

## Doktora Derecesi

Gerçekten istediğim şey doktora mı? Doktora süreci neyi kapsıyor?

Doktora, tek bir konu üzerinde yoğunlaşıp, 'derinliğine' inerek araştırma yapacağınız uzun bir dönemdir. Uzun derken 6 sene gibi bir uzunluktan bahsediyorum. Derinlik derken doktora sonuna yaklaştığınızda, araştırma yaptığınız dalda dünyanın en önde, ya da öne yakın bir uzmanı olacaksınız. Bu alanda size danışmanlık yapan hocanızdan bile daha çok biliyor olacaksınız. İçinde olduğunuz okulda konunuzun en ileri noktası siz olacaksınız. Tek bir konu derken, doktora yıllarınızın son iki yılında oldukça odaklı ve yoğunlaştığınız tek bir konu üzerinde araştırma yapmaktan bahsediyorum. Doktora zamanı, enine öğrenme (genelleşme) zamanı değil, konu 'odaklı' ve 'derinliğine' öğrenme zamanıdır.

## Artık Önemli Olan Ders Almak Değil

Lisans, Yüksek lisans ve Mastır dereceleri hep 'enine' olan derecelerdir. Mezuniyet için gerekli olan derslerin sayısı bu iki derece için oldukça fazladır. Mesela bilgisayar programcılığı hakkında lisans için Matematik, Bilgisayar ya da Mühendislik bölümlerinden 3 ya da 4 ders almak gerekir. Mastır için de durum aynıdır.

Karşılaştıracak olursak, doktora programı için geçen 6 sene içerisinde genelde 10'dan az sayıda ders almanız yetiyor. Carnegi Mellon'da 5 mecburi ana ders, 3 tane de mecburi seçmeli dersi vardır. Yani doktora sırasında vurgulanan alınan ders sayısı değil 'araştırma yapmaktır'. Bir doktora öğrencisi, bir dersi genelde araştırmasına yardımcı olacağını umduğu için alır. Bilgisayar konusunda araştırma yapan doktora öğrencisinin aldığı dersler, bilgisayar bölümünden bile olmayabilir! İstatistik, Uygulama Araştırma, Ruhbilim, Dilbilim ya da öğrencinin araştırmasına hangi ders yararlı olarsa bu ders alınır.

## Araştırma Süreci, Danışman ile Doktora Öğrencisinin Etkileşimi

Daha önce belirttiğimiz gibi, doktora derecesinin amacı araştırma yapmaktır. Genelde araştırmanız, kendinize bir danışman seçtiğinizde başlar. Çoğu okulda danışman seçimi ilk senede oluyor. CMU üniversitesinde, biz doktora öğrencilerinin hemen araştırma yapmaya başlamasını istiyoruz, o sebeple programa girdiğinizden bir/iki ay sonra danışman seçmeniz gerekiyor.

Tekrar belirtelim. Araştırma, derse girmek gibi değildir. Birçok öğrenci derse gitmek ve derse çalışmak olgusundan araştırma yapma olgusuna geçişi yapamıyor, sonuç olarak doktoraya başlayan öğrencilerin ancak yarısı doktora derecesini alarak mezun oluyor. (CMU'da 3/4 öğrenci doktor olarak mezun oluyor). Unutmayın, bu bahsettiğimiz öğrenciler hem de lisans diplomasını 4 üzerinden 4.0 ile almış öğrenciler.

Araştırma ile ders girmenin farkı:

- Derste ev ödevi olarak verilen problemlerin çözümü bellidir, ve çözüm için kullanılacak teknik bilinir, ödev verilmeden önce derste öğretilmiştir. Araştırma yaparken bir konu üzerinde yıllarca, çözümün bile olup olmadığını bilmeden çalışabilirsiniz. O problemi çözmek için yeni yöntemler bulacak, 'keşfedecek'

olan sizsiniz.

- Derste, üzerinde çalışacağınız problemler size verilir. Araştırmada, üzerinde çalışacağınız problemleri kendinizin seçme şansınız var. Ayrıca, 'güzel' problemleri bulmak sizin göreviniz. Güzel derken 'temel' demek istiyorum. Yani, Oracle veri taban programına bir yama yapıp daha hızlı işlemlerini sağlamak eminim Oracle'ı çok sevindirir, ama bu yaptığınız temel araştırma sayılmaz. Ama veri analiz hızını arttıracak yeni bir algoritma bulmak temel araştırma sayılır. Böyle çığır açan araştırmalar yaparken, bir ayrı göreviniz de, aynı şeyi başkasının yapıp yapmadığını kontrol etmek. Bunu başarmak için seçtiğiniz alanda daha önce yazılmış yüzlerce makale okumanız gerekebilir.
- Ders alırken eğer bir ödev problemini çözemiyorsanız, öteki sınıf arkadaşlarınıza sorabilirsiniz. Eğer arkadaşlarınız bilmiyorsa, hocanıza sorarsınız, o mutlaka biliyordur. Araştırma yaparken, 'yanlızsınız', en iyi şartlarda bile danışman hocanız ve bir başka öğrenci ile aynı anda çalışıyor olacaksınız. Sonuçta dünyadaki herkese sorunuzu sorabilirsiniz, fakat genelde cevabı onlarda bilmiyor olacak; bilselerdi yaptığınız zaten araştırma olmazdı! Birçok öğrenci yalnız çalışmakta çok güçlük çeker.
- Derslerde sürekli not verilirsiniz, ve sürekli önünüzde olan konular, ne öğretileceği önceden söylenir. Araştırmada not yoktur. Genelde danışmanınızdan biraz yön verilir, ama onun haricinde hedefinize doğru ilerlemek, kendinizi motive etmek ve inisiyatif göstermek sizin göreviniz.
- Ders alırken, bir hocayı çoğu zaman tek başına yakalayamazsınız. Fakat araştırma yaparken, eğer bir hoca sizin danışmanınız ise, hocanız ile her hafta en az 1 saat başbaşa oturacaksınız. Eğer hocanız çok meşgul bir hoca ise (unutmayalım hocalarda araştırma, ders, teşvik para başvuruları, komitelerde oturmak, konferans vermek için seyahat, vs ile uğraşmaları gerekir), o zaman haftada 1/2 saat alabilirsiniz. Eğer hocanız yeni bir hoca ise, o zaman haftada 2 saat alabilirsiniz. Önceden plan yaparak bu saatler için hazırlanmak sizin göreviniz, ki böylece bu saatten en faydalı şekilde yararlanmanız mümkün olsun.
- Derste hocanız ile aranızda bir mesafe vardır. Araştırma yaparken danışman hocanız ile yanyana çalışacaksınız. Tabii ki hocanız size yön verecek, fikir sağlayacak, okumanız için makaleler verecek, program ödevleri verecek, ve bu görevler için son zaman tesbit edecek, vs. Fakat hocanız ile yan yana çalışırken, 'eşit meslektaş' olarak çalışacaksınız. İkinci de birbirinizden öğreneceksiniz. Beraber keşif yapacaksınız. Çoğu öğrenci, danışman hocalarının beraber araştırma yaparken derstekinden ne kadar değişik olduğuna şaşırıyor. Mesela derste çok sıkıcı, kuru ve rahatsız bir şekilde ders anlatan bir hoca, araştırma yaparken canlanıyor, ve muazzam bir heyecan ile işe sarılıyor. Derste, profesörleri 'zaten çözdüğü problemleri' tekrar çözerken seyredeceksiniz. Bütün problemler dersin sonunda çözülmüş olurlar. Araştırma yaparken, hocanızı sesli düşünürken dinleyeceksiniz, ve problemleri nasıl çözdüğünü ve yaklaştığını görmeyiz mümkün olacak. Öğrenciler genelde bunu çok yararlı buluyorlar.

Bazen, mesela kendinizin hocanızdan daha hızlı şekilde düşündüğünüzü farkedebilirsiniz, ama hocanızın sizden daha çok fikri olabilir. Siz hesaplama ve programlama da iyi olabilirsiniz, ama hocanız matematiksel ispatlarda, makale yazmak ve konuşmalarda sizden daha iyi olabilir. Bu birçok öğrenciyi şaşırtıyor, çünkü tipik olarak danışman hocalarının her konuda kendilerinden daha iyi olmasını bekliyorlar! Dudak bükmeyin.. zaten bu ne kadar gerçek dışı bir beklenti değil mi? Hayatta olduğu gibi, yakınmadan eğer hocanızın sizde olmayan hangi özelliklerinin olduğunu saptayıp, bu özellikleri kapmak için uğraşırsanız başarılı olursunuz.

Unutmayın ki, başka kimse size araştırmanın nasıl birşey olduğunu anlatamaz. Araştırmanın nasıl olduğunu anlamanın en rahat yolu, araştırma yapmaktır! Ne kadar erken olursa, o kadar iyi.

Araştırmanın Verdiği Mutluluk ya da Moral Bozuklukları

Araştırma çok ödüllendirici, ama bazen de çok engel çıkartan ve bu yüzden hayal kırıklığı yaratan bir eylem olabilir. Çoğu üst-lisans öğrencisi üst-lisans eğitimini, ta en aşağılardan, en yukarılara kadar inip çıkabilen bir dönmedolap gibi tarif ediyorlar.

Elde olmayan sebeplerden çıkabilecek öfke ve sıkıntı şu sebeplerden olabilir. Mesela, aynı konu hakkında çalışan başka biri, sorunu sizden önce çözmüştür. Ya da, öfke/sıkıntı yalnızlıktan gelebilir. Fakat en büyük ihtimalle, elde olmayan sebeplerden çıkacak öfke/sıkıntının sebebi şu olacaktır.

Sandığınız kadar akıllı olmadığınızı farketmek.

Ekteki çok tipik bir örnek.

” Öğrenci X, ülkesi olan Y’den çok ünlü olan Z üniversitesinden mezun olarak gelmiş. Geldiği okulda binlerce kişi arasından 5. olarak mezun olmuş. Not ortalaması olarak son sene, sınıf birincisi olmuş. Öğrenci, doktora programına ’ben en iyi olacağım’ beklentisi ile başlıyor, ve araştırma ile çok yoğun olarak dört elle sarılıyor. Birinci ya da ikinci senesinin sonunda bakıyor ki, hiç makale yayımlayamamış. Evdeki arkadaşları, ailesi ’neyi var bu çocuğun’ diye merak etmeye başlıyorlar. Bu görünmez engele karşı öğrenci kızgınlık ve utanç hissediyor. Danışman hocasını suçluyor, bölümünü suçluyor, okulunu suçluyor. Fakat en sonunda, olgunluk gösterip, ’büyüyüp’, belki de en iyi olmadığını kabul ediyor, fakat gene de eğer iyi çalışırsa başarıya ulaşabileceğini anlıyor. Daha çok ’dinlemeye’ başlıyor, çok çalışıyor ve sonunda başarıya ulaşıyor. ”

Araştırma bütün ters gidebilecek yanlarına rağmen, çok haz verici bir süreçtir de aynı zamanda. Bazısı için araştırmanın zevki, kimsenin bilmediği yeni bir şeyi keşfetmektir. Yeni bir algoritma bulmuş olabilirsiniz, yeni işletim sistem tasarımı fikri bulmuş olabilirsiniz, ya da bir sabit disk erişim hızı arttırmış olabilirsiniz. Ötekiler için araştırmanın hazzı, gerçekten ama gerçekten anlamış olmanın verdiği hazdır. Sınıfta ders veren hocanızın tam ders ya da kitap ilginç gelmeye başlarken, durup, ”bu konunun gerisi, ders kapsamımız dışında” dediğine şahit oldunuz mu? Araştırma yaparken, bir konuyu istediğiniz kadar derinlikte peşinden koşarsınız, ve

hakkında her şeyi anlayabilirsiniz. Çoğu doktora öğrencisi için de araştırmanın hazı, damgasını vurmuş olmak, bir konuda etkisini hissettirmek bir şeyleri değıştirmiş olmaktır, mesela sistemlerin yapılış tarzını değıştirdiniz, ya da sistemlerin daha akıllıca tasarlanması için yardım etmiş oldunuz. Tabii 'bir işi, yapılması gerektiğı gibi yapmanın' verdiği haz da vardır. Bir şirkette, amaç ürünü çalışır hale getirip piyasaya sürmektir. Araştırma yaparken, projenizi uzun uzadıya planlayıp ve her açıdan kararlaştıırıp, her tasarım seçiminizi gurula savunabilir hale gelmeniz mümkündür. Araştırma, çabucak toparlama yamayla kapatma zamanı değildir. Çoğu insan da, bir konu hakkında otorite olmayı, ve araştırmasının başkaları tarafından referans gösterilmesini sever.

### Doktora Sırasında Sermaye Kaynağı

Anne babanızın para verdiği lisans sürecinin, ya da mastır sırasında asistan olarak çalışıp ve halen para ödediğiniz sistemin tersine, doktora sırasında para artık sizin için problem olmayacak. Çoğu okulda doktora öğrencileri doktora sırasında hiç para ödemezler. Hatta üstüne okuldan yaşam gelirleri için maaş bile bağlanır, bu genelde ayda \$1700 civarındır. En iyi şartlarda, tek yaptığınız araştırma olacaktır. Bunun ismi 'araştırma yardımcı görevlisi' (Research Assistanship) olmaktır.

Doktora, muazzam bir fırsattır. İsteddiğiniz konuda istediğiniz danışmanı seçip, bol yardım göreceğiniz, problemler hakkında derin derin düşünebileceğiniz, makale yayımlayabileceğiniz, ünlü olabileceğiniz, aynı zamanda 6 sene sıfır okul ücreti ödeyip, üstüne maaş alacağınız bir ortamda olacaksınız. Bu fırsatın bedelini danışman hocanız ödüyor olacak; bunu, şirketlere ya da devletten teşvik sermayesi alarak yapacak. Bir danışman hoca için her doktora öğrencisinin maliyeti yılda 50,000 doları bulabilir (ders ücretleri, maaş, okulun kestiğı vergi, alet/edevat masrafı, vs).

Önemli not 1: Çoğu okulda, yardımcı araştırmacı olarak çalışmak, sadece danışman hocanızın teşvik parası var ise mümkün oluyor. Bazı hocalar teşvik için başvuru yapmadığı, ya da teşvik parasının az olduğu alanlarda oldukları için, yaşam ücreti için yardımcı öğretmen olarak çalışmaya mecbur olabilirsiniz. Ben üst-lisans öğrencisi iken, bazı arkadaşlarım tam 13 dönem yardımcı öğretmenlik yapmak zorunda kaldılar, kendi kendilerine okulu devam ettirebilmek için! Bu tabii seçeneklerden sadece birisi, diğer seçenek, danışman hocalanızı elinde teşvik olanlardan seçmek. CMU üniversitemizde sistem gayet güzel, her doktora öğrencisi maaş ve ders ücreti, danışmanı kim olursa olsun okul tarafından ödeniyor.

Önemli not 2: Birçok şirket ve hükümet birimleri, üst-lisans para desteğı (graduate fellowship) verir. Eğer şanslı çıkıp bunlardan birini alabilerseniz, bu destekler bütün doktora sürenizi karşılamış olur, ve böylece danışman hocanızın teşvik parası olup olmadığı önemli olmaz.

### Doktoradan Sonra Hayat

Hayatınızın 6 senesini planladığınız şu zamanda, şöyle bir durup, 'bitirdikten sonra' ne yapacağınızı düşünmeniz yararlı olur. Çoğu öğrenci doktora bittikten sonra, akademiya (ya üniversiteye ya sadece ders verilen bir ortama) geri dönüyor ve profesör oluyor, ya da araştırma laboratuvarına giriyorlar. Bazı öğrenciler doktorayı

aldıktan sonra bir daha hiç araştırma yapmıyorlar, böyle arkadaşlar için, bizce, doktora derecesi ve onun için harcanan süre, koca bir zaman kaybıdır.

Eğer bir araştırma üniversitesinde profesör olacaksanız, hayatınız şöyle geçecek.

- Ne istersen o konuda araştırma yap
- Doktora öğrencilere yardım et
- Ders ver
- Teşvik sermayesi için başvuru yap
- Başka araştırmacılar ile çalışmak ve konferanslar vermek için seyahat yap
- Bölümünüz için yardımcı bazı hizmetler yapmak (bu konuşmayı size vermek gibi)

Farkettiyseniz, 'hayatınız' dedim, 'işiniz' demedim. Çünkü yeni bir araştırmacı için, işiniz, hayatınız olacak. Benim için harika bir hayat bu, çünkü bütün bu eylemlerin hepsini yapmayı zaten ben çok seviyorum. Ve bu eylemlerin hepsinde de sıkı çalışıyorum, fakat aynı zamanda farketmeden de geçemiyorum ki, bu herkese göre bir iş değil.

Eğer sadece öğretim yapan bir üniversitede iseniz, işiniz şunlar olacak.

- Bir sürü ders ver
- Bölümün için hizmetler yap
- Arada sırada alt-lisans öğrencilere araştırmalar hakkında yardım et
- Arada biraz kendi araştırmanı yap

Eğer araştırma laboratuvarına katılırsanız, işiniz şunlar olacak.

- Araştırma yap (yarısı kendi istediğin konular üzerinde, yarısı şirketinizin istediği konular hakkında)
- Şirketteki öteki insanlar ile çalış
- Ötekiler ile çalışmak ve konuşma yapmak için biraz seyahat.

Doktora Derecesi Almalı mıyım?

Bu kararı alırken, akılda tutulacak konulardan bazıları:

- Doktora herkes için uygun değildir!
- Doktora derecesi, ortalama 6 sene gerektirir.

- Eğer araştırmayı ve öğretmeyi denediniz, ve bunlardan en az birini sevmiyor is-eniz, doktoraı hiç düşünmeyin! Not: Doktora programı çoğunlukla araştırma içerir, öğretmek değil, fakat eğer içinizde öğretme aşkı var ise, bu motivasyon doktoraı bitirmenize yardım edebilir, sonuçta öğretmen olabilmek için. Bunun birçok örneğini gördüm.
- Doktora, belli bir karakter yapısı gerektiriyor. Bir problemi çözmeye fanatik bir saplantı haline getiren biri olmanız lazım. Kesinlikle pes etmeyen bir kapasiteniz olmalı, ve ağır çalışmayı göze alabilen ve yapabilen biri olmalısınız. Probleminizi çözmek için ne gerekiyorsa yapmayı göze almak da lazım, mesela 5 tane matematik dersi almak, veri tabanı gibi tamamen yeni bir alan öğrenmek, bütün işletim sistem çekirdeğini baştan yazabilmek gibi
- Niye doktora istediğinizi bilmelisiniz. Bu amacınız hakkında vizyon ve fikir sahibi olmalısınız, ve kendinizi bu konular hakkında anlatabilmelisiniz.
- Normal olarak, 4 sene alt-lisansı bitirdikten sonra bazı öğrenciler hala tam karar vermemiş oluyor. Bu normal, ben de bu öğrencilerden biriydim. Böyle öğrenciler için en iyisi, bir araştırma ya da sanayii labaratuvarında bir kaç sene araştırma ortamında çalışıp, sonra kararı vermek. Eğer emin değilseniz, birkaç sene çalışmayı şiddetle tavsiye ederim. Üst lisansa, ne istediğinizi anlamadan katiyen başvurmayın.

Benim hikayem şöyle oldu: Matematik ve Bilgisayar hakkında alt-lisansı bitirmiştım. Bundan sonra, GTE şirketinin sanal zeka labaratuvarında çalışmaya başladım. İlk önce, maaş ve tek başıma kendimi destekleyebilmek bana çok güzel geldi. Araştırma yaptığım alanı da seviyordum; benzer-oluş tanıma ve kategorileştirme. Otomatik karşılıklı ilişki matrislerinin özvektörlerini kullanarak, bakış açısı bazlı değişimler ile uğraşıyordum. Fakat bir süre sonra farkettim ki, bu konuda daha fazla bilgi sahibi olmak istiyorum. Niye bazı algoritmaların iyi sonuç verdiğini, niye ötekilerin kötü sonuç verdiğini anlamak istiyordum. Kendi algoritmalarımı yaratmak istiyordum. Kendi sorularımı cevaplayacak yeterli matematik bilgim olmamasından endişe ediyorum, vs.. Yani sonuç olarak, konuya daha derin dalmak istiyordum. Şirkette beraber çalıştığım çoğu kişi, böyle şeyleri istediğim için benim bir 'garip' olduğumu düşünüyordu. 2 sene sonra istifa ettim, ve doktoraı başladım. Okuldaki ilk ay etrafıma bakıp gördüm ki, herkes aynen benim gibi bir garip! Bunu farkedince, doğru seçimi yaptığımı anladım.

Doktora Öğrencilerine Öğütler

(Carnegie Mellon üniversitesi profesörü Manuel Blum'un lisansüstü bilgisayar bilim öğrencilerine konuşmasından alınmıştır)

Üst lisansın dört eylemi: Okumak, Aritmetik, Araştırmak, Yazmak

Sunuş Sırası

- Okumak, Çalışmak, Düşünmek

- Doktoranın Başında
- Doktoranın Ortasında

Okumak

Kitaplar tomar değildir.

Tomarların, torah gibi baştan sona okunması gerekir.

Kitaplar, rasgele erişimlidir – tomarlara göre büyük ilerleme yani.

Kitapların bu özelliğinden istifade edin! Bir kitabı baştan sona okumakla kendinizi yükümlü hissetmeyin. Kitabın herhangi bir yerinden açıp okumaya başlamakta hiç bir sakınca yoktur.

Özellikle matematik ve fizik gibi ağır olan konuların kitaplarında, anlayabildiğiniz ne var ise oradan başlayın. Okuyabildiğiniz kadarını okuyun. Sayfa boşluklarına yazın (bunun ne kadar faydalı olabileceğini biliyorsunuz). Böylelikle, aynı kitaba geri döndüğünüzde, artık daha çok şey okuyabileceksiniz. Böyle yaparak, her seferinde azar azar mesafe katederek, muazzâm zor konuları bile öğrenmeniz mümkündür.

Okuduğunuzu bir yandan deftere yazmayı düşünün. Eğer çok zor bir konuyu okuyacaksanız, okuduklarınızı yazman yararlı olabilir.

MİT’de Bertram Konstant adında bir matematik profesörünü hatırlıyorum. Ne zaman odasında olsa, kapısı açık olurdu.

Yazardı.

Yazardı. Sürekli yazardı.

Araştırmasını mı yazıyordu? Belki.

Aklına gelen fikirleri mi yazıyordu? Belki.

Bence, okuyordu, ve okuduklarını aynen yazıyordu.

Şahsen benim için de okuduklarımı yazmak, zor bir konuyu öğrenmenin en kârlı ve zevkli yollarından biridir.

Çalışmak

Hepiniz bilgisayar bilimcisiniz.

Hepiniz Finite Automata’nın ne yapabileceğini biliyorsunuz. Hepiniz Turing makinasının ne yapabileceğini biliyorsunuz. Mesela Finite Automata toplama yapabilir, ama çarpma yapamaz.

Turing makinaları bütün hesaplanabilir fonksiyonları hesaplayabilir.

Turing makinaları Finite Automata’dan kat kat daha üstündür.

Fakat TM ile FA arasındaki yegane fark şudur: TM’sının elinde kağıt ve kalemi vardır, FA’nın ise yoktur.

Bir düşünün.

Bu, yazmanın gücünü gösteriyor.

Demek ki eğer yazmıyorsanız, Finite Automata seviyesine düşüyoruz demektir.

Ama yazarak, Turing makinasının gücüne erişebiliyoruz.

Düşünmek

Claude Shannon bana bir seferinde şunu anlatmıştı: Küçük yaştayken bir resimli bulmaca yapıyormuş ve bir yerde takılıp kalmış. O sırada abisi yanından geçerken şöyle demiş: "Sana şimdi bir ipucu verirdim, çözerdin ama..."

Abisi sadece bu kadar demiş.

Fakat bu dedikleri Claude'ın bilmeceyi çözmesi için yeterli olmuş.

Bu ipucu'nun en güzel tarafı nedir biliyormusunuz?

Kendinize bu ipucunu istediğiniz zaman verebilirsiniz.

Tavsiyem şudur: Çok çetin bir problemde takılıp kaldığınızda minik bir kuşun, ya da, kendinizin yaşlı hâlinin kendinize şöyle fısıldadığını düşünün:

"Sana şimdi bir ipucu verirdim, çözerdin ama..."

Bir keresinde Umesh Vazirani adındaki bir MIT öğrencisine, her dönem nasıl 6 lisans seviyesinde ders alabildiğini sordum.

Bana problemleri zor yoldan çözmeye vaktinin olmadığını, o yüzden hep bir kestirme bulduğunu söyledi.

Umesh anlamıştı ki, problemlerin çoğunlukla hem kısa hem de zekice bir çözüm yolu vardır.

Bazen de öyle olur ki, bir problemin üstünde uzun uzun düşünürsünüz, ve çözüm bulamazsınız. Ve bir bakarsınız aynı meseleyi bir başkası çözmüş. Dikkat edin, bu, yeni bir şey öğrenmek için büyük fırsattır.

Kaçırmayın.

Kendinize sorun: "Nasıl düşünmeliydim de bu çözümü 'ben' bulabilmeliydim".

Bunu yapmanın bana çok yararlı olduğunu gördüm.

Bazen de bir problem üzerinde uzun uzun düşünürsünüz, ve çözümü BULUR-SUNUZ!

Ondan sonra bir bakarsınız ki, bir başkası böyle bir çözümü sizden önce yayınlamış.

Bu durum sizin için ağır olabilir, ama bu da öğrenmek için iyi bir fırsattır.

Yayınlanan makaleyi okuyun.

Şaşkınlık ile göreceksiniz ki bu makale, sizin makalenize göre bazı açılardan çok



değişik. Bu 'öteki' makale aşağı yukarı:

- %50 ihtimalle sizin makalenizden tamamen değişik
- %25 ihtimalle aynı, ama sizinki kadar iyi değil
- %25 ihtimalle sizinkinden daha iyi

Bu demektir ki, %50'den fazla bir ihtimalle halâ yayın yapma şansınız var.

Ya öteki makalenin daha iyi olduğu %25 ihtimal sözkonusu ise?

İşte size öğrenmek için bir fırsat!

Kendinize sorun: "Nasıl düşünmeliydim de bu çözümü 'ben' bulabilmeliydim".

Genç bir mühendisen, şu "modern cebir" denen güçlü yöntemi öğrenmem gerektiğini işte böyle anlamıştım.

Elektrik mühendisliği lisans derecesinden, Matematik üst lisansa geçmemin sebebi bu idi. Tabii bu daha bilgisayar bilim denen şeyden çok önceydi.

Gene düşünmek üstüne..

'Paradoks, yani mantığa aykırı gözükebilen düşüncenin' ve 'çelişkinin' önemi üstüne..

Bir söylemin 'doğru' olduğunu matematiksel ispat etmişseniz, ve gene aynı söylemin bir de yanlış olduğunu ispat edebiliyorsanız, bir buluşa çok yaklaşmış olabilirsiniz.

Bir yerde bir şey yerine oturmamış demektir.

Çelişkinin gücünü hiç küçümsemeyin.

İnsanoğlu'nun en önemli bilgi kaynaklarından biridir.

Örneklerden biri, yalancının paradoksu olan: "Bu söylem yanlış" paradoksudur. Bu düşüncenin kümeler kuramındaki uygulamaları düşünün, dilbilimde getirdiği yenilikleri...

Sayılabılme ve sayılamama alanlarında paradoklar var.

Yazılımbilimde 'donma problemi' paradoksu var.

Fizikte bir çok paradokslu konu var.

Kuantum kuramında Einstein-Rosen-Podulsky paradoksu var.

İzafi olara hızlanan ikizler.

Maddenin dalgalı ve tanecik olabilme özelliği.

Burada benim şu anda üzerinde çalışmakta olduğum araştırmamdan bahsedeyim. Paradoks kullanıyorum. Özellikle biliğin paradoksu ile ilgileniyorum. Şu iki apayrı görüşü karşılaştırm.

1. Bu görüşe göre insanlar bir MEKANİZMAlar, oldukça fazla ama sonuçta sınırlı hafızaları var, robotumsu varlıklar. Aynen bilgisayarın programlandığı gibi programlanabiliyorlar. Ya da,
2. İnsanlar düşünce dolu, gözlemci yaratıklar ve tanrıvari bir hür iradeleri var. İnsanlar bilinçli varlıklar. Son derece çetrefilli ve yetenekli bir mekanizmanın kontrolü ellerinde, yaptıklarını, bilinçaltından çıkıveren/üste gelen düşüncelerin arasından seçiyorlar, ve uyguluyorlar.

Bana göre bu iki görüşte doğru. Ama bu nasıl olabilir?

Johnsun'un hayatı adlı kitabında James Boswell, Samuel Johnson'ın bir deyişini aktarır. "Hür iradeye bütün teoriler karşı gelir, ama bütün tecrübeler destekler". Johnson, Nevton gömüldüğü sırada 18 yaşındaydı.

Johnson biliyordu ki,  $F=ma$ 'nin gösterdiği, insanların mekanizma olduğu idi.

"Hür iradeye bütün teoriler karşı gelir, ama bütün tecrübeler destekler"

Benim dipnotum burada bitiyor.

Bir problemi nasıl çözeceğinize dair bir liste yapın. Benim en gözde yöntemim ufak başlamak. Kıyaslamak gerekirse, David Gries'inki kendini muhtemel bir çözümün içine koymak. Örnek olarak David'in ünlü kahve kutusu problemi. Bir kutu siyah ve beyaz kahve çekirdeği olduğunu düşünelim, ve şunları yapalım. İki çekirdek çıkartalım, eğer ikisi de aynı renk ise onların yerine bir beyaz çekirdek geri koyalım. Eğer çekilen iki çekirdek ayrı renkler ise, onların yerine siyah bir çekirdek geri koyalım. Böyle gidersek en son çekirdeğin rengi ne olur?

Beyin bir kastır. Kullandıkça güçlenir. Çok güçlü olsa bile, kullanılmazda zayıf düşer. Kasparov Deep Blue'ya karşı satranç maçını kaybetmeden aylar önce annesi Kasparov'a kızmıştı, satranç talimi yapmıyor diye. Annesi endişesinde haklı çıkmıştı.

Doktoranın Başında

IVIC adlı bir şirkette girdiğim harika bir işi hatırlıyorum. (IVIC=Instituto Venezolano de Investigaciones Cientificas). Svaetichin adlı bir nörofizikçi bana çözmem için bir güzel bir sorun verdi. Problemi ne yazık ki çözemedim. Problem, ışığı altın balığının gözündeki "tek bir hücrenin" üzerine odaklamanın yöntemini bulmak idi. Svaetichin, siyah teneke üzerinde ufacık bir delik açarak ışığı buradan süzmeyi denemişti, bu yaklaşım orta boy deliklerde işlemiş olsa bile, çok ufak deliklerde ışığın sapmasına yol açıyor, değişik ışık kalıpları ortaya çıkıyordu.

Svaetichin problemi çözemediğine göre, ben de çözmem diye karar verdim. Ya da, bu problemin fiziki olarak çözümsüz olduğunun düşündüm. Şimdiki aklım olsaydı, fizik kitaplarımın hepsini okumaya tekrar başlar, özellikle optik kitaplarımı hatim etmeye uğraşırdım, bir yandan etraftaki öteki araştırmacılar ile konuşur, Svaetichin'a danışırdım, vs. Svaetichin, eğer okuyuyor, düşünüyor, çalışıyor olsaydım, bana yardım ederdi.

Tez danışmanınızın size "kendisinin çözebileceği" bir problemi vermesini beklemeyin. Tabii bunu yapabilir de.

- Size sonucunu zaten bildiği bir problem verebilir
- Size çözümlenebileceğini düşündüğü, ama daha kendisinin çözmediği bir problem verebilir
- Size muzammam zor bir problem verebilir

Eğer size verilen problem yeterince zor ise, size tavsiyem olağan-dışı cevaplara bakmanız. Bu noktaya geri döneceğiz.

Tez danışmanı hocanız, size kendisinin çok rahat ve bilgili olduğu bir alanda problem verebilir. Böylece sorun çıktığında ona soru sorabilir, ve yön alabilirsiniz.

Ya da, size kendisinin az ya da hiç bir şey bilmediği bir alanda problem verebilir, böyle şartlarda sizin öğrendikleriniz ile onu bilgilendirmeniz, ve eğitmeniz gerekecek.

Normal olarak ikinci şık için, sizin her şeyi kendi başınıza öğrenmeniz gerekecek. Tabii kaynak olarak öteki arkadaşlarınız, makaleler, kitaplar, ve derslerden yararlanacaksınız.

Bu iki tür tez danışmanı da sizin için iyi olabilir. Şahsen, hangi türün ötekinden iyi olduğunu bilmiyorum. Tek bildiğim, hangi tür danışmanınızın olduğunu "baştan bilmenizdir".

Hangi konuyu araştırırsanız araştırın, konuyu severek araştırıyor olmalısınız. Öyle sevmelisiniz ki, başkaları çoktan o konuyu bıraktıktan sonra halâ onu araştırabiliyor, düşünüyor olabilmelisiniz.

Doktoranın Ortasında

ANATOLE FRANCE şöyle demiş: "Bir üniversite öğrencisi (özellikle doktora öğrencileri), herşey hakkında birşeyler, birşey hakkında da herşeyi bilmelidir".

Doktora öğrencileri hakkındaki espriyi bilirsiniz. Doktora öğrencisi gitgide daha az şey hakkında daha fazla şey öğrenir, sonunda hiçbirşey hakkında herşeyi biliyordur.

Doktora sırasında konuyu öyle daraltacaksınız ki, bu konu hakkında herşeyi bilebilirsiniz.

İlk başta bu, bir topluğnenin ucu ile uğraşıyorsunuz gibi gelebilir. Dünyanın ufacık bir kesitidir sanki sizinki, kristal tanesidir, güzeldir, ama daha büyük bir resim içinde mikroskopik kalır.

Bu ufacık dünyanızda usanmadan çalışın. Göreceksiniz ki, bu ufacık kesiti anlamaya başladığınızda, konunuz, kesitiniz dünyayı kaphıyor.

Zamanla, kendi kum taneciğiniz üzerinde dünyayı göreceksiniz.

Kum tanesi üzerinde dünyayı görmek

Ya da yabani ot üzerinde cenneti,

Sonsuzluğu elinde tutmaktır  
Ya da ebediyeti bir saatte.

WILLIAM BLAKE (1757-1827)

Çok değişik türden araştırma çeşitleri vardır.

Mesela, doğru bildiğinizi ispatlamak için araştırma yapabilirsiniz.

Doğru olanı araştırabilirsiniz. Böyle araştırmaların en iyi olanları, başta doğru bildiğiniz birşeyin yanlışlığını ispatlamayı başarırlar.

Mesela, Fred Hoyle "Büyük Patlama" terimini, tersini ispatlamaya uğraşırken bulmuştu.

Gene şahsımdan örnek vereyim.  $N$  tane tamsayının ortalamasını bulmaya uğraşan herhangi bir deterministik algoritmanın,  $N$  tam sayıyı sıraya dizmek için gerektiği kadar karşılaştırma işlemi yapması gerektiğini düşünüyordum, yani  $N \log N$ . Hayretle gördüm ki,  $N$  tamsayının orta değeri  $O(n)$  karşılaştırma ile bulunabiliyor!

Bir söylemin  $S$ 'in doğruluğunu ispata uğraşırken, hiç değilse biraz zamanı bu söylemin yanlışlığını ispat için ayırın. Söylem hakikaten doğru bile olsa, yanlışlığını ispata çalışmak yeni bir açıdan bakmanızı sağlayacak, ve size yeni fikirler verecektir.

Manuel Blum

Cahit Arf'in Tavsiyeleri

Unlu matematikcilerden Dr. Cahit Arf öğrenci olduğu zamanlarda, hatta bazen sonrasında bile, bir teoriyi öğrenmek ve incelemek istediği zaman kitapta onun ispatının olduğu bölümü kapatarak o teoriyi önce kendisinin ispatlamaya çalıştığını söyler. Bu caba başarısız olabilir, ama sonra cevaba, ispata baktığı zaman ondan daha çok şey öğrenebilecektir, çünkü problemi kendimiz çözmeye çalıştığımız zaman zihninde bir sürü soru oluşmuştur, ve çözüme bakıldığı zaman, ve bu soruların cevabı alınıncaya, daha derin bir şekilde öğrenmek mümkün olacaktır.