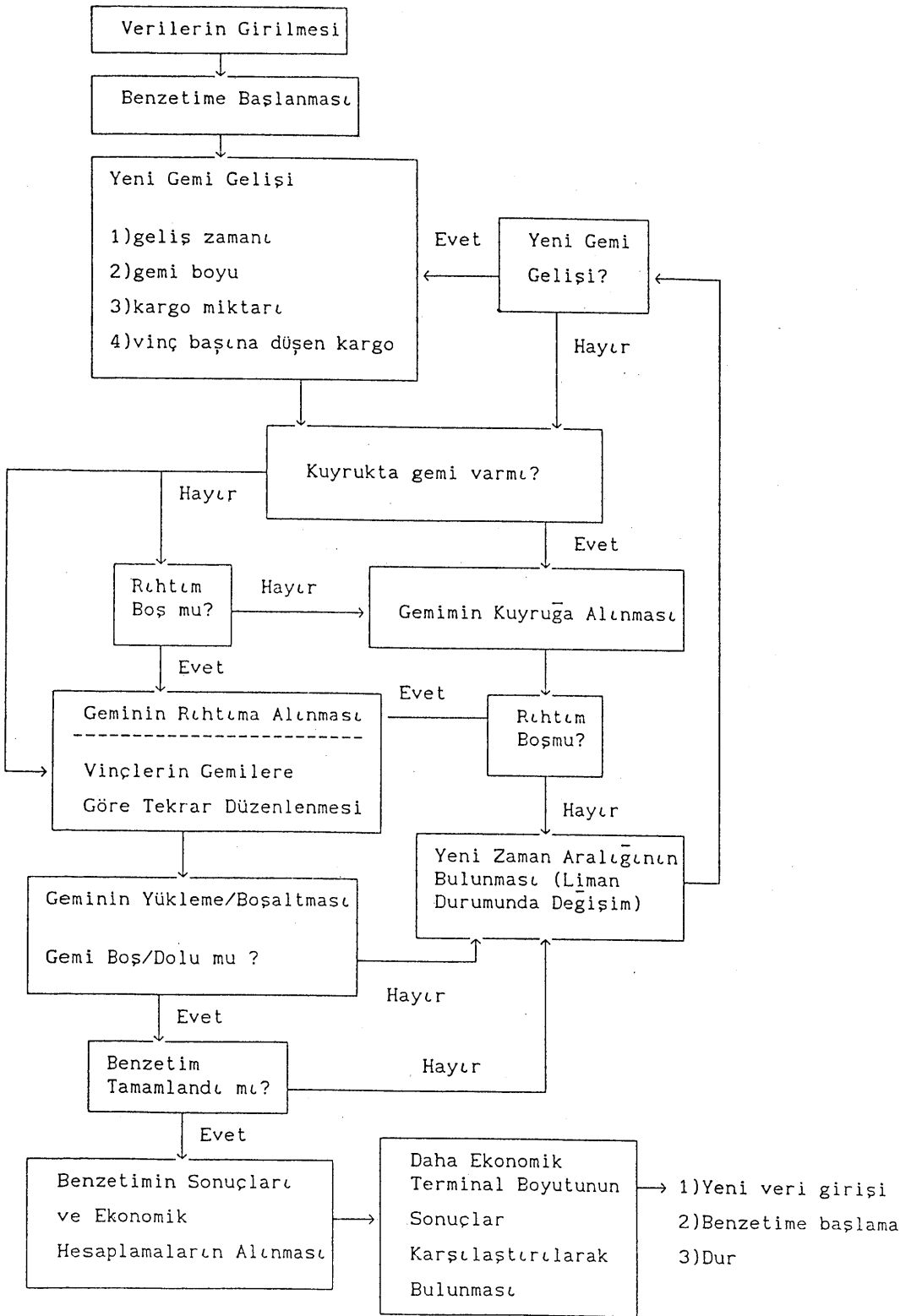
Bilgisayar benzetim modeli bir örnek olarak kuramsal bir limanın genel kargo terminali için uygulanmıştır. Tasarlanan liman için tahmin edilen yıllık kargo hacmi 3×10^6 ton/yıl ile 8×10^6 ton/yıl arasında değişmektedir.

Çizelge 1. Benzetimde girdi olarak kullanılan veriler

Q ($\times 10^6$ ton/yıl)	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
A (Saat/gemi)	20.43	15.33	12.24	10.22	8.75	7.66

Gemi büyüklükleri en düşük gemi büyüklüğü, ortalama gemi büyüklüğü ve en büyük gemi büyüklüğü sırasıyla 4 000 DWT, 10,000 DWT, 20,000 DWT, rıhtım uzunluğu ise 400 m ile 1600 metre arasında alınmıştır.

Toplam vinç sayısı (M) ise 8 ile 27 arasında alınmış olup vinç kapasitesi (P) 60 ton/saat olarak kabul edilmiştir. Maliyet ile ilgili veriler çizelge 2'de verilmiştir.



ÇİZİM 2. BİLGİSAYAR BENZETİM PROGRAMI PORTSOL'UN AKIŞ ŞEMASI

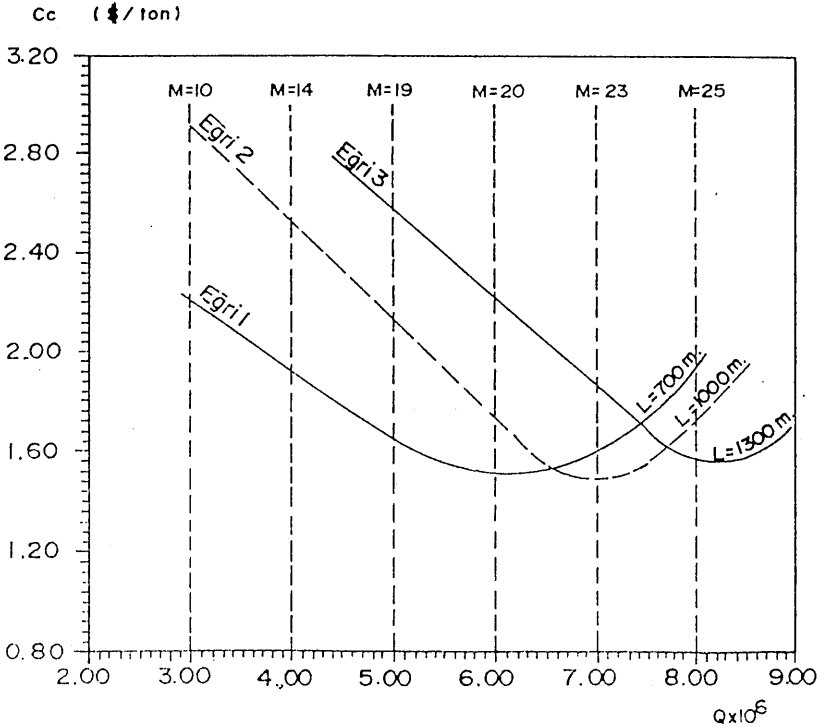
Çizelge-2 Maliyet Verileri (\$/yıl)

	Rıhtım \$/m	Gemi \$/DWT/Saat	Vinç \$/yıl/BVinç	Çalışma Maliyeti \$/yıl
Yıllık Maliyet	1500	0.015	240.000	8.20

Günlük çalışma süreleri Cumartesi ve Pazar dahil olmak üzere günde 15 saat alınmıştır. Bu çalışmanın ilk kısmında tahmin edilen yıllık kargo miktarları için en uygun rıhtım uzunluğu ve servis (elleçleme) kapasiteleri bulunmuş, ikinci kısmında ise rasgele sayıların üretimi ile ilgili duyarlılık analizi yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

4- EN UYGUN RIHTIM UZUNLUĞUNUN BULUNMASI

Çizelge 1' deki veriler kullanılarak çalıştırılan benzetim programı (PORTSOL) sonuçları Çizim 3' de verilmiştir. Bu çizimde yıllık kargo taşınması birim maliyetine C_c (\$/ton), karşılık yıllık kargo hacmi Q (ton/yıl) çizilmiştir. Ayrıca Çizim 3' de rıhtım boyunca kullanılan toplam vinç sayısı da gösterilmiştir. Çizim 3 örnek olarak, eğri 1 alınarak incelendiğinde yıllık taşıma kapasitesi $Q = 6 \times 10^6$ ton/yıl için en düşük yıllık birim maliyet $C_c = 1.54$ \$/ton, buna karşı en uygun rıhtım uzunluğu $L = 700$ m. olarak bulunmuştur. $Q = 6 \times 10^6$ ton/yıl kargo hacminde kullanılan vinç sayısı $M = 20$ ve kapasitesi ise $P = 60$ ton/saat olarak bulunmuştur. Çizim 3' de rıhtım uzunluğu 700 m. alındığında, eğer Q , $Q = 6 \times 10^6$ ton/yıl dan küçük ise C_c artmaktadır. Toplam vinç sayısı, en uygun değer olan $M = 20$ 'den küçük olmakta, buna karşılık $L = 700$ m. için Q ' nun 6×10^6 'dan büyük olması durumunda vinç sayısı $M = 20$ 'den fazla olmakta ve gene C_c artmaktadır. Bu durumda, $Q = 6 \times 10^6$ ton/yıl için en düşük yıllık birim maliyeti veren en uygun rıhtım uzunluğu $L = 700$ m. ve vinç sayısı ise $M = 20$ olmaktadır. Aynı sonuçlar Çizim 3' deki eğriler 2 ve 3 için de geçerlidir. Belirli yıllık kargo hacimleri için en uygun rıhtım uzunluğu ve buna karşılık gelen en düşük birim maliyet Çizelge 3' de verilmiştir.



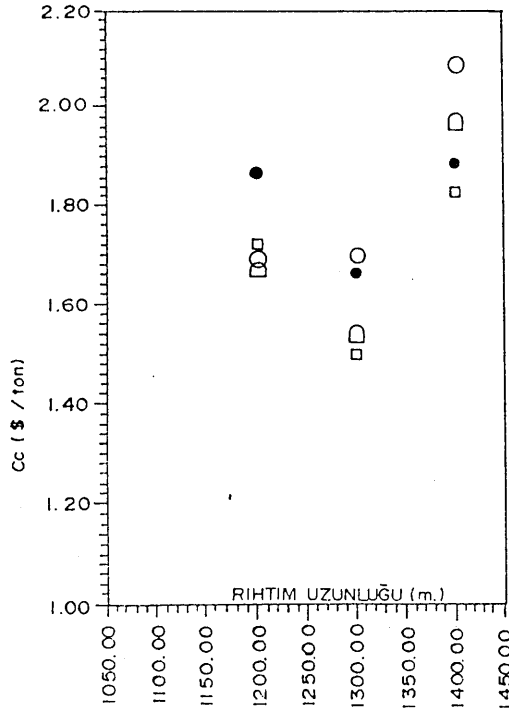
ÇİZİM 3 . YILLIK BİRİM MALİYET (C_c) NİN YILLIK KARGO Q (ton/yıl) RIHTIM UZUNLUKLARI (L) VE VİNÇ SAYISINA (M) GÖRE DEĞİŞİMİ

Çizelge-3 En Uygun Yıllık Kargo Hacmi ve Birim Maliyetler.

Eğri	Yıllık Kargo Q Hacmi 10 ⁶ x ton/yıl	En Uygun Rıhtım Uzunluğu (m)	Yıllık Elleçleme Kapasitesi ton/saat	En Düşük Birim Maliyet \$/ton
1	6	700	1200	1.54
2	7	1000	1380	1.52
3	8	1300	1500	1.56

5- RASGELE SAYI ÜRETİMİNİN DUYARLILIK ANALİZİ

Benzetim modelinde gemi geliş aralığı, gemi büyüklükleri rasgele sayılarının üretimi ile benzeştirilir. Benzetim modeli farklı rasgele sayı dizileri ile çalıştırılarak en uygun liman büyüklüğüne etkileri araştırılmıştır. Duyarlılık analizi için $Q = 8 \times 10$ t/yıl için çalıştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizim 4' de (Yıllık Kargo taşınması birim maliyetine (Cc) karşılık gelen rıhtım uzunluğu (L) olarak verilmiştir. Çizim 4' den görüldüğü gibi farklı rasgele sayı dizilerinin hepsinde (çizimde farklı sembollerle gösterilmiştir) en uygun rıhtım uzunluğu (L=1300 metre) olarak bulunmuştur. Buna karşı gelen en düşük Cc ise 1.49 ve 1.7 \$/ton arasındadır. Bu durum rasgele sayı üreticinin benzetim sonuçları üzerine (en uygun rıhtım uzunluğuna) etkili olmadığını göstermektedir. Maliyet sonuçlarındaki farklılık ise, ana amaç olan rıhtım uzunluğu ve vinç sayısına karar vermede önemli değildir.



ÇİZİM 4 . RASTGELE SAYI ÜRETİMİNİN YILLIK KARGO TAŞIMASI BİRİM MALİYETİNE (Cc) VE RIHTIM UZUNLUĞUNA (L) ETKİSİ

6- SONUÇLAR

En düşük liman maliyetini vererek liman fiziksel özelliklerinin bulunması için rasgele zaman aralıklarıyla, rasgele büyüklükteki gemilerin limana gelmesi ve servis görmesi işlemleri ile bekleme kuyruğu disiplini gözeterek maliyet analizleri yapılması gerekmektedir.

Benzetim Modeli PORTSOL: belirlenen yıllık kargo hacmi için ;

1- En düşük yıllık kargo taşıma birim maliyetini veren en uygun rıhtım uzunluğunu,

2- Belirlenen elleçleme kapasitelerine göre en uygun vinç sayısını,

bulmaktadır.

Benzetim modelinin sonuçlarının rasgele sayı üretimine duyarlılığını araştırmak için yapılan çalışmada, model farklı rasgele sayı dizileriyle çalıştırılmıştır. Sonuçlar, belirlenen yıllık kargo hacmi için en düşük yıllık kargo taşıma birim maliyetindeki (Cc) farklılığın en uygun olarak bulunan rıhtım uzunluğuna etkisi olmadığını göstermiştir.

Benzetim Model uygulaması ile limanlarda kapasite artırımının, etkiyen parametrelerin değiştirilerek incelenmesi olanaklıdır. Böylece, planlıların önerilen seçenekler ve değişikliklerin ekonomik analizlerini daha detaylı incelemeleri sağlanarak, liman planlamasında bire bir ölçekle model deneyleri yapılması önlenebilir.

KAYNAKLAR

NORITAKE, M. and KIMURA, S., " Optimum Number of Capacity of Seaport Bets" , Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering, ASCE, Aug. 1983.

ERGİN, A. and YÜCEL, F., "A Port Capacity Study of Iskenderun Port" 8th International Harbor Congress, Antwerp, June 1983.

ERGİN, A. and YALÇINER, A.C., "Computer Simulation Model for Optimum Seaport Planning" System Dynamics Conference, Asian Institute of Technology, Aug. 1991, Bangkok, Thailand.