

HAVA ULAŞTIRMA GÖREVLERİNİN BAŞARIMININ TAHMİNİ

Deniz CİN*

Hava Harp Okulu
Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü
Yeşilyurt/İSTANBUL
dcin@hho.edu.tr

Okay IŞIK

Hava Kuvvetleri Komutanlığı
Bakanlıklar/ANKARA
oisik@hho.edu.tr

Geliş Tarihi: 26 Temmuz 2013, *Kabul Tarihi:* 31 Ocak 2014

ÖZET

Ulaştırma filolarının temel görevi, planlanan noktalara uçarak personel ve malzemeyi bu noktaların birinden diğerine taşımaktır. Günlük olarak planlanan her bir görevin yerine getirilebilmesi için uçuşa hazır uçuş ekibine ve uçağa ihtiyaç vardır.

Bu çalışmanın amacı, tasarlanan model dâhilinde belirlenen etmenlerin uçuş görevlerini nasıl etkilediğini belirlemek ve günlük uçulabilecek görev sayısının tahmininde kullanılabilecek bir tahmin modeli elde ederek planlamaların daha sağlıklı yapılabilmesine yardımcı olmaktır.

Bu çalışmada, benzetim modeli ARENA yazılımında tasarlanmış, NOLH (Dikeye Yakın Latin Hiperküp) deney tasarımı ile belirlenen girdiler ile elde edilen çıktı değerleri Design-Expert yazılımına aktarılmıştır.

Etmenlerin uçuş görevlerine etkileri Design-Expert yazılımı ile çözümlenmiş, tahmin modeli Yanıt Yüzeyi kullanılarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Benzetim, DeneySEL Tasarım, Yanıt Yüzeyi, Tahmin Modeli, NOLH, Ulaştırma.

ESTIMATION OF THE PERFORMANCE OF THE AIR TRANSPORTATION MISSIONS

ABSTRACT

The basic task of the transportation fleets is to carry personnel and cargo from one point to another according to the daily planned flight schedule. Mission-ready flight crews and aircrafts are needed to accomplish the task.

The goal of this paper is to determine which factors affect the success of the daily planned flight schedule and how, and also to define a prediction model to estimate the success of the daily planned flight schedule in order to help making more precise flight schedule.

In this study, the simulation model is designed by ARENA software; the inputs defined by the NOLH experiment design, and the outputs are transferred to Design-Expert software.

The effects of the factors are analyzed by Design-Expert and the prediction model is defined by using Response Surface.

Keywords: Simulation, Experimental Design, Response Surface, Prediction Model, NOLH, Transportation.

1. GİRİŞ

Ulaştırma filolarının temel görevi, günlük olarak planlanan uçuş noktalarına uçarak personel ve malzemeyi bir noktadan diğerine taşımaktır. Görevin yerine getirilebilmesi için uçuşa hazır uçuş ekibi ve uçağa ihtiyaç vardır. Bunların yanı sıra görevin

başarılmasını kısıtlayan bir başka etmen ise uçuş ekibinin günlük uçabileceği azami uçuş süresidir.

Bu çalışmada, günlük görevlerde yaşananları kapsayan bir benzetim modeli tasarlanmıştır. Seçilen deney tasarımı uygun olarak belirlenen girdiler ve elde edilen çıktılar değerlendirilerek günlük uçuş başarısını, hangi etmenlerin nasıl etkilediği

* Sorumlu Yazar

belirlenmeye ve etmen değerlerinin girilmesiyle günlük görev başarısının tahmininde kullanılabilecek bir tahmin modeli elde edilmeye çalışılmıştır.

Etmen etkilerinin belirlenmesi ile iyileştirme için hangi etmene öncelik verilmesi gerektiğinin belirlenebilmesi, elde edilen tahmin modeli ile de planlamaların daha sağlıklı yapılabilmesinde karar vericilere yardımcı olabilmesi amaçlanmıştır.

Bu konuda yapılan önceki çalışmaların [1-5] bir kısmında; hava ulaştırma görevlerinin belirli kısıtlar altında, istenilen şekilde ve zamanda yerine getirilebilmesi için farklı uçak tiplerinin, uçulacak noktalara ve taşınacak yüklere göre belirlenerek hava ulaştırma görevlerinin iyileştirilmesiyle; bir diğer kısmında ise uçağın uçuşa hazır hale getirilmesi ile ilgili olan bakım faaliyetindeki işgücüyle ilgilenilmiştir. Bu çalışmalar, faal uçak sayısı-görev sayısı, faal uçak sayısı-bakım ekibi sayısı gibi ilişkileri dikkate almıştır. Hiçbirinde uçuş ekibi sayısının hedeflenen görev başarısına etkisi dâhil edilmemiştir. Ancak atlanılmaması gereken, görevlerin başarılabilmesi için salt faal uçakların varlığı ya da iyi bir bakım ekibinin varlığının yeterli olmayacağıdır. Bu uçakların uçuşu için gerekli bir diğer ihtiyaç da uçuş ekibidir.

2. YÖNTEM

Tasarlanan sistemdeki değişkenler belirli aralıklarla değiştiği için *kesikli-olay sistem benzetimi* esas alınmıştır.

Deneyisel tasarım, gerçek hayattaki deneylerde veriyi etkin bir şekilde üretmek ve çözümlemek için kullanılır. Girdi değerlerinin belirlenmesinde deneyisel tasarım kullanılmıştır. Deneyisel tasarım sayesinde benzetimdeki etmenlerin çıktıya etkilerinin nasıl olduğunu daha az çalıştırma ile belirlemek mümkün olmaktadır [6].

Deneyisel tasarım olarak farklı amaçlar için birçok tasarımın varlığından bahsedilebilir. Bilgisayar deneyleri için son yıllarda sıklıkla tercih edilmeye başlanan ise iyi *boşluk-doldurma* (space-filling) özelliğine sahip olan tasarımlar olmuştur [7]. Benzetim modeli ile elde edilecek veriler ile tahmin modeli de oluşturulacağı için model katsayılarının *bağımsız* (uncorrelated) tahmin edilmesi istenmiştir. Bu özelliğe sahip tasarımlar ise *dikey* (orthogonal) tasarım olarak adlandırılır. Bu çalışmada Cioppa ve Lucas tarafından geliştirilen *NOLH* (Nearly Orthogonal Latin Hypercube – Dikeye Yakın Latin Hiperküp) tasarım tercih edilmiştir [8]. Bu tasarım, az sayıda tasarım noktası ile iyi boşluk-doldurma özelliğine sahip, dikey ya da dikeye yakın ve belirli etmen sayıları için hazır şablonları olan bir tasarımdır. Bu çalışmada, 29 etmene kadar tasarımlar için

hazırlanmış 257 tasarım noktalı şablon kullanılmıştır [9].

Tasarım noktaları belirlendikten sonra, çıktının hangi güven aralığında ve hangi kesinlikte tahmin edilmesinin amaçlanmasına göre tekrar sayısı belirlenmelidir. Tekrar sayısının belirlenmesinde; öncelikle ilk birkaç (2-10) tekrara ait *örneklem ortalamasına* ve *değişkesine* (variance) ihtiyaç vardır. Bu değerler belirlendikten sonra iki farklı yöntem kullanılmıştır [6]: Ortalama ile örneklem ortalaması arasındaki farkın azami değerini esas alan *mutlak hata ile tahmin* ve ortalama ile örneklem arasındaki farkın ortalamaya oranını esas alan *göreceli hata ile tahmin*.

Girdi-çıktı arasındaki ilişkinin daha basit olarak tanımlanabilmesi için *yanıt yüzeyi* (response surface) kullanılmıştır. Bu sayede tahmin modelini belirlemek de mümkün olmuştur.

Tasarlanan kavramsal model, ARENA yazılımı kullanılarak bilgisayara aktarılmış; deney tasarımına uygun olarak belirlenen girdiler ve çıktılar Design-Expert yazılımı yardımı ile çözümlenmiş ve yanıt yüzeyi ile tahmin modeli elde edilmiştir.

3. BENZETİM MODELİ

Oluşturulan model ile temel olarak, farklı uçuş ekibi ve uçak sayıları ile –bakım faaliyetlerini temsilen– farklı ilk kalkıştan, kalkıştan ve uçuştan vazgeçme oranlarına göre uçulabilecek azami *bacak* (görev planına uygun olarak uçulacak iki nokta arasındaki yol, rota) sayısının tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

Günlük uçuş faaliyetlerinin kısa özeti aşağıdadır:

Uçağın harici kontrolü yapıldıktan sonra motor çalıştırılır ve *ruleye* (uçağın motor çalıştırmasından kalkışa kadar yerdeki ilerleme hareketi) başlanır. Uçağın kalkışından önce herhangi bir sorun yaşanmaz ise kalkışa geçilir ve uçuş başlar.

Uçağın kalkışından önce, herhangi bir sorun yaşanır ise kalkıştan vazgeçilir. Uçuşa hazır başka uçak yok ancak bakımdan çıkıp hazır olacak uçak varsa o uçağın bakımının tamamlanması beklenir. Uçuşa hazır başka uçak yoksa görev iptal edilir. Uçuşa hazır başka uçak varsa uçak değiştirilir. Uçakta taşınan yük ve/veya personel yeni uçağa aktarılır. Arızalı uçak bakıma alınır. Yeni uçak, uçuşa hazırlanır. Aynı usuller izlenerek kalkışa geçilir ve sorun yaşanmazsa uçuşa başlanır.

Uçuş esnasında meydana gelecek arızalar sonucunda uçuştan vazgeçilebilir. Uçuştan vazgeçileceğine karar verilirse en yakın meydana iniş yapılır.

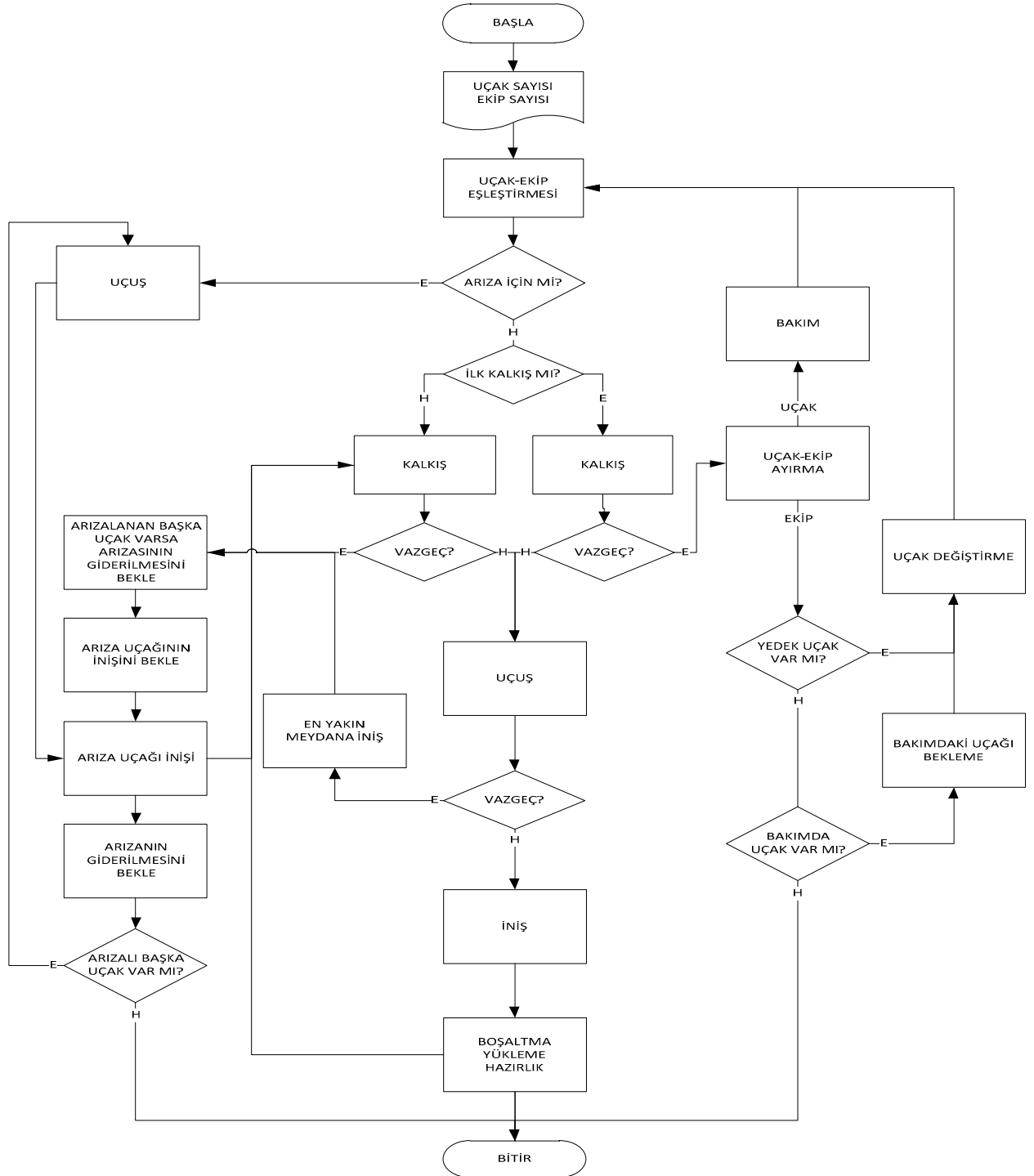
Arızanın giderilmesi için ana meydana uçuşa hazır uçak ve uçuş ekibi varsa, bakım ekibi ve onları götürecek uçuş ekibi hazırlıklarına başlar. Hazırlıklar tamamlandıktan sonra arıza uçağı, arızalı uçağın

bulunduğu meydana doğru uçmak üzere kalkışını yapar ve uçuşa başlar. İnişten sonra bakım ekibi arızalı uçağın sorununun giderilmesi için çalışmalarına başlar. Arızalı uçağın tamamlanmamış görevleri varsa, uçaktaki personel ve yükler gelen uçağa aktarılır ve bakım personeli bu uçak ve uçuş ekibi, kalan görevleri uçmaya devam eder.

Uçuş esnasında herhangi bir sorun yaşanmazsa planlanan meydana iniş gerçekleştirilir. Bırakılacak yükler uçaktan indirilir, taşınacak yeni yükler uçağa

alınır. Taşınan personel için de aynı işlem uygulanır. Gerekirse yakıt ikmali de yapılır. Sonraki uçuş için hazırlıklar tamamlanır.

Kalkıştan önce karşılaşılan önemli sorunlar nedeniyle kalkıştan vazgeçilebilir. Kalkıştan vazgeçilmesi durumunda uçak, ana meydanından uzakta olduğu için arızanın giderilmesi için yukarıda bahsedilen uçuştan vazgeçilmesi durumunda yapılanlar gerçekleşir. Modele ait akış çizelgesi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kavramsal modele ait akış çizelgesi.

Modelde kullanılan sayılar, süreler ve oranlar ile ilgili gerçek verilerin temini mümkün olmadığı için sistem hakkında bilgi sahibi olan kişilerin tahminlerinden yararlanılmıştır.

3.1 Doğrulama ve Geçerleme

Arena yazılımının *canlandırma* (animation) özelliği, doğrulama ve geçerlemede kullanılmıştır. Yazılım içine konulan sayaçlar yardımıyla modeldeki değerlerin değişimini adım adım izlemek mümkün olmuştur.

Modelin tasarımı sırasında ve sonrasında, modellenen sistem hakkında bilgi sahibi kişiler ile görüşülmüş ve onların tavsiyeleri ve düzeltmeleri de dikkate alınarak iyileştirmeler yapılmıştır.

Kullanılan deney tasarımının boşluk-doldurma özelliğinin iyi olması nedeniyle deney uzayının neredeyse tüm noktalarında benzetim modelini çalıştırma olanağı sağlanmış ve bu sayede girdilerin uç değerlerinde, sonuçların neler olduğu gözlemlenerek tutarsız sonuçlar oluşmaması için tasarımda bazı düzeltmeler yapılmıştır.

Benzetim modelinin deney tasarımına uygun olarak yapılan çalıştırmaları sonucunda elde edilen tahmin modeli ile benzetim sonuçlarının tutarlı olduğu belirlenmiştir.

3.2 Tekrar Sayısının Belirlenmesi

Bu çalışmada, her bir tasarım noktası için $n = 15$ adetlik tekrar sonucunda elde edilen verilere göre, %95 güven aralığında ($\alpha = 0,05$), tahmin edilen tamamlanan bacak sayısındaki sapmanın, en fazla bir olması için gerekli en az tekrar sayısı, mutlak hata ile tahmin ve göreceli hata ile tahmin yöntemlerine göre hesaplanmış ve tüm tasarım noktalarına ait en az tekrar sayıları arasında en büyüğü olan $n_m^* = n_g^* = 293$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkarak her bir deney noktası için 300 tekrar olmak üzere, toplamda 77100 tekrar yapılmıştır.

4. DENEY TASARIMI VE SONUÇLARI

Deney tasarımında kullanılan etmenler ve etmen seviyeleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deney tasarımında kullanılan etmenler ve yanıt.

ETMENLER	Alt Seviye	Üst Seviye
A-Uçak sayısı	1	20
B-Uçuş ekibi sayısı	1	20
C-İlk kalkıştan vazgeçme oranı (%)	0	30
D-Kalkıştan vazgeçme oranı (%)	0	5
E-Uçuştan vazgeçme oranı (%)	0	3
YANIT		
Y-Tamamlanan bacak sayısı		

NOLH tasarıma ait bir kesit Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. 257 tasarım noktalı NOLH tasarımının bir kesiti.

Alt Seviye	1	1	0	0	0
Üst Seviye	20	20	30	5	3
Etmen Adı	A	B	C	D	E
9	18	18	3	2	
3	9	25	5	2	
4	12	4	3	3	
9	4	12	3	2	
8	12	18	2	3	
9	8	29	1	3	
2	13	13	1	2	
8	2	11	2	3	
2	11	28	3	1	
10	2	26	4	0	
4	19	15	5	1	
2	4	2	4	1	
6	19	19	0	1	
2	6	22	1	0	

Her bir tasarım noktasının 300 kere çalıştırılmasıyla elde edilen 77100 veri, Design-Expert yazılımına aktararak çözümleme yapılmıştır. Ancak tekrar sayısının belirlenmesinde, tamamlanan bacak sayısındaki sapmanın en fazla bir olması hedeflenmesine rağmen elde edilen sonuçlarda sapmanın birden büyük olabildiği gözlemlenmiştir. Bunun temel nedeni modelden kaynaklı değişkenliğin fazla olmasıdır.

4.1 Tamamlanan Bacak Sayısı Tahmin Modeli Seçimi

Design-Expert yazılımında *yanıt yüzeyi* kullanılarak elde edilen denklemlere ait sayımlama (istatistik) özeti Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Modellerle ait sayımlama özeti.

Kaynak	Standart Sapma	R^2	Ayarlanmış R^2	Tahmin edilen R^2
Doğrusal	9,17	0,7539	0,7490	0,7403
İkili etkileşim	4,72	0,9375	0,9336	0,9286
İkinci dereceden	2,46	0,9833	0,9819	0,9801
Üçüncü dereceden	2,55	0,9847	0,9805	0,9723

Çözümleme ve tahmin modeli için en yüksek R^2 değerine sahip olan ikinci dereceden denklem tercih edilmiştir. Modelin *değişkesindeki* (variance) sapmayı azaltmak için *kuvvet dönüşümü* (power transformation) uygulanmıştır. Design-Expert yardımıyla *dönüşüm değişkeni*, $\lambda=0,83$ olarak belirlenmiştir. Dönüştürülmüş ikinci dereceden denkleme ait ANOVA (ANalysis Of VAriance - Değişke Çözümlemesi) çizelgesindeki $\alpha=0,05$ anlamlılık düzeyine göre anlamlı olmayan terimlerin (P-değeri $> 0,05$ olan) çıkartılmasıyla elde edilen *sadeleştirilen dönüştürülmüş ikili etkileşim modeline*

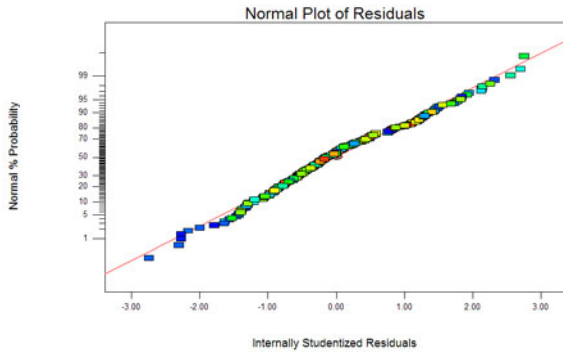
ait ANOVA çizelgesi, Tablo 4'te, sayımlama özeti Tablo 5'te, Q-Q çizgesi (grafığı) Şekil 2'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Modele ait ANOVA özeti.

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F değeri	P değeri
Model	18153,08	9	2017,01	1478,22	< 0,0001
A-Uçak sayısı	7173,58	1	7173,58	5257,35	< 0,0001
B-Uçuş ekibi sayısı	6466,46	1	6466,46	4739,11	< 0,0001
C-İlk kalkıştan v. o.	51,95	1	51,95	38,08	< 0,0001
D-Kalkıştan v. o.	34,56	1	34,56	25,33	< 0,0001
E-Uçuştan v. o.	48,60	1	48,60	35,62	< 0,0001
AB	2970,44	1	2970,44	2176,97	< 0,0001
BC	17,79	1	17,79	13,04	0,0004
A ²	590,89	1	590,89	433,05	< 0,0001
B ²	622,30	1	622,30	456,07	< 0,0001
Kalıntı	337,03	247	1,36		
Düzeltilmiş Toplam	18490,11	256			

Tablo 5. Modellerde ait sayımlama özeti.

Standart Sapma	R ²	Ayarlanmış R ²	Tahmin edilen R ²
1,17	0,9818	0,9811	0,9801

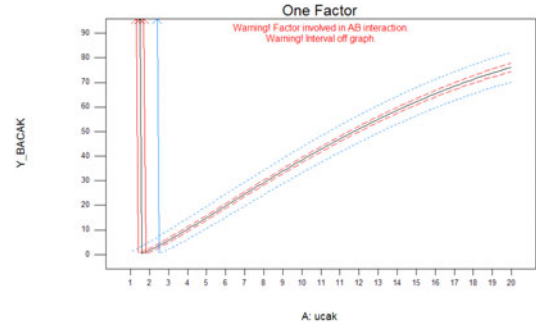


Şekil 2. Kalıntıların normal dağılım çizgesi.

4.2 Ana Etmenler

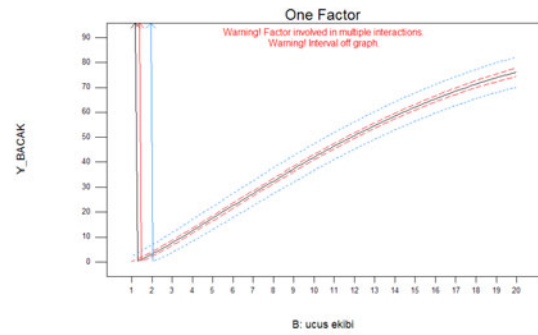
Tamamlanan bacak sayısına etki eden ana etmenler uçak ve uçuş ekibi sayıları ile ilk kalkıştan, kalkıştan ve uçuştan vazgeçme oranlarıdır. Çizgelerdeki içteki (kırmızı) uzun kesikli çizgiler %95 güven aralığını, dıştaki (mavi) kısa kesikli çizgiler ise tahmin aralığını göstermektedir. Tamamlanan bacak sayısına etkileri gösteren aşağıdaki çizgelerdeki ilgili etmen haricindeki değerler, uçak sayısı=20, uçuş ekibi sayısı=20, ilk kalkıştan vazgeçme oranı=15; kalkıştan vazgeçme oranı=3; uçuştan vazgeçme oranı=2 olarak belirlenmiştir.

Tamamlanan bacak sayısı, **uçak sayısı** arttıkça artmaktadır (Şekil 3).



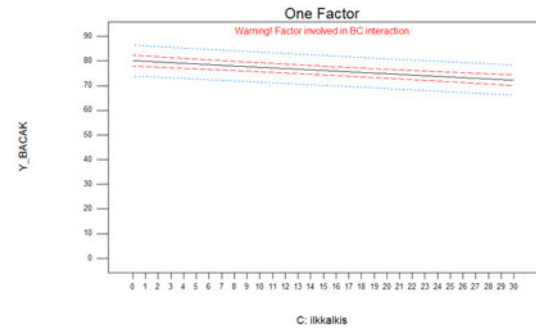
Şekil 3. Uçak sayısının etkisi.

Tamamlanan bacak sayısı, **uçuş ekibi sayısı** arttıkça artmaktadır (Şekil 4).



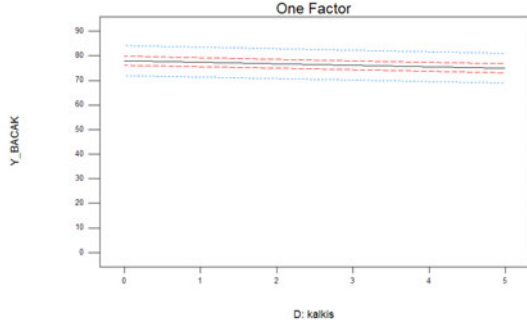
Şekil 4. Uçuş ekibi sayısının etkisi.

İlk kalkıştan vazgeçme oranındaki artış, tamamlanan bacak sayısını azaltmaktadır. İlk kalkıştan vazgeçme oranının en küçük ve en büyük değerlerinde tamamlanan bacak sayısı farkı 8'dir (Şekil 5).



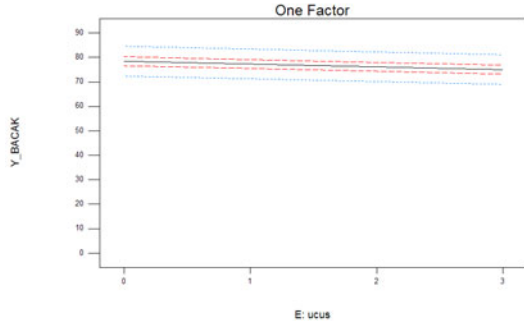
Şekil 5. İlk kalkıştan vazgeçme oranının etkisi.

Kalkıştan vazgeçme oranındaki artış, tamamlanan bacak sayısını azaltmaktadır. Kalkıştan vazgeçme oranının en küçük ve en büyük değerlerinde tamamlanan bacak sayısı farkı 3'tür (Şekil 6).



Şekil 6. Kalkıştan vazgeçme oranının etkisi.

Uçuştan vazgeçme oranındaki artış, tamamlanan bacak sayısını azaltmaktadır. Uçuştan vazgeçme oranının en küçük ve en büyük değerlerinde tamamlanan bacak sayısı farkı 3'tür (Şekil 7).

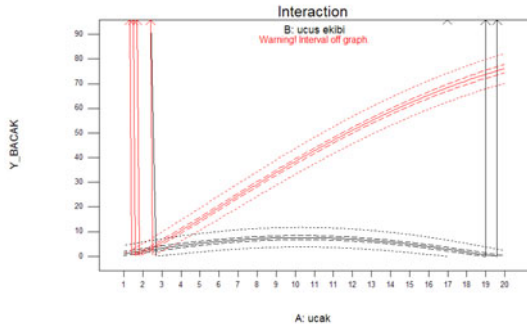


Şekil 7. Uçuştan vazgeçme oranının etkisi.

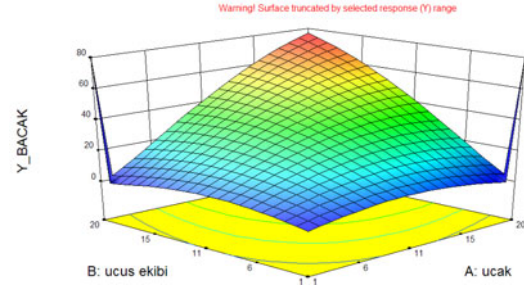
4.3 Etkileşimler

Tamamlanan bacak sayısına etki eden etkileşimler; uçak sayısı-uçuş ekibi sayısı ve uçuş ekibi sayısı-ilk kalkıştan vazgeçme oranıdır. Çizgilerdeki kırmızı renkli çizgiler ilgili etmenin en büyük değerini, siyah renkli çizgiler en küçük değeri göstermektedir.

Uçak sayısı-uçuş ekibi sayısı etkileşiminin tamamlanan bacak sayısına etkisi en yüksek olmuştur. Uçak sayısı ya da uçuş ekibi sayısından yalnızca birinin artışının tamamlanan bacak sayısına olumlu etkisi olmamaktadır. Etkinin olumlu olabilmesi için her iki etmenin de artması gerekmektedir (Şekil 8-9).

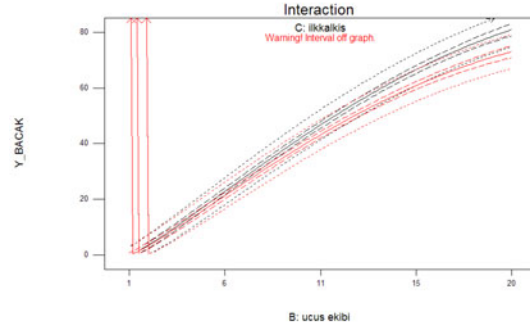


Şekil 8. Uçak sayısı-uçuş ekibi sayısı etkileşimi.

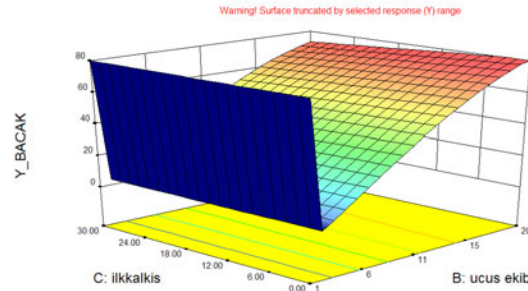


Şekil 9. Uçak sayısı-uçuş ekibi sayısı etkileşiminin 3-B yüzey gösterimi.

Uçuş ekibi sayısı-ilk kalkıştan vazgeçme oranı etkileşiminin tamamlanan bacak sayısına etkisi düşük olmuştur. Uçuş ekibi sayısı arttıkça ilk kalkıştan vazgeçme oranındaki artışın tamamlanan bacak sayısına etkisi de artmaktadır (Şekil 10-11).



Şekil 10. Uçuş ekibi sayısı-ilk kalkıştan vazgeçme oranı etkileşimi.



Şekil 11. Uçuş ekibi saygısı-ilk kalkıştan vazgeçme oranı etkileşiminin 3-B yüzey gösterimi.

5. SONUÇ

Elde edilen sonuçlarla günlük tamamlanan bacak sayısını en fazla etkileyen etmenlerin uçak sayısı ve uçuş ekibi sayısının olduğu belirlenmiştir. Ancak aralarındaki kuvvetli etkileşim nedeniyle bu etmenlerden yalnızca birinin artışı, tamamlanan bacak sayısının artışı için yeterli olmamaktadır. Artışın sağlanabilmesi için her iki etmenin sayısının da birlikte artması gerekmektedir.

İlk kalkıştan vazgeçme, kalkıştan vazgeçme ve uçuştan vazgeçme oranlarındaki değişikliklerin tamamlanan bacak sayısına olan olumsuz etkileri daha düşüktür. Oranların artması, tamamlanan bacak sayısını azaltmaktadır.

Elde edilen bu sonuçlara göre, benzetilen sistemde, tamamlanan bacak sayısında artış sağlanabilmesi için öncelik, uçak ve uçuş ekibi sayısının birlikte artırılmasına verilmelidir.

Elde edilen tahmin modeli sayesinde tamamlanabilecek bacak sayısı, %95 güven aralığı ile tahmin edilebilecektir.

Modelde kullanılan süre ve oranlar için gerçek değerlerden elde edilecek veri dağılımlarının kullanılmasıyla daha gerçekçi sonuçlar elde etmek mümkün olacaktır. Bu sürelerdeki değişimlerin etkilerinin görülmesi de modelin güncellenen sürelerle tekrar çalıştırılmasıyla mümkün olabilecektir.

Bu çalışmanın devamı olarak bakım faaliyetleri ayrıntılandırılarak bakımdaki faaliyetlerin tamamlanan bacak sayısına etkilerinin nasıl olduğu belirlenebilir.

Farklı bir deney tasarımı kullanılarak elde edilecek sonuçlarla bu çalışma sonuçları karşılaştırılabilir.

*Bu makale, bir yüksek lisans çalışmasına aittir [10].

6. KAYNAKLAR

- [1] Carter, W. B. ve Litko, J. R. (1992). "Simulating the Air Mobility Command Channel Cargo System", *Proceedings of the 1992 Winter Simulation Conference*, S.1153-1158.
- [2] Rosenthal, R. E., Baker, S. F., Weng, L. T., Fuller, D. F., Goggings, D., Toy, A. O., Turker, Y. (1997). "Application and Extension of the Thruput II Optimization Model for Airlift Mobility", *Military Operations Research*, Volume 3, Number 2, S.55-74.
- [3] Balaban, H. S., Brigantic, R. T., Wright, S.A ve Papaty, A. F. (2000). "A Simulation Approach to Estimating Aircraft Mission Capable Rates for the United States Air Force", *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*.
- [4] Ciarallo, F. W., Hill, R. R., Mahadevan, S., Chopra, V., Vincent, P. J. ve Allen, C. S. (2005). "Building the Mobility Aircraft Availability

Forecasting (MAAF) Simulation Model and Decision Support System", *Journal of Defence Modeling and Simulation*, Volume 2, Issue 2, S.57-69.

[5] MacKenzie, A., Miller, J. O., Hill, R. R. ve Chambal, S. P. (2012). "Application of Agent Based Modeling to Aircraft Maintenance Manning and Sortie Generation", *Simulation and Modelling Practice and Theory*, S.89-98.

[6] Law, A. M. "Simulation Modeling and Analysis", 4. Baskı, McGraw-Hill Yayınları, ABD, S.620.

[7] Montgomery, D. C. (2012). "Design and Analysis of Experiments", 8. Baskı, Wiley Yayınları, ABD, S.524.

[8] Cioppa, T. M. ve Lucas, T. W. (2007). "Efficient Nearly Orthogonal and Space-Filling Latin Hypercubes", *Technometrics*, S.47.

[9] Sanchez, S. M. (2011). "NOLH designs spreadsheet". Alındığı tarih: 13.01.2013, adres: <http://harvest.nps.edu>

[10] CİN, D., (2013) "Hava Ulaştırma Görevlerinin Başarımının Tahmininde Benzetim Modeli ve Deneysel Tasarım Yaklaşımı" *Yüksek Lisans Tezi*, Hava Harp Okulu, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞLER

Hv.P.Ütgm. Deniz CİN

2007 yılında Hava Harp Okulu Endüstri Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2007-2011 yılları arasında Hava Kuvvetleri'nin çeşitli birliklerinde görev yapmıştır. Yüksek lisans eğitimini 2013 yılında Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü (HUTEN) Endüstri Mühendisliği A.B.D. Yöneylem Araştırması programında tamamlamıştır.

Dr.Hv.Müh.Alb. Okay IŞIK

Hava Harp Okulu Elektronik Mühendisliği bölümünden 1992 yılında mezun olmuştur. 1992-1997 yılları arasında Hava Kuvvetleri'nin çeşitli birliklerinde görev yapmıştır. 1997-2001 yılları arasında ODTÜ Endüstri Mühendisliği'nde yüksek lisans eğitimini; 2004-2009 yılları arasında Old Dominion Engineering Management bölümündeki doktora eğitimini tamamlamıştır. İstatistiksel Kalite Kontrolü, Çok Yanıtlı Yüzey Eniyilemesi, Karar Destek Sistemleri konuları ile ilgilenmektedir.