

## Oyun teorisi: Ders 22 Transkript

28 Kasım 2007

**Profesör Ben Polak:** Geçen sefer tekrarlanan etkileşimlere odaklanıyorduk ve bugün de bununla devam edeceğiz. Tekrarlanan etkileşim altında bahsedebileceğimiz çok şey vardır ama bu haftaki vurgu şu olacak kontratlar olmadan, iş hayatında veya özel hayatımızda, bu ilişkilerin zaman içinde devam etmesiyle kooperasyon elde edebilir miyiz, kooperasyona ulaşabilir miyiz? Temel sezgimiz, geçen sefer başladığımız yerden şudur belki de ilişkinin geleceği bugün iyi davranış için teşvikler yaratabilir, insanların aldatmaması için iyi teşvikler yaratabilir.

Spesifik olarak bir örnek düşünelim. Geçen sefer kaldığımız yere geri döneceğiz. Spesifik olarak farz edin ki benim bir iş ilişkim var, Jake ile süregelen bir iş ilişkisi. Ve her periyod ben Jake'e kendi işi için bazı girdiler sağlamam gerekiyor. Ve her periyod onun da benim işim için bazı girdiler sağlaması gerekiyor, sebzeler diyelim. Burada, her periyodda aldatmak için bazı fırsatlarımızın olduğu açık. Benim ona sağladığım meyvenin hem kalitesinde hem de miktarında hile yapabilirim ve o da bana sağladığı sebzelerin kalite ve miktarlarında hile yapabilir. Temel sezgimiz şu: belki de bize iyi teşvikler verebilecek olan şu fikirdir eğer Jake bugün kooperasyon yaparsa, o zaman ben de yarın kooperasyon yapabilirim, yarın hile yapmayabilirim. Tam tersi eğer o hile yapar ve bugün bana kötü sebzeler verirse ben de yarın ona kötü meyveler veririm. Benim için de aynısı söz konusu, eğer bugün ben Jake'e kötü meyve verirsem o bana yarın kötü sebze verebilir.

Peki, ihtiyacımız olan şey nedir? Bizim ihtiyacımız olan şey yarın iyi davranış vaadinin değeri ve yarın kötü davranış vaadinin değeri arasındaki farkın bugün hile yapmayı geçmesidir. Ben ona bugün kötü meyve veya daha az meyve vererek kazanç elde edeceğim—kötü meyve çünkü öbür türlü onları atmam gerekir. Yani Jake'den gelecekte iyi sebze alma vaadinin bu hileyi yapmanın cazibesine üstün gelmesi lazım ve tam tersine. İşte bu fikir tahtada. İhtiyacımız olan şey şu kooperasyon yaptıktan sonra yarın Jake ile olan ilişkimin değeri ile hile yaptıktan sonra yarın Jake'le olan ilişkimin değeri arasındaki farkın eğer bugün hile yaparsam elde edeceğim kazançtan fazla olmasıdır.

Şimdi geçen sefer bulduğumuz şey – bunun bir bakıma bildiğimiz bir fikir olduğunu düşünüyorum, bunu bir bakıma ilk haftadan itibaren biliyorduk – ama sürpriz bir şekilde geçen sefer şunu keşfettik, hayat bu kadar basit değil. Özellikle, keşfettiğimiz şey bunların inanılır olmasına ihtiyacımızın olduğuydu, yani burada bir inanılabilirlik problemi vardır. Yani özellikle, eğer kooperasyon yaptıktan sonra yarınki ilişkinin değerini bir vaat olarak ve hile yaptıktan sonra ilişkinin değerini bir ceza olarak

düşünürsek, bu vaatlerin ve tehditlerin inanılır olmasına ihtiyacımız vardır. Bunların olacağına gerçekten inanmamız gerekir.

Ve hemen problem yaratacak çok basit bir alan var, o da şu eğer bu tekrarlanan ilişki, tekrarlanıyor olsa da, bilinen bir sonu vardır. Neden bilinen sonlar bize problem yaratır? Çünkü son periyotta, oyunun son periyodunda ne vaat edersek edelim veya neyle tehdit edersek edelim, son periyotta, bir kez bu son periyoda ulaştığımızda, o alt-oyunda bir Nash dengesi oynayacağız. Yapacağımız şey son periyottaki teşviklerimizle uyumlu olmalıdır. Yani özellikle, o son periyotta sadece bir tane Nash dengesi varsa, o zaman son periyotta onu oynayacağımızı biliriz.

Eğer sondan bir önceki periyoda bakarsak eğer bugün kooperasyon olursa yarın kooperasyon vaat etmeyi ümit edebiliriz. Veya eğer bugün aldatma olursa yarın ceza vaat etmeyi düşünebilirsiniz, ama bu tehditler inanılır olmayacaktır, çünkü biliyoruz ki o Nash dengesi her neyse yarın sadece onu oynayacaksınız. Bu inanılabilirlik eksikliği şu anlama gelir bugün kooperasyon yapmak için teşvik yaratmaya fırsat yoktur ve işlerin sondan geriye doğru söküldüğünü gördük. Yani gerçekten inanılır vaatlere ve inanılır tehditlere odaklanmamızı garanti eden şey Şükran Günü tatilinden önce ortaya koyduğumuz fikir olan alt-oyun mükemmel dengesine, odaklanmaktır.

Biliyoruz ki alt-oyun mükemmel dengelerinde olan özelliğe göre her alt-oyunda, yani özellikle oyunun son periyodunda ve diğerlerinde, bir Nash dengesi vardır. Yani burada yapabilmeyi istediğimiz şey şudur, kontratlar olmadan, yan ödemeler olmadan, bu tekrarlanan oyunların alt-oyun mükemmel dengesine odaklanarak ilişkilerde kooperasyon fırsatı bulmaya çalışmaktır. Geçen sefer ta en sonunda, şöyle dedik tamam, hadi oyunumuzun ne zaman bittiğini bildiğimiz koşuldan uzaklaşalım ve devam eden bir oyuna bakalım veya en azından devam etmesi muhtemel olan bir oyuna.

Yani özellikle, her periyotta  $\delta$  dediğimiz belirli bir olasılıkla tekrar edilen Tutukluların İkilemi problemine baktık,  $\delta$  olasılıkla devam eden oyuna. Yani her periyotta Tutukluların İkilemini oynayacağız. Ancak, her periyotta  $1 - \delta$  olasılıkla oyun sona erebilir. Bununla ilgili bazı şeyleri geçen sefer fark etmiştik. İlk fark ettiğimiz şey şuydu bu sökülme argümanından hemen uzaklaşabiliriz çünkü oyunun bilinen bir sonu yoktur. O ipliğin atıp sondan itibaren tamamen söküleceği konusunda endişe etmemize gerek yoktur. Yani burada oyunun ilerleyen safhalarında inanılır vaatler ve inanılır tehditler yaratarak oyunun erken safhalarında iyi davranış ortaya çıkarmayı ümit edebiliriz.

Geçen sefer kaldığımız yer burasıydı. Ve işte o zaman gördüğümüz Tutukluların İkilemi ve aslında belirli bir stratejiye odaklanmıştık. Ama geçen sefer odaklanmış olduğumuz bu stratejiye geri gelmeden önce sırf fikri pekiştirmek için işe yaramayacak bazı şeyleri görelim. Tutukluların İkileminde muhtemel bir strateji şimdi kooperasyon yapmak ve diğerleri ne yaparsa yapsın kooperasyona devam etmektir.

Yani hadi oyunun geçmişi ne olursa olsun sonsuza dek sadece kooperasyon yapalım.

Şimdi, eğer iki oyuncu, eğer Jake ve ben bu Tutukluların İkilemi yapısındaki ilişkisine girmişsek ve ikimiz de şimdi kooperasyon yap ve ne olursa olsun kooperasyon yapmaya devam et stratejisini oynarsak bu açıkça belli ki kooperasyon ortaya çıkaracaktır. Bu iyi haberdir. Problem şu ki bu bir denge değildir, alt-oyun mükemmel dengesi olmasını bırakın bu bir Nash dengesi bile değildir. Bu neden bir alt-oyun mükemmel dengesi değildir? Çünkü özellikle, eğer Jake akılıysa (ki öyledir), Jake bu dengeye bakar ve şöyle der: Ne yaparsam yapayım Ben kooperasyon yapacak, bu yüzden hile yapmak benim için daha iyi ve aslında hile yapmaya devam da edebilirim. Yani burada Jake için çok iyi olan bir sapma vardır: sonsuza dek hile yapmak.

Yani şimdi kooperasyon yap ve ne olursa olsun kooperasyona devam et stratejisi kendisini denge olarak desteklemek için yeterli teşvikleri içermez. Ve insanların gerçekten bu denge stratejisine bağlı kalmalarını sağlayacak ödül vaatleri ve ceza tehditleri yaratan çok ince davranışlar içeren stratejilere odaklanmalıyız. Herkes ne olursa olsun kooperasyon yapmanın – kulağa iyi gelse de – işe yaramayacağını anladı mı? İnsanlar buna bağlı kalmayacaklardır. Bunun yerine geçen sefer odaklandığımız şey ve aslında bazı oyuncular da aslında bunu yapmış görünüyordu – şimdi yerleri değişmiş – ama aslında o stratejiyi oynuyormuş gibiydiler.

Gaddar Tetik Stratejisi dediğimiz şeye odaklanmıştık. Ve Gaddar Tetik Stratejisi nedir? Şunu söyler, ilk periyotta kooperasyon yap ve sonra hiç kimse kaçmamışsa, hiç kimse hile yapmamışsa kooperasyon oynamaya devam et. Ama eğer herhangi birisi D oynarsa, herhangi birisi kaçma stratejisini oynarsa, o zaman sonsuza dek sadece D oynarız. Bu bir stratejidir, bize her olası bilgi kümesinde ne yapacağımızı söyler. Ayrıca, eğer iki oyuncu da bu stratejiyi oynuyorsa sonsuza dek kooperasyon yapma özelliği vardır. Bu iyi haber. Ve geçen sefer size bıraktığımız iş şuydu bunun gerçekten denge olup olmadığını veya daha genel olarak, hangi koşullarda bunun gerçekten bir denge olduğunu kontrol etmek.

Geçen sefer bu hesaplamanın yarısını yapmıştık. Yapmamız gereken şu, bugün hile yapmanın cazibesinin, yarınki vaadin değeri eksi tehdidin değerinden düşük olduğundan emin olmamız gerekiyor. Bunu kısım kısım yapmıştık zaten, hadi kolay kısımlarını yapalım. Bugünkü cazibe şu: eğer bugün hile yaparsam 3 alırım bunun yanında kooperasyona devam etseydim 2 alacaktım. Yani cazibe sadece 1'dir. Tehdit nedir? Tehdit sonsuza dek D oynamaktır, yani bu aslında sonsuza dek (D, D) nin değeridir. Bu sonsuz konusunda dikkatli olmalısınız: ben sonsuza kadar deyince, oyun bitene kadar demek istiyorum çünkü eninde sonunda oyun bitecektir, ama hadi sonsuza kadar kodunu oyun bitene kadar anlamında kullanalım.

Vaat nedir? Vaat kooperasyona devam etmenin değeridir, yani sonsuza kadar (C, C) nin değeridir. Buradaki parantezdir ve bu hala yarındır. Hadi bunun üzerinde çalışmaya devam edelim. Yani aslında sonsuza dek kooperasyon yapmanın değeri – hadi biraz daha detaycı olalım – her periyotta 2 almanın değeri şudur, yani sonsuza dek 2 almanın değeri ve bu da sonsuza dek 0 almanın değeridir. Sonsuza dek 0 almanın değerini bulmak çok kolay: yarın 0 alırım, yarından sonra 0 alırım, yarından sonraki günden sonra 0 alırım. Veya daha doğru olarak: yarın 0 alırım, yarından eğer hala oynuyorsak sonra 0 alırım, yarından sonraki günden sonra eğer hala oynuyorsak 0 alırım ve böyle devam eder. Ama bu zor bir hesap değil, bu şey 0'a eşit olacak. Yani buradaki ifade 0'dır.

Buradaki ifade  $(3 - 2)$ 'dir, bunu kafamdan hesaplayabilirim, bu 1'dir. Yani geride bana bir tek sonsuza dek 2 almanın değeri kaldı ve bu biraz daha kafa çalıştırmak gerektiriyor. Ama bu küçük cebir işlemi yapalım çünkü bugün boyunca çok faydalı olacak. Peki, buradaki şey, sonsuza dek 2'nin değeri nedir? Ben 2 alırım, bu yarındı ve sonra yarından sonra hala oynadığımı varsayarsak—yani bunu iskonto etmeliyim –  $\delta$  olasılıkla yarından sonra hala oynuyor olurum – ve tekrar 2 alırım. Ve yarından sonraki günden sonra hala oyunun yarın sona ermemesi ve yarından sonra sona ermemesi olasılığıyla oynuyor olurum, yani  $\delta^2$  olasılıkla ve yine 2 alırım. Ve bir gün sonra, bu nedir? Bu yarındır, yarından sonra, yarından sonraki günden sonra: bu yarından sonraki günden sonraki günden sonradır yani  $\delta^3$  2'dir ve böyle devam eder.

Herkes bundan memnun mu? Yarından başlayarak, eğer sonsuza dek (C, C) oynarsak, yarın 2 alırım, yarından sonra 2 alırım, yarından sonraki günden sonra 2 alırım vesaire. Ve oyunun yarın ile yarından sonra arasında sona erme olasılığını, yarından sonraki gün ile yarından sonraki günden sonraki gün arasında sona erme olasılığını hesaba katmalıyım vesaire. Herkes bundan memnun mu? Peki değer nedir, bu şey nedir? Hadi buna bir saniyeliliğine X diyelim. Bunu daha önce sınıfta bir kere yapmıştık ama yine de tekrar yapalım.

Bu geometrik toplamdır, bazılarınız liseden bile geometrik toplamın nasıl yapıldığını hatırlarsınız, ama hadi bun yavaş yapalım. Yani X'in ne olduğunu bulmak için yapacağım şey şu, X'i  $\delta$  ile çarpacağım, peki  $\delta X$  nedir? Yani buradaki 2,  $2\delta$  olacak ve buradaki  $\delta 2$ ,  $\delta^2 2$  olacak ve buradaki  $\delta^2 2$ ,  $\delta^3 2$  olacak ve buradaki  $\delta^3 2$ ,  $\delta^4 2$  olacak vesaire. Şimdi yapacağım şey şu buradaki ikinci satırı ilk satırdan çıkaracağım. Yani yapacağım şey şu be X'ten  $\delta X$ 'i çıkaracağım. Yani ikinci satırı ilk satırdan çıkaracağım. Ve bunu yaptığımda umuyorum ki buradaki  $2\delta$  şuradaki  $2\delta$ 'yı götürcek ve buradaki  $\delta^2 2$  şuradaki  $\delta^2 2$ 'yi götürcek ve buradaki  $\delta^3 2$  şuradaki  $\delta^3 2$ 'yi götürcek vesaire.

Yani geriye elimde ne kalacak? Her şey birbirini götürcek, ne dışında? Buradaki ilk 2 dışında, yani bu sadece 2'ye eşit olacak. Şimdi bu benim yapabileceğim bir hesaplama. Yani  $X = 2/[1 - \delta]$  elde ederim. Cebiri özetlemek gerekirse, sonsuza dek 2 almak, bu  $2 + \delta 2 + \delta^2 2 + \delta^3 2$  vesaire demektir. Bu ifadenin değeri  $2/[1 - \delta]$  dir. Yani

onu da buraya koyabiliriz. Buradaki  $2/[1-\delta]$  ifadesi sonsuza dek 2 almanın değeridir. Şimdi yeni bir tahtaya geçmeden önce bir başka şey daha yapmak istiyorum. Sol tarafta cazibe var, bu 1'e eşittir, yarından başlayarak sonsuza kadar kooperasyon yapma değerim var bu da  $2/[1-\delta]$  dır ve sonsuza dek hile yapmanın değeri var ki bu da 0'a eşittir.

Ancak, sağ taraftaki bu ifadelerin hepsi yarın başlamaktadır, bunun yanında bugünkü cazibe bugündür. Bugünkü cazibenin değeri bugündür. Buradaki değerler arasındaki fark yarın başlar. Bunlar yarın başladığı için iskonto etmem gerekir, çünkü yarının olup olmayacağını bilmiyoruz. Bugünden yarına dünya sona erebilir veya daha da önemlisi ilişki sona erebilir. Yani bunları neyle ağırlıklandırmalıyım?  $\delta$  ile buradaki satırların hepsini  $\delta$  ile çarpmalıyım vesaire. Bu biraz karışık oldu bu yüzden yeni tahtaya geçelim. Şimdi elimizde ne olduğunu özetleyelim.

Burada yaptığımız şey şunu sormaktır, eğer insanlar gaddar tetik stratejisini oynarlarsa, bu gerçekten bir denge midir? Bu kooperasyon sağlamanın bir yoludur. Yanıt şudur, cazibe olan 1'in, yarından başlayarak sonsuza dek kooperasyon yapma değeri olan  $2/[1-\delta]$  eksi yarından başlayarak sonsuza dek kaçmanın değeri olan 0'dan küçük olmasına ihtiyacımız vardır ve buradakilerin hepsi  $\delta$  ile çarpılmıştır çünkü yarın hiç gelmeyebilir. Buraya kadar herkes mutlu mu? Sadece yavaş yavaş yaptığımız şeyleri şimdi bir araya getiriyorum.

Yani şimdi yapmak istediğim şey şu – burada soru işareti var çünkü gerçekten böyle mi bilmiyoruz – bunu  $\delta$  için çözeceğim. Bunu  $\delta$  için çözerken muhtemelen yanlış yapacağım, ama hadi dikkatli olalım. Yani bu şu ifade ile aynıdır  $1-\delta < 2\delta$  ve bu yüzden şununla da aynı ifadedir  $\delta > = 1/3$ . Herkes bundan memnun mu? Ben de sayfamı çevireyim. Peki, şimdiye kadar ne göstermiş olduk? Şunu göstermiş olduk, eğer gaddar stratejiyi oynuyorsak ve insanları ne yapmaktan alıkoymak istiyorsak? İlk periyotta insanları bu stratejiden kaçmaktan alıkoymak istiyorsak, o zaman  $\delta$  1/3'ten büyük olduğu sürece iyi durumdayızdır.

Ama bu noktada bazılarınız şunu söyleyebilir, evet ama bu, bu stratejiden kaçmanın sadece bir muhtemel yoludur. Nihayetinde, az önce söz konusu ettiğimiz kaçış, az önce ele aldığımız dengeden uzaklaşma şekli nedir? Bugün aldatmamı ele aldık, ama daha sonra, yapmam gereken şeye geri dönmeyi sağladım: ondan sonra D oynamaya riayet ettim. Yani az önce baktığımız belirli kaçış Periyod 1'deydi, ben kaçacağım, ama ondan sonra, aslında denge stratejisinin bana söylediğini yapacağım. Cezaya riayet edeceğim ve (D, D) de sonsuza kadar kendi rolümü oynayacağım.

Şunu sormak isteyebilirsiniz, neden bunu yapayım ki? Neden riayet edeyim? Başlangıçta hile yaptım ama şimdi stratejinin bana söylediğini yapıyorum. Bana D oynamamı söylüyor. Neden buna riayet edeyim? Kaçarak dengeden uzaklaşmayı düşünebilirsiniz, örneğin Periyod 1'de ve sonra Periyod 2'de tamamen farklı bir şey

olan kooperasyon yapabilirsiniz. Yani şundan endişe etmek isteyebiliriz, şimdi D oynamak ve sonra yarı C oynamak ve sonra sonsuza dek D oynamak nasıl olur? Bu sadece hile yapmanın bir başka yoludur. Şu ana kadar sadece şunu söyledik, ben D oynayarak kaçırım ve sonra sonsuza dek D oynarım, ama şimdi şöyle diyorum hadi şimdi D oynayalım sonra bir periyod C oynayalım ve sonra sonsuza dek D oynayalım.

Bu karlı bir sapma mı olurdu? Hadi bu belirli sapmayı yaparsam ne alacağıma bakalım. Bu nasıl bir oynama şekli ortaya çıkaracak? Diğer oyuncunun dengeyi oynadığını hatırlayalım, yani o oyuncu ilk periyodda şunu sağlayacak, ben D oynuyorum ve Jake C oynuyor. İkinci periyodda, Jake beni cezalandırmaya başlayacak, yani D oynayacak ve bu sapmaya göre ben C oynayacağım. Yani ikinci periyodda ben C Jake ise D oynayacak ve üçüncü periyod ve ondan sonraki periyodlarda, sadece D, D, D, D, D oynayacağız. Yani bunlar önceden baktığımızdan farklı bazı sapmalardır. Peki, bundan beni getirim ne olur? Tamam, ilk periyodda ben başlangıçtaki sapmamdan aldığım gibi 3 alırım, bu iyi haber. Ama şimdi iskonto edilmiş ikinci periyodda, aslında ben -1 alırım, ikinci periyodda aslında daha kötü yapıyorum çünkü Jake kaçarken ben kooperasyon yapıyorum ve sonra üçüncü periyodda ben 0 alırım ve dördüncü periyodda 0 alırım ve böyle devam eder.

Yani bu sapmadaki toplam getiri  $3 - \delta$ 'dır. Şimdi, bu başlangıçta ele aldığımız kaçıştan daha kötüdür. Başlangıçta ele aldığımız kaçıştan ben ilk periyodda 3 aldım ve ondan sonra 0 aldım. Şimdi ilk periyodda 3 aldım, ikinci periyodda -1 aldım ve ondan sonra hep 0 aldım. Yani benim kaçıyor olduğum bu kaçıştan – bu dengeden uzaklaşta – ilk periyodda hile yaptığım ve sonra cezalandırmaya riayet etmediğim, sonsuza dek D oynamadığım kaçıştan aslında daha kötü getiri elde ettim. Doğru mu? Bu daha da kötüdür. Peki, buradaki ders nedir? Buradaki ders hile yaptıktan sonra cezaya riayet edip sonsuza dek D oynamaya hazır olmamın nedenidir, bu neden nedir? Şudur, eğer Jake sonsuza dek D oynayacaksa ben de sonsuza dek D oynamalıyım. Doğru mu? Bunu söylemenin bir başka yolu şudur Jake'in sonsuza dek D oynamaya geçeceği sabitken, kar elde etmeyi ümit edebileceğim tek sapma, Jake'i bir kez aldatmak ve sonra sonsuza dek D oynamaya riayet etmektir. O bir kez D oynamaya başladı mı, benim başka bir şey yapmamın bir anlamı yoktur, yani bu kötüdür, bu daha da kötüdür. Bu kaçış daha da kötüdür.

Daha genel olarak, bunun daha kötü olmasının nedeni şudur çünkü daha önce baktığımız cezalandırma ki bu sonsuza dek (D, D) dir, sonsuza dek (D, D) nin kendisi bir dengedir. Bu inanılırdır çünkü kendisi bir dengedir. Yani geçen sefer yaptığımız sonlu tekrarlanan oyunlardan farklı olarak, iki periyodluk veya beş periyodluk oyunlardan farklı olarak, burada ceza gerçekten inanılır bir cezadır çünkü cezalandırma sürecinde yaptığım şey bir dengeyi oynamaktır. Yani bir kez D oynayıp ondan sonra sırf D oynamaya devam etmek dışında herhangi başka bir sapmayı düşünmenin bir anlamı yoktur. Bu muhtemel bir sapmaydı, ama ele almak isteyebileceğiniz başkaları da vardır.

Şu ana kadar sadece neyi ele almış olduk? Benim ilk periyotta Jake'i aldatıp ondan sonra sonsuza dek D oynadığım sapmayı ele almış olduk. Ama peki ya ikinci periyod? Yapabileceğim bir başka şey de şudur, oyunun ilk periyodun da değil de ikinci periyodunda aldatırsam ne olur? Peki, bu stratejiye göre ben ne yapacağım? Oyunun ilk periyodunda Jake'e uyup kooperasyon yapacağım, ama ikinci periyotta onu aldatacağım. Şimdi, bunun iyi bir sapma olup olmadığını nasıl kontrol edeceğim? Bunun iyi bir sapma olmayacağını nereden biliyorum?

Zaten oyunun ilk periyodunda hile yapmak istemeyeceğimi biliyorduk. Ben tam olarak aynı analizin oyunun ikinci periyodunda da hile yapmak istemeyeceğimi söylediğini öne sürmek istiyorum. Neden? Çünkü bir kez oyunun ikinci periyoduna geldiğimizde, oyunun ilk periyodu o olur. Bir kez oyunun ikinci periyoduna geçtiğimizde, periyod 2'den sonrasına bakarak, başlangıçta periyod 1'de gördüğümüzle aynı şeyi görürüz. Yani tekrar söylemek gerekirse, daha önce ortaya koyduğumuz – üstünü tamamen kapatmış olduğum tahtada – daha önce ortaya koyduğumuz şeydu,  $\delta > 1/3$  olduğu sürece ilk periyotta hile yapmak istemem. Ben şunu ileri sürmek istiyorum, aynı argüman bana  $\delta > 1/3$  olduğu sürece ikinci periyotta da hile yapmak istemeyeceğimi söyler.  $\delta > 1/3$  olduğu sürece oyunun beşinci periyodunda hile yapmak istemem. Çünkü beşinci periyoddan itibaren veya beş yüzüncü periyoddan veya bininci periyoddan itibaren bu oyun en başta görüldüğü ile tam olarak aynı şekilde görünür.

Yani bu argümanın muntazam tarafı aynı analizin şunu söylemesidir, eğer  $\delta > 1/3$  ise bu karlı değildir. Peki, burada ne öğrenmiş olduk? Size bazı entel dersler ve sonra aslında bir nevi gerçek hayat dersleri göstermek istiyorum. Hadi entel derslerle başlayalım. Entel ders şudur bu gaddar strateji işe yarar çünkü – hadi görebilmemiz için bunu yine yukarı çıkaralım – bu gaddar strateji, işe yarar çünkü hem ikimiz de kooperasyon yaptığında önerdiği oynama şeklinin hem de ikimiz de hile yaptığımızda önerdiği oynama şeklinin kendileri dengelerdir. Bunlar inanılır vaatler ve inanılır tehditlerdir çünkü hem vaatte hem de tehditte sonunda yapmış olduğunuz şeyin kendisi denge davranışıdır. Bu güzel.

Ancak, ikinci öğrenmiş olduğumuz şey şudur bunun işe yaraması için  $\delta > 1/3$  olmalıdır, sürdürme olasılığının  $1/3$ 'ten büyük olmasına ihtiyacımız vardır. Yani entel şeyleri bir saniyeliğine bırakırsak – entel şeyler üzerine ev ödevinde daha fazla pratik yapacaksınız – ders şudur Tutukluların İkileminde kooperasyon elde etmek için gaddar tetik kullanabiliriz. Hatırlarsanız gaddar tetik stratejisi birisi kaçana kadar kooperasyon yapmak ve sonra sonsuza dek kaçmaktır. Yani gaddar tetiği bir alt-oyun mükemmel dengesi olarak kullanarak Tutukluların İkileminde kooperasyon elde edebilirsiniz. Bu bir denge stratejisidir, bu iyi haber, sürdürme olasılığı  $1/3$ 'ten büyük olduğu takdirde.

Hadi bu dersi Tutukluların İkileminden alıp daha genel hale getirmeye çalışalım. Geçen sefer bizim dersimiz şunun hakkındaydı, devam eden ilişkilerde genel olarak ne umut edebiliriz? Geçen sefer öğrendiğimizi rafine eden daha genel bir ders

yazalım. Yani ders daha genel oldukça, devam eden bir ilişkide – geçen sefer kullandığım ifadeleri kelimesi kelimesine taklit edeyim – tekrarlanan bir ilişkinin bugün iyi davranış ortaya çıkarabilmesi için, -- geçen sefer yazmış olduğumuz şey – o ilişkinin bir geleceğinin olması işe yarar. Ama şimdi bunu arıtabiliriz, ilişkinin devam edeceğine dair yüksek bir olasılığın bulunması işe yarar.

Yani Tutukluların İkilemi ve gaddar tetik strateji özelinde ders şudur sürdürme olasılığı olan  $\delta$ 'nın  $1/3$ 'ten büyük olması gerekir. Ama daha genel sezgi şudur, Jake ve benim aramdaki iş ilişkisinin iyi davranış ortaya çıkarması için – yani ben ona iyi meyve sağlayacağım ve o bana iyi sebze sağlayacak – ilişkinin devam etme olasılığının oldukça yüksek olmasına ihtiyacımız vardır. Bunun çok olağan bir sezgi olduğunu ileri sürüyorum. Neden? Çünkü oyunun devam etme olasılığı geleceğe verdiğiniz ağırlıktır. Oyunun devam etme olasılığı, bu şey, geleceğe verdiğiniz ağırlıktır. Geleceğe ne kadar fazla ağırlık verirsem, bugün iyi davranmam için geleceğin beni teşvik etmesi daha kolaydır, bugün hile yapmanın cazibesini ortadan kaldırmak daha kolaydır.

Bu sadece Tutukluların İkilemi örneğinden daha genel bir fikir gibi görünüyor. Hadi bunu başka örneklere uygulayalım ve doğru gelip gelmediğini görelim. Yani buradaki dersimiz şu, bu ilişkilerde kooperasyon elde etmek için, ilişkilerin devam etme olasılıklarının yüksek, oldukça yüksek olması gerekir. Biz Tutukluların İkilemi için bunun ne olduğunu biliyoruz ama ders daha genel görünüyor. İşte size iki örnek.

Kaçınız son sınıf öğrencisi? Bir veya iki, bayağı azınız son sınıf öğrencisi. Ellerinizi bir saniye yukarıda tutun. Son sınıfta olan hepiniz – bu arkadaşları biraz kızartalım. Hadi onlara bir bakalım. Aslında, neden tüm son sınıf öğrencilerini ayağa kaldırmıyoruz: sizi biraz çalıştıralım. Şimdi, hileli soru, hileli kişisel soru. Son sınıf öğrencileri aranızdan kaç tanesinin devam eden bir kişisel ilişkisi var, yani bilirsiniz, çıktığı birisi var? Eğer çıktığınız birisi varsa ayakta kalın. Şuna bakın, bu çok dokunaklı. Ben ekonomi öğrencileri hakkında ne söylüyordum? Pekâlâ, hadi sadece düşünelim, bir saniye ayakta kalın, hadi bu arkadaşlara biraz düşünme süresi verelim. Çıktıkları kişilerle devam eden ilişkileri olan son sınıf öğrencileri, bu son sınıf öğrencilerinde endişe edilecek ne vardır?

Bu son sınıf öğrencileri New Haven'ın güzel sınırlarından çıkmak üzereler ve dünyanın farklı yerlerinde iş bulacaklar. Ve problem şu, bazıları New York'ta iş bulurken çıktıkları kişi San Fransisco veya Bağdat'ta veya her neredeyse, Bağdat olamadığını ümit edelim, hadi Londra diyelim. Şimdi eğer durum şuyorsa siz gelecek yıl New York'ta işe girecekseniz ve çıktığınız kişi Bağdat veya Londra'da işe girecekse veya uzak bir yerde, gerçekte, biraz alaycı olursak, bu ilişkinizin devam etme olasılığına ne yapar? Onu aşağıya çeker. İlişkilerinizin devam etme olasılığını azaltır.

Peki, öngörü nedir – hadi burada acımasız olalım. Bunlar çıktıkları birileri olan son sınıf öğrencileri, kaçınız gelecek dönem çıktığınız kişiyle uzak mesafede olacaksınız?



Arkada bir tanesi, tamam bir arkadaş, arkada, 2 arkadaş, dürüst olun, üçünüz, dördünüz doğru mu? Buradaki öngörümüz nedir? Bu model bir sosyal bilim deneyi olarak ne tahminde bulunur? Neyi öngörür? Şunu öngörür, az önce el kaldırmış olanlarınız, ellerini kaldırmış olan uzak mesafelerle ayrı düşecek son sınıf öğrencileri, bu ilişkiler, bu ilişkide ki her oyuncu için geleceğin değeri daha düşüktür. Yani son sınıf süresince, son sınıfın bahar dönemi boyunca bu modelin öngörüsü nedir? Aldatacaklar.

Yani aslında kontrollü bir deney yapabiliydik, burada yapacağımız şudur bu insanları takip ederdik, ayrılacak olan son sınıfları – şimdi oturabilirsiniz, hepimizi utandırdığım için üzgünüm. Ayrılmak üzere olan son sınıf öğrencilerinden uzak mesafe ilişkisine devam edenleri ve etmeyenleri takip edebiliriz. Devam etmeyenler bizim kontrol grubumuz olurdu. Ve bahar döneminde ayrılacak olanların diğerlerinden daha fazla aldatıp aldatmadıklarına bakmalıyız. Yani bu modelin bazılarının hayatlarıyla alakalı çok açık bir öngörüsüdür.

Size belki biraz daha az ilgi çekici ama benzeri bir örnek daha vereyim. Oto tamircim ile benim aramdaki ilişkiyi düşünün. Bunun bir çıkma ilişkisi olmadığını vurgulamalıyım. New Haven'da bir araba tamircim var ve bu benim arabamı tamir ediyor. Ve bizim devam eden bir iş ilişkimiz var. Biliyor ki arabamın tamire ihtiyacı olduğu zaman, bu yağ değişimi gibi ufak bir şey olsa bile, ben ona gidip işi ona yaptıracağım, benim için başka bir yağ değişim merkezine gitmek daha ucuz olsa bile. Yani arabamın işini halletmesi için ona götüreceğim ve o da kolay işler için bile benden para kazanacak. Ben bunun için geriye ne isterim? Onun dürüst olmasını isterim ve eğer tek ihtiyacım yağ değişimiyse bunu bana söylemesini isterim ve eğer gerçekten yeni bir motora ihtiyacım varsa bana yeni bir motora ihtiyacım olduğunu söylemesini isterim.

Yani benim onunla kooperasyon yapmam çok basit bir şey için bile her zaman ona gitmemdir ve onun benimle kooperasyon yapması arabayı tamir ederken hile yapmamasıdır. O araba hakkında benden daha fazla şey biliyor. Ama şimdi eğer benim şehirden ayrılacağımı bilirse ne olur (bu az önce yaptığımız örnektir) veya daha gerçekçi olarak benim arabamın bir külüstür olduğunu ve zaten onu elden çıkarmak üzere olduğumu biliyor. Bir kez yeni bir araba aldığımızda ona daha fazla gitmeyeceğim çünkü garantisini bozmamak için bayisine gitmeliyim. Yani benim arabamın zaten bozulmak üzere olduğunu biliyor ve benim arabamın bozulmak üzere olduğunu bildiğimi de biliyor yani benim külüstür arabam el değiştirmek üzere – muhtemelen yüksek lisans öğrencilerimden birine gidecek – o zaman ne olacak? O zaman hile yapmaya teşvikim olacak çünkü işe yaramaz arabamı yağ değişimi için yağ değiştirme merkezine götüreceğim. Ve onun da hile yapmak için teşviki olacak. Bana gerçekten yeni bir motora veya yeni bir vitese ihtiyacım olduğunu söylemeye başlayacak. Benim araba manuel yani bir vitesi var -- yani birkaç vida sıkmak yerine yeni bir vitese ihtiyacım olacak.

Bir kez daha ilişkinin sürdürme olasılığı değiştikçe hile yapmaya teşvik eder. O ilişkinin bozulmasına yol açar. Muhteviyatı budur, az önce yaptığımız matematikteki gerçek hayat içeriği budur.

Hadi bunu biraz daha ileri götürmeye çalışalım. Göstermiş olduğumuz şey şuydu,  $\frac{1}{3}$ 'ten büyük olduğu sürece gaddar tetik işe yarar ve  $\frac{1}{3}$ 'ten büyük olmak çok yüksek bir sürdürme olasılığı gibi görünmüyor. Yani sadece  $\frac{1}{3}$  olasılıkla ilişkinin devam ediyor olması gaddar tetiğin işe yaramasını sağlar, yani bu gaddar tetik için iyi haberdır. Ancak, gerçekte, gerçek hayatta, gaddar tetiğin bazı dezavantajları olabilir.

Hadi gaddar tetiğin gerçek hayatta bize ne söylediğine bakalım. Bize şunu söylüyor eğer birimiz sadece birazcık hile yapsa bile – ben Jake'e sadece bir tane çürük meyve sağlarsam veya Jake bana birkaç dal daha az kuşkonmaz sağlarsa – o zaman birbirimizle bir daha asla iş yapmayız. Bu tamamen sona ermiştir. Biz bir daha kooperasyon yapmayız. Bu biraz fazla sert gibi görünüyor. Bu biraz fazla katıdır. Yani özellikle, gerçek hayatta, burada istenmeyen bir durum var, gerçek hayatta arada sırada birimiz kazara "hile yapacaktır". O gün gözümde gözlük yoktur ve Jake'e gönderdiğim elmaların içine çürük bir elma koymuşumdur. Aynı şekilde o kuşkonmazları sayarken 1405'te sayıyı unutmuştur ve bana bir tane az göndermiştir.

Yani gaddar tetiğin şöyle olduğu gerçeğinden endişe ederiz, herhangi bir seviyede hile ile tetiklenir ve çok katıdır: bir daha iş yapmayacağımızı söyler. Gaddar tetik ölüm cezasının benzeridir. Yani bu bana birkaç sap az kuşkonmaz verdi diye Jake'i öldüreceğim anlamına gelmiyor, ama ben ilişkiyi öldüreceğim. Son sınıf öğrencilerinden kişisel ilişkileri olanlar, bu şöyle söylemeye denktir, eğer ilişki olduğunuz kişiyi sınıfta yanına oturmaya şöyle dursun bir başkasına bakarken bile görerseniz, ilişki sona ermiştir. Bu çok katıdır.

Yani gaddar tetikten daha yumuşak, ölüm cezasından daha yumuşak cezalar kullanmaya ilgi gösterebiliriz çünkü hatalar olur, çünkü yanlış anlamalar olur. Doğru mu? Bu yüzden, yapmak istediğim şey şu, farklı bir strateji ele almak istiyorum, gaddar tetik stratejisinden farklı bir strateji ele alıp işe yarayıp yaramadığına bakmak istiyorum. Nereden başlayayım? Hadi buradan başlayalım, geri döneceğim şey Tutukluların İnkileminin analizindeki matematik ve entellik, ama aklınızda iş ilişkilerinin, kişisel ilişkilerinizin, arkadaşlıklarınızın vesaire olmasını istiyorum. Hayatta yaptığınız hemen hemen her şeyde tekrarlanan etkileşimler vardır, yani bunu aklınızın bir köşesinde tutun, ama şimdi entel olalım.

Benim ele almak istediğim şey bir periyodluk cezalandırmadır. Peki, içinde kooperasyon yer alan ama bir periyod cezalandırma olan bir stratejiyi nasıl yazarız? İşte strateji şudur. Şöyle der – bu biraz tuhaf bir şeydir ama işe yarar – başlamak için C oyna ve sonra eğer – bu çok garip görünecek ama bir saniyeliğine bana güvenin – en son (C, C) veya (D, D) oynanmışsa C oyna. Yani eğer bir önceki periyotta ya her ikisi de kooperasyon yapmışsa veya ikisi de kaçmışsa, o zaman bu periyotta

kooperasyon oynarız. Ve diğer türlü D oyna: eğer en son (C, D) veya (D, C) oynanmışsa D oyna.

Bu stratejiyi biraz düşünelim. Bu strateji ne anlama geliyor? Yani insanlar kooperasyon ile başlamış ve kooperasyon ile devam ediyorken – eğer Jake ve ben ikimiz de bu stratejiyi oynarsak – aslında, sonsuza dek kooperasyon yaparız. Doğru mu? Ben bunun tek periyodluk ceza stratejisi olduğunu iddia ediyorum. Hadi bunun nasıl olduğuna bir bakalım. Diyelim ki Jake ve ben bu stratejiyi oynuyoruz. Her periyotta C oynamamız gerekir. Ve diyelim ki bilerek veya bilmeyerek ben D oynarım. Yani şimdi benim D oynadığım o periyotta, benim tarafımdan oynanan strateji D, Jake tarafından oynanan C'dir. Yani sonraki periyotta bu strateji bize ne oynamamızı söyler? Benim tarafımdan D Jake tarafından C'ydi, yani bu strateji bize D oynamamızı söyler. Yani bir sonraki periyotta ikimiz de D oynarız. Yani ikimiz de o periyod için, bir sonraki periyod için kesinlikle kooperasyon yapmayız.

Şimdi, bundan sonraki periyod nasıl olur? Bundan sonraki periyotta Jake D oynamış olurdu, ben D oynamış olurdum. Yani şu gerçekleşmiş olur: ikimiz de D oynadık ve şimdi bu bize yeniden kooperasyon yapmamızı söylüyor. Herkes bundan mutlu mu? Şu yazmış olduğum strateji – biraz uğraştırıcı görünüyor – ama gerçekte ortaya çıkardığı şey bir periyodluk cezalandırmadır. Eğer Jake tek hile yaparsa o zaman ikimiz de bir periyod kaçırız ve kooperasyona geri döneriz. Eğer ben tek hile yaparsam o zaman ikimiz de bir periyod kaçırız ve kooperasyona geri döneriz. Bu bir periyodluk ceza stratejisidir. Tabii ki soru şu, soruyor olmanız gereken soruşu, bu işe yarayacak mıdır? Bu bir denge midir?

Hadi kontrol edelim. Bu bir AMD midir? Bu bir denge midir? Peki, neyi kontrol etmemiz gerekir? Her zaman ki gibi şunu kontrol etmeliyiz, cazibenin, vaadin değeri – kooperasyona devam etme vaadinin değeri – vaadin değeri eksi tehdidin değerinden küçük eşit olduğudur. Ve bir kez daha dikkatli olmalıyız, çünkü cazibe bugün oluşur ve bu değerler arasındaki fark yarın oluşur. Doğru mu? Yani bu yeni bir şey değil, bu hep yazmış olduğumuz şeydir, kontrol etmemiz gereken budur.

Yani bugün hile yapmamın cazibesi öncekiyle aynıdır, 3 - 2. Bunun yarın gerçekleşmesi burada bana  $\delta$  verir. Köşeli parantezimiz burada. Peki, vaadin değeri nedir? İkimizin de kooperasyona devam etmiş olması nedeniyse kooperasyona sonsuza dek devam ederiz, bu durumda sonsuza dek 2 alırız. Doğru mu? Yani bu yarından başlayarak sonsuza kadar 2'nin değeridir (ve yine sonsuza kadar, oyun bitene kadar demektir) Tehdidin değeri nedir? Biraz dikkatli olun. Bu şunun değeridir – yani ne olacaktır? Eğer ben hile yaparsam, o zaman yarın ikimiz de hile yaparız, yani yarın, ben yarın ne alacağım? 0. Yani bu yarınki 0'ın değeri: ikimiz de hile yapacağız, ikimiz de D oynayacağız. Ve sonra bir sonraki periyotta ne olacak?

Tekrar C oynayacağız ve oradan itibaren C oynamaya devam edeceğiz. Yani bu yarınki 0'ın değeri ve bir sonraki günden başlayarak sonsuza dek 2'nin değeri olacak.

Değerlendirmemiz gereken budur. Yani 3-2, bunu yine ben yapabilirim, bu 1'dir. Peki, sonsuza dek 2'nin değeri nedir? Gerçi bugün bunu zaten yapmıştık, bu neydi? Notlarınızda yazıyor. Aslında tahtada da yazıyor, buradaki X, bu nedir? İşte burada, sonsuza kadar 2: bunun değerini önceden hesaplamıştık ve bu  $2/[1-\delta]$  dır. Yani sonsuza kadar 2 almanın değeri  $2/[1-\delta]$  olacaktır. Peki ya 0'ın değeri? Yani yarından başlayarak ben 0 alacağım ve sonra bir periyod gecikme ile sonsuza kadar 2 alacağım. Sonsuza kadar 2, bunun değerinin ne olduğunu biliyoruz, bu  $2/[1-\delta]$  dır, ama şimdi bunu bir periyod gecikmeyle alıyorum, yani bunu neyle çarpmam gerekiyor?  $\delta$  ile, güzel.

Yani yarınki 0 ve sonra bir sonraki günden başlayarak sonsuza kadar 2 almanın değeri  $\delta \times 2/[1-\delta]$  dır. Ve buradaki  $\delta$  bu analizin yarından başlayarak olmasından kaynaklanıyor. Özetlemek gerekirse, beni bugün cezbeden budur. Eğer iyi birisi olup kooperasyon yaparsam yarından başlayarak alacağım budur. Ve bu da bugün hile yaparsam alacağım değerdir. Yarından başlayarak bir şey almam ve sonra kooperasyona geri dönerim. Ve bu köşeli parantezin içindeki değerlerin tümü yarın başladığından bunları  $\delta$  ile iskonto ettim. Şimdi bu biraz matematik gerektiriyor o yüzden ben cebiri muhtemelen yanlış yaparken bana birazcık katlanıverin—ve asistanlarım lütfen takip edebilir mi çünkü ben muhtemelen burada yanlış yapacağım. Tamam, yapacağım şey şu, ben notlarıma bakacağım, kopya çekeceğim, yapacağım şey bu.

Tamam, yapacağım şey şu, şunu oluşturacağım 1 küçüktür eşittir,  $2/[1-\delta]$  ve  $\delta$  ortak çarpanını alacağım, yani  $2\delta/[1-\delta]$  elde edeceğim ve köşeli parantezin içinde şunlar kalacak: bu 1'dir ve bu da  $\delta$ 'dır. Yani buradaki  $\delta$  şuradaki  $\delta$ 'dır ve sonra ben  $2/[1-\delta]$  ortak çarpanını bu parantezden ayırdım. Herkes cebiri takip edebiliyor mu? Sadece cebir, fantastik bir şey olduğu yok. Bu güzel oldu çünkü  $1-\delta$  lar birbirini götürür, bununla bu birbirini götürür, yani bu bize şunu söyler  $1/2 \leq \delta$  olduğu sürece iyi durumdayız: bu artı. Cebiri fazla dert etmeyin, cebir için bana biraz güvenin, hadi sadece sonucu dert edelim.

Sonuç nedir? Sonuç şudur  $\delta > 1/2$  olduğu sürece bu bir periyodluk cezalandırma bir AMD'dir, bu yeterlidir, benim Jake ile aramdaki veya son sınıf öğrencilerinin çıktıkları kişilerle aralarındaki Tutukluların İkilemi ilişkisinde kooperasyonu sağlamak için bir periyodluk cezalandırma yeterli olur. Gaddar tetikte  $\delta$  ne olmalıydı?  $1/3$ , peki burada ne öğrenmiş olduk? Entel biçimde öğrendik ki – öğrendiğimiz gaddar stratejide  $\delta > 1/3$  gerekiyordu. Bir periyodluk cezalandırma için  $\delta > 1/2$  gerekiyor, ama daha genel ders nedir? Daha genel ders şudur, eğer daha yumuşak, daha az katı bir ceza kullanırsanız, bunun işe yaraması için daha yüksek bir  $\delta$ 'ya ihtiyaç vardır. Doğru mu?

Yani burada öğrendiğimiz şey bir takas olduğudur, teşviklerde bir takas var. Ve bu takas şudur eğer daha kısa bir ceza kullanırsanız, daha az katı bir ceza – insanların ellerini kesmek veya onları öldürmek yerine veya onlarla bir daha iş yapmamak yerine, onlarla sadece bir periyod iş yapmazsınız – bu ilişkinin devam etme olasılığı

biraz daha yüksekse bu iyidir. Yani kısa cezalar iyidir ama – burada ima işareti gerekli değildir – onların geleceği daha fazla  $\delta$  ağırlığı vermesi gerekir.

Bunun oldukça akla yatkın olduğunu ileri sürüyorum. Söylediği şu, her zaman teşvikler arasında değiş tokuş yaparız. Hile yapabilme ve bugün kurabiye elde etme becerisini beklemek ve yarın kurabiye almak ile değiş tokuş ederiz. Yani eğer aslında ödül ile ceza arasındaki fark çok önemli değilse, çok büyük değilse – ceza sadece, yarın size bir kurabiye eksik vereceğim – o zaman kurabiyeleri bugün elde etmek için aceleci olmamalısınız. Şunu söylemeye çalışıyordum, çocukları olanlar. Muhtemelen sınıfta çocuğu olan tek kişi benimdir. Geri kalanlarınız için bu kurabiye örneği bir şey ifade etmeyecektir – oluncaya kadar bekleyin – şunu keşfedersiniz, aslında kurabiyeler doğru örnektir. Yani kısa cezalar, daha az katı cezalar, çocuklarınızın yarın ki kurabiye haklarından küçük azaltmalar ancak o çocuklar yarına yüksek bir ağırlık veriyorlarsa işe yararlar. Bu durumda, çocuklar ilişkinin devam etmemesinden endişe etmezler, çocuklarınıza mahkûmsunuzdur, onlar sadece sabırsızdır.

Tamam, burada bayağı resmi iş yapmış olduk ve bu işlere devam etmek istiyorum, ama şimdi yapmak istediğim şey günün geri kalanında bir uygulamaya bakmaktır. Bir uygulama umarım ki tekrarlanan etkileşimin fark yarattığına sizi ikna edecektir. Yani son sınıftakiler ve onların erkek veya kız arkadaşları ile olan ilişkileri örneğinin yeterli olmadığı varsayımıyla. Tamam, bu uygulama bizi biraz geri götürecektir çünkü bahsetmek istediğim şey tekrarlanan ahlak sorunudur. Ahlak sorunu ara sınavdan sonraki ilk derste tartıştığımız bir konudur.

Hayal etmenizi istediğim şey şudur, siz ABD’de bir iş sahibisiniz ve gelişmekte olan bir piyasaya yatırım yapmayı düşünmektesiniz ve yine bunu videodan seyreden hiç kimseyi kırmamak için, bu gelişmekte olan piyasaya Kazakistan gibi bir isim vermektense ona Freedonia diyelim, Freedonia’dan farklı bir isim vermektense. Freedonia, bilmeyenleriniz için söylüyorum bir Marx Brothers filminde bir cumhuriyettir. Yani işinizin bir kısmını, üretimi Freedonia’ya taşeron olarak vermeyi düşünüyorsunuz. Bu dış kaynak kullanımı yapmayı düşünmenizden dolayı, Freedonia’yı çekici kılan şey ücretlerin düşüklüğüdür. Yani Freedonia’da dış kaynak kullanımı yaparsınız. Bunun daha ucuza yapılacağını düşünüyorsunuz.

Dezavantajı şu Freedonia gelişmekte olan bir piyasa olduğundan, hukuk sistemi çok iyi çalışmıyor. Ve özellikle, Freedonia’da kontratlara yaptırım uygulamak ve insanları hapse göndermek çok zor. Yani siz dış kaynak kullanımı düşünüyorsunuz. Artı tarafı şu, sizin bakış açınızdan, artı tarafı sizin üretimi yapacağınız yerde ücretlerin düşük olması. Kötü tarafı şu kontratları uygulamak zor olacak çünkü bu gelişmekte olan bir piyasadır. Yani yapmayı düşündüğünüz şey şu bir temsilci işe alacaksınız ve bu temsilciye  $W$  ücreti ödeyeceksiniz, yani  $W$  onları işe aldığınızda vereceğiniz ücret. Bunu birazdan bir ağaca koyacağım.

Varsayalım ki Freedonia'da şu anki cari ücret 1'dir: bunu normalize edeceğiz. Freedonia'daki cari ücret 1 ve varsayalım ki bu taşeronluğun işlemesi için Freedonia'daki temsilcinize, çalışanınıza bazı kaynaklar göndermeniz gerekiyor. Ve varsayalım ki oraya göndermeniz gereken miktar da 1'dir. Yani Freedonia'daki cari ücret 1 ve bu temsilciye göndermeniz gereken materyal ve makine yatırımının ederi de 1. Varsayalım ki bu oldukça karlı bir proje. Yani eğer proje başarılı olursa, eğer proje yoluna girer ve başarılı olursa, brüt gelir olarak 4 kazandıracak. Tabii ki siz 1 yatırım yapmalısınız yani bu sizin için net gelir 3 demektir, ama buna rağmen potansiyel olarak büyük bir getiri vardır.

Kötü haber şu Freedonia'daki temsilciniz sizi aldatabilir. Özellikle, yapabileceği şey şudur, sadece sizin ona gönderdiğiniz 1'i alır, o materyalleri piyasada satar ve gider ve normal işinde çalışmaya devam eder. Yani bu normal ücret olan 1'i sadece gidip kendi normal işini yaptığı için alır, bu iş her neyse ve kaynakları sizden çalabilir. Hadi bunu bir ağaç olarak çizelim. Küçük bir hile var bu ağaçta ama neden olduğunu birazdan göreceğiz. Yani sizin kararınız yatırım yapmak ve  $W$ 'yu belirlemektir. Eğer Freedonia'ya yatırım yaparsanız, yatırım parasını verirsiniz ve ücreti belirlersiniz, ona ödeyeceğiniz ücreti belirlersiniz. Cari ücret 1'dir ama siz farklı bir ücret belirleyebilirsiniz veya yatırım yapmayabilirsiniz.

Eğer yatırım yapmazsanız bir şey kazanmazsınız ve Freedonia'daki temsilciniz sadece cari ücret olan 1'i alır. Eğer Freedonia'ya yatırım yapar ve ücret  $W$ 'yu belirlerseniz, o zaman temsilcinizin bir seçeneği olur. Dürüst olabilir veya hile yapabilir. Eğer hile yaparsa size ne olacaktır? Oraya göndermek için 1 yatırım yapacaksınız ve geriye bir şey almayacaksınız, yani  $-1$  alacaksınız. Ve o da gidip normal işinde çalışarak 1 alacak ve ek olarak, sizin materyallerinizi satacak yani toplamda  $1 + 1$  nedir? 2, teşekkür ederim. Yani toplamda 2 olacaktır. Diğer taraftan, eğer dürüstse, o zaman getiri olarak 4 eksi yatırım için gereken 1 ve ona ödediğiniz ücret olacaktır. Yani getiriniz 3 eksi ona ödediğiniz ücrettir. Ona sadece iş tamamlandığında ödeme yapacaksınız,  $3 - W$  ve o  $W$  alacak. İşini yapmıştır – diğer opsiyonu değerlendirmemiştir, materyallerinizi satmamıştır – yani sadece  $W$  olacaktır.

Şimdi, ben burada birazcık hile yapıyorum çünkü aslında ağaç böyle görünmüyor, çünkü farklı  $W$  seviyeleri seçebilirdim. Yani bu yukarıdaki yatırım yaptığım ve  $W$  belirlediğim dal aslında bu tip dallardan oluşan bir bütündür, belirleyebileceğim her olası  $W$  için bir tane dal vardır. Ama bugünkü amacımız için bu yeterlidir. Bu bize görmemiz gerekeni gösterir. Hadi bunun bir seferlik bir yatırım olduğunu hayal edelim. Öğrenmek istediğim şu bu tek atımlık yatırımda ben Freedonia'ya yatırım yaparım. Temsilcimi bir kez işe alırım, öğrenmek istediğim şu işin gerçekten tamamlanması için temsilcime ne kadar ücret ödemeliyim? Başlangıç pozisyonunu hatırlayın. Başlangıç pozisyonuna göre bu çok çekici görünüyor. Bu çok çekici görünüyor çünkü bu projenin kazancı 4 veya  $4 - 1$  dir, yani bu projede elde edilebilecek fazla 3 eksi ücrettir ve cari ücret 1'dir. Yani bu taşeronluğu karlı kılmak için ortada oldukça fazla bir kar var gibi görünmektedir.

Bunu ağızımda geveledim, o yüzden tekrarlayayım. Bunun çekici olmasının nedeni cari ücretin 1 olması, yani eğer ona 1 öderseniz ve projeyi yaparsa o zaman ben brüt getiri olarak 4 eksi yatırım için 1 eksi ona ödediğim 1 yani net getiri olarak 2 alırım. Bu %100 karlı bir projeymiş gibi görünüyor, yani çok çekici duruyor. Problem nedir? Problem şu, eğer ben sadece – bu bize geriye dönük çıkarımı verecek – eğer ücreti cari ücrete eşit belirlersem, yani eğer  $W = 1$  olursa temsilcim ne yapacaktır? Kazık atacaktır. Problem şu eğer ben  $W = 1$  olarak belirlersem ki bu Freedonia'da cari ücrettir, temsilcim kazık atacaktır. Eğer o aldatırsa ben sadece yatırıma kaybederim.

Peki,  $W$  ne olarak belirlemeliyim? Hadi buna bakalım.  $W$ 'yu belirlemek zorundayız. İhtiyacım olan şey şu, bu ücretin yeterince büyük olması lazım ki dürüst olup projemi tamamlamak onun kazık atma teşvikine ağır bassın. Ücretin 2'den büyük olmasına ihtiyacım var. Doğru mu?  $W$  en az 2 olmalıdır. Yani dengede ücreti belirlerken ne yapacağız? Bir ücret belirleyeceğim, hadi buna  $W^* = 2$  (artı bir peni) diyelim, doğru mu? Bu ara sınavdan sonraki ilk gün yapmış olduğumuz bir egzersizdi. Bu teşvik tasarımıyla ilgilidir. Bu geriye dönük çıkarım ile kolayca çözebileceğimiz tek atımlık oyunda, ücreti 2 olarak belirlemem gerekir ve sonra o işini yapar.

Bir dakika içinde, bunun tekrarlanan versiyonuna bakacağız, ama bunu yapmadan önce şimdi nerede olduğumuzu bir toparlayalım. Bu bize ne anlatıyor? Bu bize şunu anlatıyor, mahkemelerin işe yaramadığı bu yüzden de bu adamı çalışmaya zorlayamayacağı – özellikle sizin yatırımınızla birlikte kaçabilir -- gelişmekte olan bir piyasaya yatırım yaparken, ücretler düşük bile olsa, yani taşeronluk çok çekici gibi görünse bile, eğer teşvikleri doğru belirlemekten endişe ederseniz o zaman adamı çalışmaya teşvik etmek için çok büyük bir ücret primi ödemeniz gerekir. Yani Freedonia'da cari ücret 1'dir, ama siz adamı çalıştırmak için ücreti 2 olarak belirlemek zorunda kalırsınız, bu %100 lük bir ücret primidir. Yani bu gelişmekte olan piyasada ücret primi %100'dür, cari ücret 1'dir ama siz 2 ödüyorsunuz.

Bu arada bu akıl dışı bir öngörü değildir. Eğer geçerli ücretlerin çok, çok düşük olduğu bazı gelişmekte olan piyasalarda Avrupalı ve Amerikalı şirketlerin ödedikleri ücretlere bakarsanız ve taşeronluk işi yaptıran firmaların gerçekten ödedikleri ücretler bakarsanız devasa ücret primleri görürsünüz. Cari ücretin üstünde devasa primler görürsünüz. Şimdi benim yapmak istediğim şey şu, aynı durumu tekrar incelemek istiyorum, ama bu kez günün anlam ve önemini içine sokarak. Günün anlam ve önemi nedir? Günün anlam ve önemi şudur, Freedonia'ya sadece bugün yatırım yapmayacaksınız ve eğer işler yolunda giderse bir gün sonra tekrar yatırım yapacaksınız en azından yüksek bir olasılıkla.

Yani az önce hesapladığımız ücret primi tek atımlık ücret primiydi. Bu işi – bu tek bir atımlık işi- Freedonia'ya taşeron olarak veriyordu. Şimdi şunu ele almak istiyorum, eğer sadece tek bir atım, tek bir işlik yatırım yerine, uzun dönem için yatırım yapıyorsanız, ne kadar ödemek zorunda kalırsınız, Freedonia'daki yabancı yatırımcı

sektöründe ücretler ne olacaktır? Uzun bir süre Freedonia'da olacaksınız. Bu yüzden  $\delta$  devam etme olasılığıyla tekrarlanan bir etkileşim düşünün. Yani Freedonia'da devam edip etmeyeceğinizi bilmiyoruz. Freedonia'da bir darbe olursa işler bozulabilir. Freedonia'da işler bozulabilir çünkü Amerikan hükümeti dış kaynak kullanımına artık izin vermiyor olabilir. Birçok çeşit şey olabilir, ama  $\delta$  olasılıkla ilişki devam edecektir. Yani  $\delta$  olasılıkla tekrarlanan etkileşim vardır.

Hadi ne kadar ücret vermeniz gerektiğini görmek için önceden yaptığımız egzersizi tekrar yapalım. Sorumuz şu, hangi ücret, -- hadi buna  $W^{**}$  diyelim -- hangi ücreti ödeyeceksiniz? Bunu çözeceğimiz yol tam olarak bu derste öğrendiğimiz yöntemlerin aynısıdır. Yani karşılaştıracığımız şey şudur, bugün hile yapmanın cazibesi -- ve bunun ilişkinin devam etme değeri eksi ilişkinin sona erme değerinin  $\delta$  ile çarpımından düşük olduğundan emin olmalıyız. Hadi buna yarın diyelim.

Yani şimdi olan şey bir kez daha, ben Freedonia'da temsilcimi işe alıyorum ve işini iyi yaptığı takdirde, onu yarın yine çalıştıracam, en azından  $\delta$  olasılıkla. Ama eğer iyi bir iş çıkarmazsa, eğer yatırımla kaçarsa ve işimi yapmazsa, ben ne yapacağım? Siz ne yapardınız? Onu işten atardınız. Yani ceza -- burada cezanın ne olduğu aşikâr -- ceza şu, eğer iyi iş çıkarmazsa, onu kovarsınız. İlişkiyi bitirmenin değeridir. Bu kovma ve bu da devam etmedir. Hadi bu şeylerin ne olduğunu bulalım. Bugün hile yapmasının cazibesi: eğer bugün hile yaparsa, benim ücretimi alamaz. Ama benim paramla kaçır ve gidip cari ücretten kendi işini yapar. Yani eğer bugün hile yaparsa 2 alır, benim tüm paramı çaldı ve gidip piyasada cari ücretten başka iş yapar, ama işi yapmış olsaydı ona ödeyecek olduğum  $W^{**}$ 'i alamaz. Bunun ilişkiyi devam ettirmenin değerinden düşük olmasına ihtiyacımız vardır.

Önce kolay kısmı yapalım. Eğer ilişkiyi bitirirsek o ne alır? Kovulmuştu, yani sonsuza dek sadece cari ücretten çalışır. Yani bu sonsuza kadar 1'in değeridir veya en azından dünya batana kadar. Bu neyin değeridir? Benim için çalıştığı sürece her periyotta ona ne ödenir? Ona ne ödenecektir?  $W^{**}$ . Yani sonsuza kadar  $W^{**}$  in değeridir. Birazcık hile yapayım ve şunu varsayalım bizim ilişkimizi dışsal olarak bitirecek bir darbenin gerçekleşme olasılığının onun geçerli ücretten devam etmesini dışsal olarak bitirecek bir darbenin gerçekleşme olasılığı ile aynıdır, yani aynı  $\delta$ 'yı kullanabiliriz.

Hadi biraz matematik yapalım burada, sonsuza kadar  $W^{**}$  in değeri nedir? Hatırlarsanız sonsuza kadar 2'nin değeri neydi?  $2/[1-\delta]$ . Yani sonsuza kadar  $W^{**}$  in değeri ne olur? Yani bu da  $W^{**}/[1-\delta]$  olacaktır. Sonsuza kadar 1'in değeri nedir?  $1/[1-\delta]$  dir. Bunun tamamı  $\delta$  ile çarpılır ve buradaki  $2 - W^{**}$  olur. Şimdi  $W^{**}$  i çözmek için biraz cebir yapmalıyım. Hadi bunu yapmaya çalışalım. Ben bu ifadenin şununla aynı olduğunu öne sürüyorum  $[1-\delta] 2 - [1-\delta] W^{**} < W^{**}\delta - \delta 1$ . Bu herkes için tamam mı? Bir satır daha: buradaki bazı ifadeleri düzenleyeyim. Bunları diğer tarafa atarsak, elimde  $[1-\delta] 2 + \delta 1 \leq W^{**}\delta + [1-\delta] W^{**} = W^{**}$  olur. Birileri evde cebirimi kontrol etmeli, ama sanırım bu doğru. Yani son iki adım sadece cebirdi, çok fantastik bir şey değildi.

Ne öğrenmiş oldu? Öğrendik ki bu adama ödemem gereken ücret, ona ödemem gereken ücret 2 ile 1 arasında bir şeydir, ama bundan biraz daha iyisini yapabiliriz. Hadi buradaki her şeyi silelim. Yani özellikle,  $\delta = 0$  ise,  $W^{**}$  nedir? Eğer  $\delta = 0$  ise  $W^{**}$



neye eşittir? Birileri? 2'ye eşittir ve bu daha önce elde ettiğimiz şeydi. Tek atımlık oyunda, işte yukarıda duruyor, yarın devam etme olasılığının olmadığı durumda, ona ücret olarak 2 ödemek zorundaydım, %100 lük bir ücret primi. Eğer olasılık yoksa – eğer bu ilişkiyi devam ettirme şansı hiç yoksa eğer  $\delta = 0$  ise – yine %100 ücret primi verdiğimi buluruz.

Diğer aşırı ucu ele alalım. Eğer  $\delta = 1$  ise, yani bu ilişkinin devam edeceğini kesin biliyorum – eğer  $\delta = 1$  ise, yani dünyanın sona ermesi veya bir darbe olması ihtimal dahilinde değilse – o zaman  $W^{**}$  nedir? 1'e eşittir. Bu nedir? Bu 1 nedir? Bu cari ücrettir. Yani bu cari ücrettir. Eğer sonsuza kadar devam edeceğimizi kesin olarak biliyorsam adama cari ücreti ödeyip kurtulabilirim, en azından limitte. Eğer devam etmeyeceğimizi biliyorsak o zaman tek atımlık oyunu oynamalıyım.

Ama hadi daha ilginç olan aradaki bir duruma bakalım. Diyelim ki  $\delta = \frac{1}{2}$  dir. Yani sadece  $\frac{1}{2}$  olasılık var – bu oldukça düşük – yani Amerikan Malları şirketinizin Freedonia'da kalma olasılığı  $\frac{1}{2}$ 'dir:  $\frac{1}{2}$  olasılıkla bir sonraki periyotta işi bitirmiş olacak,  $\frac{1}{2}$  olasılıkla kalacak. Bu ücreti nasıl etkiler? Bu durumda, yani  $\frac{1}{2}$  olasılıkla Amerikan mallarının Freedonia'da kalma durumunda ücrete ne olur? Bu 2 ile 1 arasında  $\frac{1}{2}$  dir, yani bu yüzden 1 tam  $\frac{1}{2}$ 'dir. Yani bir başka deyişle, şimdi ücret primi sadece %50'dir.

Bu örnekten ne öğrenmiş olduk? Bu sadece tekrarlanan oyunlara bir örnektir. Öğrenmiş olduğumuz ilk şey bunun kolay olduğudur, bir kez alıştırdığımızda bu hile yapmanın cazibesini işbirliği ilişkisine devam etmenin değeri ve bu durumda adamı kovmak olan cezanın değeri ile karşılaştırma teknolojisini kullanmak çok kolaydır. Ama daha spesifik olarak bu örnekte öğrenmiş olduğumuz şey şudur, bu ilişkinin devam edeceğine dair çok küçük bir olasılık bile – yani bu son sınıfta olup San Francisco'ya taşınırken çıktıkları kişi Londra'ya taşınacak olanlar için iyi haberdir – ilişkinin devam edeceğine dair küçük bir olasılık bile, ücret primini oldukça çok düşürür. Eğer devam etmenin bir olasılığı varsa ki bu durumda sadece  $\frac{1}{2}$ 'dir, Londra'ya veya San Fransisco'ya giderken çıktığınız kişiye sizi aldatmaması için ödemeniz gereken miktar çok düşüktür.

Gitmeden önce bir fikir daha, tamam mı? Peki, bunların hepsi nasıl çalıştı? Özetlemek gerekirse, devam eden ilişkilerde iyi davranış elde etmek için yarın bir ödül olması gerekir. Eğer yarına verdiğiniz ağırlık, eğer yarın devam etmenin olasılığı düşükçe o ödül daha büyük olmalıdır. Yarının olması ne kadar az ihtimalse yarın ki ödül o kadar büyük olmalıdır. Freedonia'daki insanları çalıştırmak için ücret primi ödemeliyiz ama Freedonia'da kalıcı bir ilişki oluşturduğumuzu fark edersek – Amerikan firmaları yerleştilerse ve Freedonia'da gecelik operasyonlara girmeyeceklerse bu prim düşer. Bunun Freedonia için iyi haber mi kötü haber mi olduğunu burada bırakacağız. Pazartesi, tamamen yeni bir konu var.

[transkript sonu]