**COVID-19 AŞI TEDARİK OPTİMİZASYONU PROBLEMİ VE DOĞRUSAL OLMAYAN PROGRAMLAMA İLE BİR MODEL ÖNERİSİ**

Gökhan TÜRKÖZ [[1]](#footnote-1)\* Sibel ATAN [[2]](#footnote-2)\*\* Özlem DÖNÜŞ[[3]](#footnote-3)\*\*\*

***ÖZ***

*Dünya son iki yıldır COVID-19 salgını ile mücadele etmektedir. Epidemiyolojik açıdan salgının sonlanması için temel gereksinim ise hastalık riski bulunan tüm canlıların belirlenen dozlarda aşılanması olarak tanımlanmaktadır. Ancak bu durum, aşılama ile ilgili kaynakların sınırsız ve erişilebilir olması ile mümkündür. Bir çok ülke için böyle bir durum söz konusu olmadığı gibi, gelişmiş ülkeler bile aşının tedarikinde ve uygulamasında çeşitli sorunlarla karşılaşmıştır. Türkiye’de koruyucu sağlık hizmetleri sistemi etkin bir şekilde yürütülmektedir. Bu sistemin işlerliği, Türkiye’nin uluslararası saygınlığı ve Türk kökenli bilim insanlarının aşı geliştirme projelerinde kaydettiği başarılarla ülkeye yardımları sonucunda, Türkiye COVID-19 aşı tedarikini sorunsuzca gerçekleştirebilmiş ve bu krizin üstesinden gelmiştir. Ancak, başarı her zaman garanti edilemeyeceği için gelecekte meydana gelebilecek bir salgına hazırlıklı olabilmek amacıyla konunun yöneylem araştırması ve ekonomi bilimleri boyutlarıyla incelenmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu araştırma, gelecekteki salgınlarda aşı tedariki konusundaki devlet politikalarına rehber olması amacıyla, literatür hakkında bilgi içermekte ve doğrusal olmayan programlama ile geliştirilmiş bir çözüm modelini tanıtmaktadır. Araştırma, iki aşamalı olarak modellenmiştir: ilk aşama, optimal sonuca daha çok yaklaşmak amacıyla, sınırlı sayıda olan tedarikçilerin sayısını ve niteliklerini ihtiyaçlar ve imkanlar ölçüsünde daha da sınırlandırmak için Çok Ölçütlü Karar Analizini (ÇÖKA); ikinci aşama ise belirlenen bu tedarikçilerin sunduğu mali koşullar doğrultusunda bütçeyi optimal bir şekilde kullanmayı sağlamak amacıyla, doğrusal olmayan programlama modelini kapsamaktadır. Tedarik problemleri ile ilgili literatürde, çözümün genellikle doğrusallık varsayımı üzerine inşa edildiği görülmektedir. Oysa, üretim imkanları, döviz kuru bağlamındaki para politikaları, uluslararası kaos ortamında aşıya erişim imkanı gibi kısıtlar, aşı tedarik probleminde doğrusal olmayan bir modeli zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, aşı tedariki konusunda ÇÖKA, oyun teorisi ve doğrusal olmayan modelleme çerçevesinde karma modeller öneren geniş bir literatür oluştuğu, ancak Türkçe literatürün yeterli olmadığı tespit edilmiştir.*

*Bu çalışmada, öncelikle aşı tedariki konusunda bir literatür araştırması yapılmış, ardından geliştirilen model adım adım açıklanmıştır. Tedarikçi önceliklendirmesi Analytic Hierarchy Process (ANP) yöntemi ile yapılmış, ardından doğrusal olmayan programlama modeli oluşturulmuştur. Dünya üzerinde aşı, stratejik bir ürün olarak nitelendirildiği için fiyat dahil bir çok veri gizli tutulmaktadır. Bu nedenle, hesaplamanın doğruluğunu göstermek için model Türkiye nüfusuna yönelik Türkiye Cumhuriyeti devletinin COVID-19 aşılama faaliyeti esas alınarak yapay veri seti (proxy data set) kullanılarak çözülmüştür. Modeli basitleştirmek için bazı değişkenler, koşullar ve kısıtlar göz ardı edilmiştir. Sonuç olarak, aşının dönemsel olarak tedarik edilmesinin ve bunun doğrusal olmayan bir model ile çözümü ortaya konmuştur.*

***Anahtar Kelimeler:*** *Aşı Tedarik Problemi,**Doğrusal Olmayan Programlama, Çok Ölçütlü Karar Analizi.*

**COVID-19 VACCINE PROCUREMENT OPTIMIZATION PROBLEM AND A MODEL PROPOSAL FOR NONLINEAR PROGRAMMING**

Gökhan TÜRKÖZ [[4]](#footnote-4)\* Sibel ATAN [[5]](#footnote-5)\*\* Özlem DÖNÜŞ[[6]](#footnote-6)\*\*\*

***ABSTRACT***

*World has been struggling against COVID-19 pandemic for two years. The basic epidemiological requirement to end the pandemic is defined as vaccination of all organisms in risk with appropriate doses. However, it can only be possible with unlimited and all-approachable resources related with vaccination. As it is unlikely to mention such an unrestricted situation for many countries, even developed countries has experienced difficulties in supplying and applying vaccination. In Turkey, preventive healthcare services system are upheld effectively. Turkey has been able to supply COVID-19 vaccines unproblematically and has overcome the crisis, as a result of the practicality of this system, Turkey’s international prestige, and the achievements of Turkish-originated scientists in developing vaccine. Nevertheless, because the achievement might not be guaranteed, it is evaluated to be beneficial that this situation should be studied in operational research and economics perspectives in order to be prepared in future probable pandemics. This research involves literature knowledge and introduces a solution model with nonlinear programming, in order to guide future governmental policies about vaccine procurement. The research is modeled in two phases: the first phase is Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) to provide more approximation to the optimal solution by limiting the number of few suppliers to even fewer with reference to requirements, capacities and the suppliers’ qualifications; while the second phase is nonlinear programming model that provides an optimal use of budget which maintains financial suggestions of the suppliers, selected in the first phase. In the literature of procurement problems, the solution is usually based on linearity assumption. However, the constructs such as production capabilities, monetary policies in context of exchange rate, and international access opportunities to vaccine create an obligation for nonlinear models. Therefore, a vast literature has existed about vaccine procurement, which encourages mixed models that involve MCDA, game theory, and nonlinear modeling, while Turkish literature is scarce about this research topic.*

*In this study, at first literature review is provided, and then the developed model is explained step by step. Supplier prioritization is made by Analytic Hierarchy Process (ANP), and then nonlinear programming model is created accordingly. Beacuse vaccines are qualified as strategic product, related data is unclassified, including price data. Therefore, the model is solved with proxy data in reference to COVID-19 vaccination of the Turkish Republic, in order to reveal the accuracy of the model. In order to simplify the model, some of the variables, conditions, and constructs has been ignored. Consequently, periodic procurement of vaccine is established by using nonlinear programming with this study.*

***Key words:*** *Vaccine Procurement Problem, Nonlinear Programming,**Multicriteria Decision Analysis.*

1. \* Jandarma Binbaşı, Bilimsel Karar Destek Şube Müdürü, Doktora Öğrencisi, Jandarma Genel Komutanlığı Strateji ve Dış İlişkiler Başkanlığı [↑](#footnote-ref-1)
2. \*\* Prof.Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü [↑](#footnote-ref-2)
3. \*\*\* Doktora Öğrencisi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü [↑](#footnote-ref-3)
4. \* Gendarmerie Major, Director of Scientific Decision Support Branch, PhD Student, Gendarmerie General Command Strategy and Foreign Affairs Department [↑](#footnote-ref-4)
5. \*\* Prof.Dr., Ankara Hacı Bayram Veli University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Econometrics [↑](#footnote-ref-5)
6. \*\*\* PhD Student, Ankara Hacı Bayram Veli University Institute of Graduate Programs [↑](#footnote-ref-6)