

Tıpta Karar Verme Süreçlerinde Oyun Teorisinin Kullanımı

Özgür TOSUN^a, Uğur BİLGE^a, Osman SAKA^a

^aAkdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi AD, Antalya

Use of Game Theory in Medical Decision Making Processes

Abstract

Game Theory is one of the most exciting scientific developments of 21st century. Although Game Theory was first founded and developed in mathematics, it was later used in several other branches of science such as economics, biology, politics, sociology, philosophy and psychiatry.

Game Theory focuses on the decisions where several players make interactively. "Game" is a situation where "rational" players develop strategies and make choices among alternatives in order to maximize their "utilities". Game Theory tries to find solutions for such situations. Use of Game Theory in medical researches is relatively recent. Since the definitions of rationality and utility in medicine differ significantly from other branches, it is often hard to model clinical problems within game designs. Nonetheless, Game Theory is increasingly used in "medical decision making" and produces appropriate solutions for decision making problems.

The aim of this study is to show the usage of Game Theory principles in medicine. We will sample some of the medical researches about Game Theory and focus on the medical problems in which Game Theory may produce suitable solutions.

Key Words

Game Theory; Medical Decision Making; Nash Equilibrium

Özet

Oyun Teorisi 20. yüzyılın en heyecan verici bilimsel gelişmelerinden birisidir. Matematik alanında temelleri atılıp şekillendirilen bu teori, daha sonra iktisat, biyoloji, politika, sosyoloji, felsefe ve psikoloji gibi birçok bilim dalında da kullanılmıştır.

Oyun Teorisi, çeşitli oyuncuların etkileşim halinde oldukları koşullarda verdikleri kararlar üzerine yoğunlaşır. "Rasyonel" oyuncuların "faydalarını" maksimize etmek amacıyla stratejiler geliştirerek farklı seçenekler arasından tercihler yaptıkları durumlar "oyun" olarak nitelendirilir. Oyun teorisi, bu gibi oyunlara çözümler üretmeye çalışır.

Tıpta Oyun Teorisinin kullanımı ise daha yakın zamanda gerçekleşmiştir. Tıp alanında rasyonellik ve fayda gibi kavramların diğer bilim dallarına göre daha farklı anlamlar içeriyor olması sebebiyle, klinik uygulamaları uygun şekilde modelleyen oyunlar geliştirmek zordur. Bununla birlikte, özellikle "tıpta karar verme" konusunda Oyun Teorisi gittikçe yaygınlaşan şekilde kullanılmakta ve karar verme problemlerine uygun çözümler üretebilmektedir. Bu çalışmada amaç, Oyun Teorisi yaklaşımlarının tıptaki uygulamalarını göstermektir. Bu konuda yapılmış olan bilimsel çalışmalara ait örnekler verilecek ve Oyun Teorisi uygulamaları ile uygun çözümler üretilebilecek tıbbi problemler üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Oyun Teorisi; Tıpta Karar Verme; Nash Dengesi

1.Giriş

Oyun Teorisi (Game Theory), 20. yüzyılın en dikkat çekici bilimsel gelişmelerinden birisidir. İlk olarak matematik alanında ortaya atılan "oyun" kavramı ve oyun çözümlerine dayanan Oyun

Teorisi stratejileri, daha sonra başta Ekonomi olmak üzere birçok farklı alanda teorik ve pratik olarak uygulanmaya başlanmıştır. Farklı alanlardan birçok bilim adamı Oyun Teorisi prensiplerini kendi alanlarına uyarlayarak teorinin geniş uygulama alanları bulmasında katkıda bulunmuşlardır. Bu alanların başlıcaları Ekonomi, Politika, Biyoloji, Felsefe, Sosyoloji ve Psikoloji'dir. Özellikle Ekonomi alanında yapılan çalışmalar önemli gelişmelere yol açmış olup bilimsel anlamda oldukça saygın bir ödül olan Nobel ödülü iki kez bu konudaki çalışmalara verilmiştir. Bu makalede amacımız Oyun Teorisi ile ilgili genel bir bilgi çerçevesi çizmek ve teorinin Tıp alanındaki uygulamalarını göstermektir. Oyun Teorisinin tarihsel gelişimine ve temel kavramlarına değinilecek, Tıpta Karar Verme konusunun önemi vurgulanacak ve Tıbbi literatürde Oyun Teorisi kullanılarak yapılmış çalışmalardan örnekler sunulacaktır.

2.Oyun Teorisinin Tarihsel Gelişimi

Oyun Teorisi ile ilgili bilinen ilk yazılı uygulama 1713 senesine uzanmaktadır. James Waldegrave isimli bir İngiliz diplomat yazmış olduğu bir mektupta "Le Her" isimli bir kâğıt oyununa ilişkin stratejik çözüm önerilerinden bahsetmiştir. Daha sonra 1838 senesinde Fransız filozof ve matematikçi Antoine Augustine Cournot, "Researches into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth" isimli bir kitap yayınlamak üzere iki üreticili piyasalarda görülen hareket stratejilerinden söz etmiştir. Oyun Teorisinin tam olarak şekillenmesi ve bir alan olarak bilim çevrelerinde kabul edilmesi ise John von Neumann isimli Macar matematikçinin çalışmaları ile gerçekleşmiştir. Von Neumann sadece matematik alanında değil diğer birçok bilim dalında da önemli katkıları olan 20. yüzyılın en önemli bilim adamlarından birisidir. İlki 1928 yılında basılmış olan ve seri halinde devam eden makaleleri ile Oyun Teorisi'nin temellerini atmıştır ve bu çalışmaları ile Oyun Teorisinin kâşifi olarak anılmaktadır. John von Neumann, 1944 senesinde Oskar Morgenstern isimli bir Alman Ekonomist ile yazmış olduğu "The Theory of Games and Economic Behavior" isimli kitap ile iki kişilik ve sıfır toplamlı olan oyunlar için optimum çözüm önerileri geliştirmiştir. Bu kitap, Oyun Teorisi'nin birinci ve temel kaynağı olarak daha sonraki çalışmalara da ışık tutmuştur. Daha sonra 1950 yılında "Mahkûmlar İkilemi" (Prisoners' Dilemma) adıyla anılan oyun örneği tasarlanmış ve bu oyun birçok gerçek hayat problemini anlamada bir dönüm noktası olmuştur. Mahkûmlar İkilemi tartışmaları ile birlikte "denge" ve "çözüm" kavramları yeni anlamlar kazanmıştır. Aynı dönemlerde John Forbes Nash isimli bir matematikçi çok oyunculu oyunlar için optimum stratejinin tanımını yapmış ve "Nash Dengesi" kavramı ortaya çıkmıştır. Nash'in çalışmaları ile birlikte işbirliği olan ve olmayan tüm oyunlar için yeni bir çözüm fikri belirmiştir. Yine 1950'li yıllar boyunca teori, Politika ve Felsefe alanlarında da kabul görek uygulama alanları bulmaya başlamıştır.

Reinhard Selten isimli bilim adamı 1965 yılında yeni bir denge açılımı yaparak Nash Dengesi kavramını daha da iyileştirmiştir. John Harsanyi ise 1967 senesindeki çalışması ile "tam belirlilik" kavramını ortaya atmış ve Bayesyen oyunlar tanımlamıştır. Harsanyi, John Nash ve Reinhard Selten 1994 senesinde ekonomi alanında Nobel Ödülüne layık görülmüşlerdir. Bu ödül ile Oyun Teorisi dünya çapında daha fazla ilgi çekmiştir ve birçok üniversitede Oyun Teorisi dersleri okutulmaya başlanmıştır.

Bir biyolog ve genetikçi olan John Maynard Smith 1970'li yıllara gelindiğinde, "Evrimsel Kararlı Strateji" kavramını tanımlamıştır. Smith'in bu konuda yaptığı çalışmalar ile Oyun Teorisi biyoloji alanında da önemli etkiler göstermiştir. Özellikle Evrim Teorisi'nin yeniden yorumlanmasında bu çalışmaların büyük rolü olmuştur.

Yakın zamana bakıldığında ise 2005 yılı Nobel ödülünün Ekonomi alanında Evrimsel Oyun Teorisi temelli çalışmaları ile Thomas Schelling ve Robert Aumann isimli bilim adamlarına verildiği görülmektedir. Oyun Teorisi, 21. yüzyılın ilk yıllarında da birçok bilim alanında önemli bir çalışma konusudur ve özellikle karar verme stratejilerinin belirgin şekilde önemli olduğu tüm gerçek hayat problemlerinde

3. Oyun Teorisi Temel Kavramları

- **Oyun:** Birden çok oyuncunun (taraf) bulunduğu, stratejinin önemli olduğu hareket seçenekleri barındıran ve sonucun da oyuncuların seçmiş oldukları hareketlere bağımlı olarak şekillendiği durumlar oyun olarak nitelendirilirler.
- **Oyun Teorisi:** Matematikçilerin tanımı ile Oyun Teorisi, birbiriyle çelişen olasılıklar karşısında en doğru stratejiyi saptama yöntemidir. Bu basit ve kolay anlaşılır tanım ile Oyun Teorisi'nin karar verme bakımından önemli olduğu anlaşılmaktadır.
- **Rasyonellik:** Ekonomi, Sosyoloji ve Politika alanlarındaki ifadesiyle bir karar veya durumun rasyonel olması demek o kararın herhangi bir anlamda optimal olması demektir. Bireyler veya kurumlar kendilerini amaçlarına eriştirecek en optimal stratejiyi seçtiklerinde rasyonel davranmış olurlar. Rasyonellik amaç ne olur ise olsun, o amaca erişmedeki başarıdır. Bu noktadan hareketle rasyonel davranışlar bencil davranışlar ile birlikte anılmaktadırlar. Bu bilim dalları açısından bencillik birey ve kurumların doğal bir özelliğidir.
- **Fayda:** Ekonomideki anlamıyla fayda, ürün ve hizmetlerin tüketiminden elde edilen mutluluk ve tatminin bir ölçümüdür. Bu tanıma göre fayda artan veya azalan bir ölçüttür ve ekonomik tercihler birey ve kurumların faydalarını artıracak yönde gerçekleşir. Faydacılık etik bir teori olup bir toplumun mutluluk ve tatmininin nicel anlamda maksimizasyonunu ifade etmektedir. Bu maksimizasyonda amaçlanan şey genellikle zevk, keyif, mutluluk ve seçimlerden alınan tatmini en üst seviyeye çıkarmaktır.
- **Sıfır Toplamlı Oyun:** Sıfır toplamlı oyunlarda oyuna katılan bütün oyuncuların toplam faydası (tüm strateji kombinasyonları için) her zaman sifıra eşittir. Yani toplamda kazanılan fayda, diğerler oyuncuların toplam zararına eşittir.
- **Eş Zamanlı Oyunlar – Sıralı Oyunlar:** Eş zamanlı oyunlarda tüm oyuncular aynı anda hareket ederler ya da aynı anda hareket etmeseler bile birbirlerinin seçiminden haberdar değillerse oyun yine eş zamanlı olur. Sıralı (dinamik) oyunlarda ise sıradaki hamleyi yapacak oyuncu kendinden önceki oyuncunun seçimini bilmektedir. Bu bilgi bütünüyle eksiksiz olmak zorunda değildir. Kısmi de olabilir. Örneğin oyuncu kendinden önce hareket eden rakibinin belli bir seçeneği seçmediğini biliyordur fakat diğer seçeneklerden hangisini tercih ettiğini bilmiyordur.
- **Nash Dengesi:** İki veya daha fazla oyunculu oyunlarda eğer oyunculardan herhangi biri kendi stratejisini değiştirdiğinde daha fazla fayda elde edemiyorsa bu konum Nash Dengesi olarak adlandırılır. Nash Dengesi oyun için bir çözüm konumudur ve oyunun hiçbir tarafı bu konumu değiştirerek daha fazla kazanım sağlayamaz.

4. Tıpta Karar Verme

Tıbbi bakım süreçleri ile ilgili en önemli konulardan biri karar vermedir. Karar verme, sağlık bakım çalışanlarının ve en önemlisi de hekimlerin günlük çalışma süreçleri sırasında sıklıkla karşılaştıkları bir problemdir. Tıpta karar verme süreçlerine ilişkin birçok teorik yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımların en önemlisi istatistiksel tekniklerin kullanıldığı ve temel olarak tüm alternatiflere olasılıkların atanması ile gerçekleştirilen geleneksel yöntemdir. Bununla birlikte Bayesyen olasılık yaklaşımları da tıpta karar verme süreçlerinde sıkça kullanılmaktadır. Tıp alanında bilişim teknolojilerinin kullanımının artması ile birlikte karar verme süreçlerinde bilgisayar destekli araçların kullanımı da artış göstermiştir. Bilgisayar ortamında üretilen karar destek sistemleri, hekimlere karar verme aşamasında birçok kolaylık sağlamaktadır. Kanıta dayalı tıp uygulamalarının bilgisayar desteği ile birlikte gösterdiği gelişme ile tıbbi uygulamalara ilişkin karar destek sistemleri daha da kullanışlı hale gelmektedir. Ayrıca gün geçtikçe tıbbi süreçleri daha iyi tanımlayan klinik rehberlerin ortaya konması ile gelecek yıllarda tıpta karar verme problemlerine daha etkin çözümler üretilecektir.

Tıbbi bakım ile ilgili karar verme süreçlerinde en başarılı çözümler, doktor ve hastanın işbirliği içinde çalıştıkları durumlarda ortaya çıkmaktadır. Doktorun bilgi ve tecrübeleri hastanın istek,

değer ve bilgisi ile birleştiğinde en uygun çözümler de üretilmiş olur. Tanı veya tedavi ile ilgili karar verme süreçleri sırasında temel olarak iki önemli konu ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, en iyi uygulamayı seçebilme kararını verirken hangi bilgi kaynağından yararlanılacağıdır. Genellikle bilgi kaynakları çeşitlilik gösterir ve karar verirken bu kaynaklardan en etkin olanını seçmek gereklidir. Bir diğer konu ise seçilen bilgi kaynağından elde edilen bilgilerin hastanın bireysel durumuna uygulanmasıdır. Bilgi kaynağının göstermiş olduğu bilgiler hastaya ait özel duruma uyarlanmalı ve en iyi alternatif yöntem böylelikle uygulanmalıdır. Klinik araştırmalar bir tedavi protokolünün istenmeyen bir duruma ait riski ortalama ne kadar azalttığını göstermektedirler. Fakat bir birey olarak hastanın o tedaviye nasıl cevap vereceği ortalamalar ile anlaşılamaz.

Bu esnada ortaya çıkan kısıtlılıklardan birincisi zamandır. Hekim ve hasta belirli bir zaman aralığında kullanabilecekleri en fazla bilgiyi toplamakla yükümlüdürler. Bu zaman içerisinde bilgilerin tümüne erişmek genellikle imkânsızdır ve zamanın etkin kullanılması zorunludur. Ayrıca hekim hem tanı koyarken hem de tedavi protokolü seçerken hastanın içinde bulunduğu koşulları da değerlendirmelidir. Örneğin durumu fazla ağır olmayan bir hasta için hekim tedavi protokolünün doğuracağı yan etkileri göz önünde bulundurup tedaviyi uygulamamayı seçebilir. Daha ciddi bir hasta için ise bu istenmeyen yan etkilerin ortaya koyabileceği riskleri göze almak hasta için gerekli olabilir. Risk, istenmeyen bir etkinin görülme olasılığı olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla hekim vereceği her kararı faydalar ve maliyetler bakımından iyi değerlendirmiş olmalıdır.

Bununla birlikte bazen tedavi protokolünün doğuracağı risk hasta ve hekim için farklı öncelikler ifade edebilir. Örneğin işi gereği sürekli araba kullanmak zorunda olan bir hasta için ilaç uygulaması ile ortaya çıkacak olan halsizlik durumu oldukça önemli bir etkidir. Oysa hekim için halsizlik sıradan bir yan etkidir.

Bu gibi durumlar tıpta sıkça rastlanan problemlerdir ve hekimle hasta işbirliği içinde fayda ve riskleri değerlendirmek durumundadırlar. Hekimlerin tedavi protokolüne ait potansiyel olumsuzlukları potansiyel faydalara göre değerlendirmesi şarttır.

5.Oyun Teorisi ve Tıpta Kullanımı

Tıpta karar verme uygulamalarına uyarlanan ve bir seri prototip klinik karar verme problemine uygulanan karar analizleri, simülasyon uygulamalar yoluyla klinik teorilerin nesnel olarak test edilmesinde kullanılır. Karar analizi ayrıca belirli bir klinik seçim için hastaların elde edecekleri faydaların öneminin algılanmasında ve olası sonuçların değerlendirilmesinde belirsizliklerin etkisini en aza indirerek gerçek olasılıkları ortaya çıkarmaya yarar [1].

Oyun teorisi ise karar vermenin modellenmiş bir şeklidir [2, 3]. Yukarıda da anlatıldığı gibi birçok klinik durumda tanı ve tedavi kararının verilmesi hekim ile hastanın birlikte değerlendirmede buldukları bir oyun uygulamasına benzerlik göstermektedir. Klinik problem hem hekim hem de hasta bakımından farklı fayda ve riskler içermektedir ve nihai kararın verilebilmesi için bu iki taraf açısından en çok fayda sağlayacak olan stratejinin seçilmesi esastır. Bu noktadan hareketle Oyun Teorisi'nin tıp alanında, özellikle de karar verme durumları için kullanımının oldukça uygun olabileceği ortaya çıkar. Her ne kadar tıpta fayda ve rasyonellik gibi kavramların tanımları diğer bilim dallarından farklı olsa da teorinin tıptaki kullanımına ilişkin çalışmalarda özellikle son yıllarda artış görülmektedir.

Örneğin MedLine'da yapılan bir tarama ile Oyun Teorisi ("Game Theory") araması sonucunda 1007 adet bilimsel yayına erişilebilmektedir ve bu yayınların %25'i (249) son üç yıla ait yayınlardır. Bu sitede indekslenen ilk yayın 1968 tarihlidir ve sosyal davranışlara ait bazı tıbbi problemleri oyun teorisi kullanarak açıklamaya çalışmaktadır [4]. Oyun Teorisi'nin kanser hücrelerinin yayılımı ile ilişkilendirildiği 2006 senesine ait bir diğer yayında ise Axelrod ve arkadaşları bilgisayar simülasyonu kullanarak tümör hücrelerinin Darwinci evrimsel prensiplere uygun şekilde strateji seçen birer oyuncu gibi davrandıklarını göstermektedirler [5].

Tıpta karar verme konulu birçok çalışmada Oyun Teorisi kullanılmaktadır. Örneğin alkol bağımlılığı tedavisine ilişkin maliyet ve karar konulu bir çalışmada Oyun Teorisi prensipleri kullanılmış ve hekimlerin alkol tedavisinin başlangıç aşamasında hastaların durumunu olduğundan daha ağır olarak değerlendirdikleri, tedavinin son aşamasında ise hastaları olduklarından daha iyi gibi algıladıkları ortaya konmuştur [6]. İngiltere’de gerçekleştirilen bir diğer psikiyatri çalışmasında her karar verme sürecinin birbirinden bağımsız bir oyun gibi algılanmaması gerektiği ve önceki kararların mevcut karar verme sürecini etkilediği savunulmuştur [7]. Oyun Teorisi’nin karar verme süreçleri için kullanıldığı yayınların sayısı Halk Sağlığı alanında da artış göstermektedir. Özellikle aşılama [8, 9, 10], eğitim [11, 12, 13, 14] ve konsültasyon [15, 16, 17, 18, 19] konularında Oyun Teorisi’nin kullanıldığı birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Hastaneler ve Sağlık Bakım Merkezleri yönetim süreçleri ile ilgili ekonomik ve stratejik karar verme süreçlerine ilişkin birçok bilimsel çalışma da literatürde yer almaktadır [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]. Bunların dışında çeşitli uzmanlık dallarına ilişkin tanı ve tedavi stratejileri karar verme problemleri ile ilgili de Oyun Teorisi temelli bilimsel çalışmalar yapılmıştır [27, 28, 29, 30, 31].

6. Tartışma ve Sonuç

Oyun Teorisi diğer birçok bilim alanında olduğu gibi tıp alanında da kullanılmaktadır. Oyun Teorisi prensipleri ve çözümlerinin tıpta karar verme süreçlerinde kullanımı hem hekimlerin karar vermelerini kolaylaştıracak hem de hastaların perspektifinden faydaların değerlendirilmesini sağlayarak daha etkin tanı ve tedavi kararları verilmesine imkân sağlayacaktır. Ayrıca sağlık bakım kuruluşlarının yönetiminde ve sağlık bakımı ile ilgili ekonomik kararların verilmesinde Oyun Teorisi kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Oyun Teorisi temel olarak diğer oyuncuların stratejileri ve seçimlerini anlamayı esas aldığı için hekimlerin bu yaklaşımları benimseyerek karşılaştıkları problemleri yorumlamaları hekim-hasta ilişkisi açısından da yararlı olacaktır.

Tıp alanında tasarlanacak olan bilimsel çalışmalarda Oyun Teorisi’nin kullanımı oldukça büyük bir potansiyel vaat etmektedir. Son yıllarda bu konudaki bilimsel çalışmaların artması ve özellikle de tıpta karar verme problemleri ile ilgili daha etkin çözümlerin Oyun Teorisi yaklaşımları ile ortaya konması konunun önemini daha da fazla belirginleştirmektedir.

7. Kaynakça

- [1] Wennberg JE. Improving the medical decision-making process. *Health Aff (Millwood)*. 1988 Spring; 7(1):99-106.
- [2] Davis MD. *Game theory, a nontechnical introduction*. Mineola: Dover Publications, Inc, 1970.
- [3] Luce RD, Raiffa H. *Games and decisions, introduction and critical survey*. Mineola: Dover Publications, Inc, 1989.
- [4] Scott MB, Lyman SM. Paranoia, homosexuality and game theory. *J Health Soc Behav*. 1968 Sep;9(3):179-87
- [5] Axelrod R, Axelrod DE, Pienta KJ. Evolution of cooperation among tumor cells. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2006 Sep
- [6] Lu M, Ma CT. Financial incentives and gaming in alcohol treatment. *Inquiry*. 2006 Spring
- [7] Vlaev I, Chater N. Game relativity: how context influences strategic decision making. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2006 Jan
- [8] Reluga TC, Bauch CT, Galvani AP. Evolving public perceptions and stability in vaccine uptake. *Math Biosci*. 2006 Aug 26
- [9] Bauch CT, Earn DJ. Vaccination and the theory of games. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2004 Sep 7; 101(36):13391-4.
- [10] Bauch CT, Galvani AP, Earn DJ. Group interest versus self-interest in smallpox vaccination policy. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2003 Sep
- [11] Milton CL. Breaking the rules of the game: Ethical implications for nursing practice and education. *Nurs Sci Q*. 2006 Jul; 19(3):207-10.
- [12] Alemi F, Cherry F, Meffert G. Rehearsing decisions may help teenagers: an evaluation of a simulation game. *Comput Biol Med*. 1989; 19(4):283-90.
- [13] Haddad AM. Teaching ethical analysis in occupational therapy.

- Am J Occup Ther. 1988 May; 42(5):300-4.
- [14] Sayers SL. Creating images of the future: a simulation game for dietetics students. J Am Diet Assoc. 1986 Aug; 86(8):1052-4.
- [15] Tarrant C, Stokes T, Colman AM. Models of the medical consultation: opportunities and limitations of a game theory perspective. Qual Saf Health Care. 2004 Dec; 13(6):461-6.
- [16] Elwyn G. The consultation game. Qual Saf Health Care. 2004 Dec; 13(6):415-6.
- [17] De Jaegher K, Jegers M. The physician-patient relationship as a game of strategic information transmission. Health Econ. 2001 Oct; 10(7):651-68.
- [18] Wynia MK. Economic analyses, the medical commons, and patients' dilemmas: what is the physician's role? J Investig Med. 1997 Feb; 45(2):35-43.
- [19] Cantor SB. Decision analysis: theory and application to medicine. Prim Care. 1995 Jun; 22(2):261-70.
- [20] Dowd SB, Root A. The hospital manager and game theory: chess master, poker player, or cooperative game player? Health Care Manag (Frederick). 2003 Oct-Dec; 22(4):305-10.
- [21] Crichton M, Flin R. Training for emergency management: tactical decision games. J Hazard Mater. 2001 Dec 14; 88(2-3):255-66.
- [22] Weingarten JP Jr. Cooperative ventures in a competitive environment: the influence of regulation on management decisions. J Healthc Manag. 1999 Jul-Aug; 44(4):282-300.
- [23] Zentner RD, Gelb BD. Scenarios: a planning tool for health care organizations. Hosp Health Serv Adm. 1991 Summer; 36(2):211-22.
- [24] Nowak BI, Adams DS. Staffing pursuits: an instructional game for new nurse managers. Nurs Manage. 1988 Nov; 19(11):46-7.
- [25] Mahachek AR. Computer simulation: supporting management decisions. Softw Healthc. 1985 Apr-May; 3(2):97-104.
- [26] Sylvester MJ. Management games: a useful link between theory and practice. J Nurs Adm. 1974 Jul-Aug; 4(4):28-32.
- [27] Sonnenberg A. Personal view: passing the buck and taking a free ride -- a game-theoretical approach to evasive management strategies in gastroenterology. Aliment Pharmacol Ther. 2005 Sep 15; 22(6):513-8.
- [28] Riggs JE. Medical ethics, logic traps, and game theory: an illustrative tale of brain death. J Med Ethics. 2004 Aug; 30(4):359-61.
- [29] Barraclough DJ, Conroy ML, Lee D. Prefrontal cortex and decision making in a mixed-strategy game. Nat Neurosci. 2004 Apr; 7(4):404-10.
- [30] Camerer CF. Psychology and economics. Strategizing in the brain. Science. 2003 Jun 13; 300(5626):1673-5.
- [31] Sonnenberg A. Special review: game theory to analyse management options in gastro-oesophageal reflux disease. Aliment Pharmacol Ther. 2000 Nov; 14(11):1411-7.

Sorumlu Yazarın Adresi

**Özgür Tosun, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Biyostatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı,
Dumlupınar Bulvarı, Kampus, Antalya 07059
E-posta: otosun@akdeniz.edu.tr**