

KRONİK

Termodinamik ve Sosyal Sistemlerin Yakın Çevre İlişkilerindeki İlginç Benzeşim, Değişim ve Bir Sonuç-Bir Ümit

Prof. Dr. Ünal Çamdalı

Mühendislik ve fen bilimlerinde önemli bir yere sahip olan *Termodinamik*, bir enerji bilimidir. Bu bilim mikro organizmalardan, ev aletlerine; ulaşım araçlarından, güç üretim sistemlerine hatta felsefeye kadar çok geniş bir uygulama alanına sahiptir (Çengel ve Boles, 2008: xvii). Yasaları evrenin en temel yasalarındandır yani *evrenseldir*. Bu yasalar mühendislik ve diğer pek çok sistemlerinin kurulması, işletilmesi ve analizi açısından olduğu kadar evrenin düzeninin anlaşılması açısından da önem ifade ederler. Hatta bazı evren bilimciler evrenin tüm düzenini termodinamiğin yasalarına göre açıklamaya çalışırlar. Bununla birlikte termodinamiğin yasaları evrenin var oluşu ile ilgili (Cankoçak, 2009: 147) ipuçları da verir.

Bu yasalar bilindiği üzere termodinamiğin sıfıncı, birinci, ikinci ve üçüncü yasalarıdır. Bu yasalardan sıfıncı yasa, iki farklı sistemin üçüncü bir sistemle ayrı ayrı ısı dengede olmaları halinde kendi aralarında da ısı dengenin var olması gerektiği ilkesinden hareket ederek, sıcaklık ölçümünün prensibini ortaya koyar. Dolayısıyla sıcaklık ölçüm tekniklerinin gerçekliliği bu prensibe dayanmaktadır. Üçüncü yasa, kimyasal bakımdan homojen ve mükemmel kristal halde bulunan maddelerin mutlak sıfır sıcaklığa (0 K) doğru yaklaştıkça entropilerinin de sıfıra yaklaşacağını; bir başka deyişle bu sıcaklıkta söz konusu maddelerde düzensizliğin ve hareketin mevcut olamayacağını belirtir. Termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları da enerji ile ilgili yasalardır. Enerjinin korunumu yasası olarak da bilinen birinci yasa ve entropi yasası olarak da bilinen ikinci yasa; enerji dönüşümünün prensiplerini açıklamakla birlikte; evrenin işleyiş mekanizmasının anlaşılmasına da çok önemli katkı sağlarlar.

Termodinamiğin yasaları evrendeki mikro kozmostan makro kozmosa kadar bütün sistemleri etkilemektedir. Evrendeki hiçbir şey bu yasaların etkisi dışında kalmaz. Einstein'ın, klasik termodinamiğin önerilerinin yalın olmasına karşın ilişkili olduğu alanların çok geniş olmasının üzerinde derin bir etki yapmasına neden olduğunu belirtmesi (Rifkin ve Howard, 1992: 53) bu gerçeğin bir başka ifadesidir. Eddington'ın da, termodinamiğin ikinci yasasının tüm evrensel yasalar içerisinde en fazla öneme sahip olduğunu ve evren ilgili bir teoremin, Maxwell'in formülleriyle veya daha önceden yapılmış bazı gözlemlerle uyumsuz olması durumunda bile doğru olma ihtimalinin bulunabileceğini; fakat termodinamiğin ikinci yasası ile çelişkili olması durumunda ise böyle bir ihtimalin olamayacağını (Eddington, 1929: 74) vurgulaması bu yasanın evrende ne kadar etkili olduğunun tespiti açısından dikkate değerdir.

Enerjinin korunumu yasası tıpkı maddenin korunumu yasası gibi yaygın olarak bilinen bir yasadır. Bu yasaya göre enerji yoktan var edilemez, varsa da yok edilemez. Enerji sadece form değiştirir. Örneğin termik santrallerde kömür, doğal gaz ve benzeri fosil yakıtların kimyasal enerjisinden elektrik enerjisi elde edilirken daha önce kimyasal formda bulunan enerji, form değiştirerek önce ısı, sonra mekanik ve son olarak da elektrik enerjisine dönüştürülür. Termodinamiğin birinci yasasına göre bu dönüşüm sonucunda, toplam enerji miktarı değişmeyerek sabit kalır. Ancak termodinamiğin ikinci yasasına (*entropi* yasası) göre ise her dönüşümün sonucunda tersinmezliklere bağlı olarak yoktan bir miktar düzensizlik, kaos veya termodinamikteki ismi ile entropi üretilir. Bu durum ise enerjinin kalite değerini azaltarak tek yönlü bir değişime neden olur. Enerjinin toplam miktarı sabit kalsa da kalitesi yani faydalı kısmı termodinamikteki ismi ile de *ekserjisi* sabit kalmaz. Her dönüşümün sonucunda enerjinin bir kısmı faydalı formdan faydasız forma veya termodinamikteki ismiyle *ekserjiden* (faydalı kısım) *anerjiye* (faydasız kısım) dönüşür. Bir başka ifadeyle de başlangıçtaki fosil yakıtın kimyasal enerjisi bu dönüşümün sonunda %100 olarak diğer enerji türlerine (ısı, elektrik v.d.) dönüşse de ekserjisi %100 olarak dönüşmez. Termodinamikçiler bu durumu *ekserjinin yıkımı* olarak tanımlarlar ki bu, termodinamiğin ikinci yasasının diğer bir yorumudur (Büyüktür, 1986: 91, 145-170; Çengel ve Boles, 2008: 52-63, 424-470). Enerji yok olmazsa da bu yasaya göre, ekserji *yok olur*.

Çevresi ile birlikte değerlendirildiğinde evrendeki tüm süreçler entropi üretimi ile sonuçlanır. Bu da madde ve enerjiiyi *adeta* hasara uğratarak kalitesini azaltır. Fakat yaşamın sürdürülebilir olması için bu süreçlere ihtiyaç vardır. Yaşam bu süreçler üzerinden sürdürülür. *Yaşamın kendisi adeta entropi üretmektedir* denilebilir. Yaşam sürekli olarak evrenin entropisinin artmasına neden olsa da bu durum kaçınılmazdır. Evrende entropinin azalması ile sonuçlanacak bir sürecin gerçekleşmesi mümkün değildir. Kısaca evrendeki her

süreç entropi diğer bir tanımla düzensizlik veya kaos üreterek niteliği azaltan bir *değişime* neden olmaktadır. Romalı Horace *zaman dünyanın değerini düşürür* (Rifkin ve Howard, 1992: 16) derken benzer şeyi ifade etmiştir.

Termodinamik yasalar kullanılarak farklı sistemlerin enerji ve ekserji analizlerini gerçekleştirmek mümkündür (Çamdalı ve Tunç, 2008: 118; Ediger ve Çamdalı 2007: 1238-1239; Çamdalı v.d.,2004: 3017). Özellikle termodinamiğin ikinci yasası esas alınarak yapılan ekserji analizlerinde sistem ve çevresi *birlikte* göz önünde bulundurulur. Sistem bu anlamda çevresinden bağımsız olamaz. Klasik termodinamik bakış açısıyla yapılan analizlerde, çevre hep sabit kabul edilerek sistem incelenir. Ancak çevredeki değişimlerin sistem üzerindeki etkisinin analizini de yapmak gerekebilir. Örneğin sadece çevre değişiminin, sabit sistem üzerindeki etkisinin belirlenmesi şeklindeki bir analizin sonucu oldukça ilginçtir. Bu sonuca göre, sistemin ekserji değeri çevrenin *değişimine* bağlı olarak değişecektir (Göğüş v.d., 2002: 625-635). Bunun anlamı, sistem kendi içerisinde sabit kalsa bile çevreye göre sabit kalamayarak değişime uğrayacaktır. Bu noktada çevre sistem için çok önemli bir referanstır. Ayrıca bu durum sistem açısından da kaçınılmazdır.

Gerçek dünyada tüm sistemler değişken bir çevre içerisinde yer alır. Örneğin sabahki çevrenin sıcaklık, basınç, nem gibi termo-fiziksel özellikleri ile akşamki özellikleri aynı değildir. Çevrenin özellikleri değişmiştir. Kaldı ki bu değişim her an gerçekleşir. Çevrenin hiçbir özelliği değişmese bile *zaman* değişmiştir. Artık sabahki çevre akşamki çevre değildir. Her sabah okula arkadaşıyla giden bir öğrencinin bir sabah arkadaşına *o gün okullarının nerede olduğu* ile ilgili bir sorusu anlamsız gibi görünse de bu soru modern fizik bakışı açısından çok anlamlıdır. Zira zamanın değişimi, çevreyi en azından uzaydaki konumu itibari ile değiştirmiştir. Türkçedeki *her şey değişir* deyimini bu gerçeği yansıtması açısından oldukça manidardır. Sabitlik bu anlamda sadece bir düşünce veya bir arzudur.

Bu tür fiziksel olaylar aslında çok bilinen ancak üzerinde az düşünülen fiziksel dünyanın termodinamik ve fizik bilimi bakış açılarına dayalı gerçekleridir. Çok sıradanmış gibi gelir çoğumuza. Zaten çok bilinen ve pek çok kimseye de sıradanmış gibi görünen fiziksel gerçeklerin pek çoğunun durumu bu şekildedir. Tıpkı şelalelerin kendiliğinden hep yüksekten aşağıya doğru akması, kendiliğinden aşağıdan yukarıya doğru akamaması gibi. Ancak bu tür gerçekler yaşamı çok derinden etkilemesi açısından içlerinde çok derin anlamlar da barındırırlar.

Termodinamik yasaların ekonomi dünyasındaki yansımaları da (Cansen, 2005) ilginçtir. Madde ve enerjinin korunumu yasaının ekonomi bilimindeki benzeşimi (analojisi), *fiziksel paranın korunumu* yasasıdır. Bir varlığa (emtiaya) bağlı fiziksel para da madde ve enerji gibi yoktan var edilemez ve

varsa da yok edilemez. (Al-Shibli, 2011: 76). Ayrıca ekonomik anlamdaki kıtlığın fiziksel sebebi de entropi yasasıdır (Rifkin ve Howard, 1992: 141). Zira ekonomik alanda değer oluşturan madde ve enerji gibi fiziksel kaynaklar entropi yasasına tabidir. Bu yasaya göre her dönüşüm, kaynakların kullanılabilirliğini azaltarak onların ekonomik anlamda sonlu olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla madde ve enerjinin termodinamik yasalara tabi olmasından ötürü ekonomik faaliyetler de zorunlu olarak bu yasalardan etkilenmektedir.

Termodinamik terminoloji kullanılarak ekonomik kavramları tanımlamak da mümkündür. Enflasyon, *ekserjinin yok oluşunun maliyeti* olarak (Gündüz, 2006: 349) tanımlanabilir. Bu nedenle bir ekonomik sistemde entropi artışı ne kadar fazla olursa ekserjinin yok oluşu ve buna paralel olarak enflasyon artışı da o kadar fazla olur. Son zamanlarda ekonomistler entropi kavramına bağlı olarak ekonomik olayları modelleyerek farklı bir bakış açısı geliştirmektedirler. Ekonomi entropisi kavramı (Rawlings v.d., 2004a: 646) bu bağlamda geliştirilmiş bir kavramdır. Bu kavram makroekonomik değişkenlere bağlı olarak (Jaynes, 1991) tanımlanmıştır. Literatürde entropiye dayalı bakış açısını esas alan pek çok ekonomik analizlerin yapılmış olduğu çalışmalar mevcuttur (Gao v.d., 2011; Rawlings v.d., 2004b: 249-255; Huang ve Shen, 2008: 10196-10199).

Klasik ekonomi teorilerinin özellikle termodinamiğin ikinci yasasına göre yeniden yorumlanması, kaynakların daha verimli kullanılmasının hayati önem taşıdığı günümüz koşulları ve gelecek açısından oldukça önemlidir. Bunun için ekonomik değer üretmede kullanılan madde ve enerji dönüşümlerinin termodinamiğin ikinci yasasına göre çevrede daha büyük bir düzensizlik yarattığı gerçeğinin ekonomistler tarafından da göz önünde bulundurularak (Rifkin ve Howard, 1992: 140) söz konusu teorilerde yapacakları düzeltmeler ve bunların yaşamdaki yansımaları daha yaşanılabilir bir yaşamın gerçekleştirilmesi hedefine ciddi hizmet edecektir. Bununla birlikte, iktisadi kurumların, madde ve enerjinin yok edilemeyerek sadece dönüştürülebileceği ilkesini ortaya koyan termodinamiğin birinci yasasını esas alarak geliştirdikleri yapılanmalarını; her dönüşümün bir bedelinin olduğu ve bunun da kullanılabilirliği (ekserjiyi) azalttığı ve entropiyi artırdığı prensibini ortaya koyan termodinamiğin ikinci yasasını esas alarak yeniden oluşturmaları; söz konusu hedefe ulaşılmasında çok önemli bir aşama olacaktır. Bu noktada sürekli ve sınırsız ilerleme paradigmasının (Rifkin ve Howard, 1992: 140) yerini, özellikle termodinamiğin ikinci yasası esas alınarak geliştirilecek yeni düşünce ve bakış açılarının alması konusunda yapılan çalışmalara ekonomistlerin katkıları da anlamlı olacaktır. Ayrıca şunu da belirtmek gerekir ki termodinamik ve sosyal sistemlerin yakın çevre ilişkilerindeki benzeşiminin termodinamiksel bakış açısına göre tespit edilmesi ile ilgili bu çalışmanın

gerçekleştirilmesinde bir *ekonomistin* düşüncesinin de etkili olması mühendislik alanında uzman olan yazar açısından anlamlıdır.

Sosyal dünyanın gerçekleri de bu noktada fiziksel dünyadan pek farklı değildir. Sosyal sistemler de termodinamik yasalardan etkilenmektedir. Termodinamik yasalar fiziksel dünyayı yönetirken (Rifkin ve Howard, 1992: 14) sosyal dünyayı da tıpkı ekonomi dünyası gibi *etkilemektedir*. Sosyal bilimciler tarafından bu sonuç, sosyal kurumların gelişimi entropi sürecine bağlıdır (Gündüz, 2006: 349) ilkesi ve Baily'in Sosyal Entropi Teorisi (Mitar, 2010: 942-943) geliştirilerek *ortaya konmuştur*. Sosyal dünyadaki her birey veya toplum tek başına tıpkı fiziksel sistem gibi bir sistem, bir başka birey ya da toplum için de fiziksel çevre gibi bir çevredir. Bu oluşumlarda *sevgiye* dayalı duygular ile *ekonomik* beklentilerin önemli bir yerinin olduğu da *muhakkaktır*. Ünlü düşünür F. Schiller'in bu alandaki çarkların döndürülmesini yani sosyal yaşamın sürdürülebilir koşullarının oluşturulmasını aşk ve açlık dürtülerine dayandırması da kuşkusuz bu *realitenin* bir başka ifadesidir. Ne var ki termodinamik yasalara göre fiziksel dünyada olduğu gibi sosyal dünyada da değişim kaçınılmazdır. Ancak sosyal dünyadaki olumsuz çevre değişimlerinin sistem (birey veya toplum) üzerindeki etkisi, fiziksel dünyadaki değişim sonucu üretilen entropiye benzeyen olumsuz ve karmaşık duygular ile bunların sosyal yaşamdaki olumsuz ve karmaşık yansımalarıdır. Zaten sosyal bilimciler de entropi kavramına sosyal alanda karmaşa üretimi, organizasyonsuzluk (Mavrofides v.d., 2011: 353-357) ve bilgi eksikliği (Alpan ve Efil, 2011: 53) gibi *anlamlar* yüklenebileceğini belirtmektedirler. Entropi üretiminin fiziksel sistemlerde meydana getirdiği *tahribata* benzer olarak sosyal dünyadaki olumsuz değişimler de bireylerin duygu dünyalarında istenmeyen *tersinmez* dönüşümler diğer bir ifadeyle kalıcı izler bırakabilecektir. Yukarıda da belirtildiği gibi sosyal sistemler bu noktada fiziksel sistemlere benzemektedir. Sosyal sistemlerde de arzu edilmeyen değişimler sonucunda tıpkı fiziksel sistemlerde üretilen entropiye benzer hatta onun bu sistemlerdeki karşılığı olabilecek olan *keder* ve *hüzün* gibi istenmeyen ve karmaşık duygular üretilmektedir.

Sosyal dünyadaki değişimler, gerek sistemden gerekse de çevreden kaynaklanan tüm arzu edilmeyen ve olumsuz değişimlerdir. Burada sistem değişiminden bireysel veya bireylerden oluşan toplumsal değişimler; çevresel değişimlerden ise sosyal çevreyi oluşturan tüm sosyal, biyolojik, fiziksel v.d. varlıklardan kaynaklanan olumsuz değişimler kastedilmektedir. Bu değişim sonucunda da sosyal sistemleri oluşturan bireylerin duygu dünyasında ortaya çıkan bu olumsuz gelişme, söz konusu bireylerin fizyolojik dünyasını da etkileyerek entropi üretimine neden olmaktadır. Entropi üretimi de pek çok fizyolojik hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu bakımdan bazı hastalıkların sebebinin psikolojik nedenlerden kaynaklandığının tespiti,

termodinamiksel bakış açısından da anlaşılabilir bir durumdur. Dolayısıyla fiziksel sistemlerdeki süreçlerin meydana getirdiği değişimler, bu sistemlerde entropi gibi yeni bir *fiziksel* boyutun var olmasına neden olurken buna karşılık sosyal sistemlerde arzu edilmeyen olumsuz değişimler, sistemi oluşturan bireylerde keder ve hüznün gibi *duygusal* bir boyutun var olmasına neden olmaktadır. Bu *benzeşim* ise *ilginçtir*. Carrel'in ifadesiyle termodinamik kadar önemli olan bu duyguların (Carrel, 2003: 196) termodinamiksel bakış açısına göre analizlerinin de yapılması gerekmektedir. Zira burada üretilen bu tür olumsuz duygular da tıpkı entropi gibi sonradan üretilerek karmaşık bir yapı içermektedir. Bununla birlikte bu duygu boyutunun entropi bazında analizi konusunda tıp, psikoloji ve diğer sosyal bilimlerin bilgi birikimlerine ihtiyaç olduğu da bir gerçektir. Ancak şurası da bir gerçek ki değişim sosyal dünyanın her üç *ekseninde* (çevre-sistem-duygu) ve her an meydana gelmektedir. Literatürde sınırlı olsa bu ve benzer konularda çalışmalar mevcut olmakla birlikte (Lee v.d., 2008: 45-54; Belavkin, 2004; Nizami, 2009: 1853-1858; Maniatis, 2008: 40-44), bunların sayılarının henüz yeterli olmadığı düşünülmektedir.

Gelecekte de bütün fiziksel, kimyasal, biyolojik, sosyal ve sosyoekonomik sistemler ve onların çevreleri yani tüm evren *değişecektir*. Çünkü bu değişim evrenin değişmez yasasıdır. Değişmeyen sadece bu yasa kalacaktır. Bu yasa, entropi yasasının farklı bir tanımından başka bir şey değildir. Kimi fizikçiler ve evrenbilimciler için bu yasa, evrenin en korkunç ve en acımasız yasasıdır. Clausius bu yasaya dayanarak evrendeki ölen şeylerin doğan şeylerden daha fazla olduğunu ve ölümün her zaman yaşama galip geleceğini (Guillen, 2001: 175) ifade eder. Zira bu yasanın özünde, her şeyin sonlu olduğu hatta kendi sonunu hazırladığı düşüncesi de hâkimdir. Bu bakış açısına göre tarihsel akış, düzenden düzensizliğe; yaşamdan ölüme doğru (Gündüz, 2006: 347, 349) bir değişim sürecinden geçerek ilerlemektedir. Bu acı gerçek evrenin ve içerisindeki insanların *sanki* kaderidir. Bu bağlamda sosyal yaşamdaki, evrensel yasalar ile uyumlu olan ve daha düşük entropi üreten, örneğin değişime uyum sağlama, doğal beslenme, doğal koşullara uygun ve düzenli imarlaşma gibi pek çok eylemler, bireylerin ve bunun sonucunda da toplumların yaşam süreçlerinde en azından daha huzurlu, daha mutlu ve daha sağlıklı bir yaşamı sürdürebilmeleri açısından önemlidir. Kaldı ki bu uyum daha alt yasalar için bile geçerlidir. Aksi takdirde, her şey *sabit* kalacakmış hiçbir şey değişmeyecekmiş gibi temel evrensel yasaya aykırı olarak geliştirilen davranışlar örneğin bu kabule göre verilen gerek *bireysel* gerekse de toplumsal *kararlar* ve bunun sonucunda oluşturulan *sosyal yapılar*, belli bir süre sonra termodinamiğin ikinci yasasına göre bireylere ve toplumlara yüksek entropili bir başka ifadeyle *daha kederli ve daha hüznü* bir yaşam olarak yansıyabilecektir.

Evrendeki tüm sistemler termodinamik yasalardan etkilenecek bir değişim sürecinden geçmektedir. Bunun sonucunda da entropi üretimi kaçınılmaz olarak ortaya çıkmaktadır. Ne var ki entropi üretimini durdurmak mümkün değildir *ancak* azaltmak mümkündür. Bu anlamda sosyal yaşamda da termodinamik ve diğer evrensel yasalar göz önünde bulundurularak geliştirilen yaşam tarzları, yaşamın evrene uyumu açısından gerek bireyler ve gerekse de toplumlar açısından büyük önem taşımaktadırlar. Zira bu süreçte geliştirilen yaşam tarzlarının evrensel yasalara olan uyumu arttıkça, bu uyuma paralel olarak entropinin artışı da daha az gerçekleşecektir. Aksi takdirde uyumsuzluk, entropinin çok daha fazla artması anlamına gelecek ki bu da bireylerin veya toplumların duygu dünyalarında yukarıda da belirtildiği gibi keder, hüznün, hayal kırıklığı hatta *son pişmanlıklar* gibi duyguların gelişmesine ve fizyolojik dünyalarında da pek çok olumsuz sonuçların doğmasına neden olabilecektir. Hâlbuki bu istenen bir şey değildir. İstenen şey, *elemden kaçıp hazza koşmaktır*.

Bireyleri ve sosyal yaşamı gözlemleyerek yaşama dair bazı tespitler yapan Nobel Tıp Ödülü sahibi A. Carrel'in, evrensel yasaları dikkate almadan geliştirilen davranışların ve bunlara dayalı yaşam biçimlerinin bir *kabahat* olduğunu belirtmesi (Carrel, 2003: 192) burada ortaya konmaya çalışılan *sonucun* veciz bir ifadesidir. Ayrıca termodinamik bilimine hizmeti tartışılmaz olan kuramsal fizikçi L. Boltzmann'ın; güzellik sorunlarının terzilere ve ayakkabıcılara bırakılması gerektiğini (Einstein, 2012: 9) savunan görüşünün aksine, herhangi bir eylemde eylemin esası kadar şeklinin de güzel olması gerektiği varsayımı gözetilerek gerçekleştirilen ve yazarın bu alandaki ilk denemesi olan bu çalışmanın; evrensel yasalara aykırı olarak geliştirilen yaşam ve ümit anlayışlarının yerine, evrensel yasalara uyumlu olarak geliştirilen yaşam ve ümit anlayışlarının egemen olması ile ilgili çabalara, küçük de olsa bir katkı yapması; yazarın bu konudaki *ümidinin* gerçekleşmesi noktasında büyük bir anlam ifade edecektir.

Kaynakça

- Alpan, Göksel ve İsmail Efil (2011), "Bir Yönetim Modeli Önerisi: Toplam Entropi Yönetimi", *Business and Economics Research Journal*, 2(1): 53-87.
- Al-Shibli, Murad (2011), "The Fundamental Principle of Conservation of Physical Money: Its Violation and the Global Financial System Collapse", *iBusiness*, 3: 76-87.
- Belavkin, Roman V. (2004), "On Relation between Emotion and Entropy", <http://www.eis.mdx.ac.uk/staffpages/rvb/publications/rvb-aisb04.pdf>.

- Büyüktür, Ahmet Rasim (1982), *Termodinamik Cilt 1*, (Bursa:Uludağ Üniversitesi Basımevi).
- Çankoçak, Kerem (2009), "Evrenin Evrimi Kuarkların Kendiliğinden Macerasında Simetri ve Simetri Kırınımı", *Cogito Yapı Kredi Yayınları-Üç Aylık Düşünce Dergisi*, 60-61: 139-154.
- Cansen, Ege (2005), "İktisadın Termodinamik Sınırları", <http://webarsiv.hurriyet.com.tr/2005/06/25/663404.asp> (25.06.2005).
- Carrel, Alexis (2003), *İnsan Denen Meçhul*, (İstanbul: Hayat Yayınları) (Çev.: Ömer Durmaz).
- Çamdalı, Ünal ve Murat Tunç (2008), "Energy and Exergy Efficiencies for Society", *Journal of the Energy Institute*, 81(2): 118-122.
- Çamdalı, Ünal, Ali Erişen ve Füsün Çelen (2004), "Energy and Exergy Analyses in a Rotary Burner with Pre-Calcinations in Cement Production", *Energy Conversion and Management*, 45(18-19): 3017-3031.
- Çengel, Yunus A. ve Michael A. Boles (2008), *Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla* (İzmir: Güven Bilimsel) (Çev.: Çeviri Editörü Ali Pınarbaşı).
- Eddington, Arthur S. (1929), *The Nature of The Physical World*, (New York: Macmillan Company), <http://archive.org/stream/natureofphysical00edd#page/n5/mode/2up>.
- Ediger, Volkan ve Ünal Çamdalı (2007), "Energy and Exergy Efficiencies in Turkish Transportation Sector, 1988-2004", *Energy Policy*, 35(2): 1238-1244.
- Einstein, Albert (2012), "*İzafiyet Teorisi*", (İstanbul: Say Yayınları) (Çev.: Gülen Aktaş).
- Gao, Jianbo, Jing Hu, Xiang Mao, Mi Zhou, Brian Gurbaxani ve Johnny Lin (2011), "Entropies of Negative Incomes, Pareto-Distributed Loss, and Financial Crises", *Plos One*,K(10), <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0025053> (October 3, 2011).
- Göğüş, Yalçın, Ünal Çamdalı ve M. Şerif Kavsaoğlu (2002), "Exergy Balance of A General System with Variation of Environmental Conditions and Some Applications", *Energy*, 27: 625-646.
- Guillen, Michael (2001), *Dünyayı Değiştiren Beş Denklem*, (Ankara:TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları)(Çev.: Gürsel Tanrıöver).
- Gündüz, Mustafa (2006), "Sosyal Yaşam ve Entropi Yasası: Dünyanın Sonuna mı Yaklaştık?", *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1):345-355, <http://e-dergi.atauni.edu.tr/index.php/IIBD/article/viewFile/3685/3514>.
- Huang, Weimin ve Leping Shen (2008), "Analysis of the Factors Influencing the Development of Regional Economy Based on Research into Rough Set and Entropy Theory", *2008 4TH International Conference On Wireless Communications, Networking And Mobile Computing*,1-31, *Book Series:International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 10196-10199.

- Jaynes, E.T. (1991), "How Should We Use Entropy in Economics?" <http://bayes.wustl.edu/etj/articles/entropy.in.economics.pdf> (2.1.1991).
- Lee, Woo-Seok, Yong-Wan Roh, Dong-Ju Kim, Jung-Hyun Kim, Kwang-Seok Hong (2008) *Speech Emotion Recognition Using Spectral Entropy, Intelligent Robotics And Applications, Proceedings Book Series: Lecture Notes in Artificial Intelligence Part II*, 531: 45-54.
- Maniatis, Georges, Eustathios Reppas and Vassilis Gekas (2008), "In-depth Analogies among Entropy, Information and Sensation. The concept of Time in Thermodynamics", *New Aspects Of Engineering Mechanics, Structures, Engineering Geology, Book Series: Mathematics and Computers in Science and Engineering*, 40-44.
- Mavrofides, Thomas, Achilleas Kameas, Dimitris Papageorgiu ve Antonios Los (2011), "On the Entropy of Social Systems: A Revision of the Concepts of Entropy and Energy in the Social Centext", *Systems Research and Behavioral Science*, 28: 353-368.
- Mitar, Miran (2010), "Baily's Social Entropy Theory as an Explicit Theoretical Approach for an Empirical Assessment of Security of Contemporary Societies", *Qual Quant*, 44: 941-955.
- Nizami, Lance (2009), "A Computational Test of the Information-Theory Based Entropy Theory of Perception: Does It Actually Generate the Stevens and Weber-Fechner Laws of Sensation?", *World Congress on Engineering, Vols I and II Book Series: Lecture Notes in Engineering and Computer Science, 1853-1858*.
- Rawlings, Philip K., David Reguera ve Howard Reiss (2004a), "Entropic basis of the Pareto Law", *Physica A*, 343: 643–652.
- Rawlings, Philip K., David Reguera ve Howard Reis (2004b), "Entropy in the Economy", *2nd Nikkei Econophysics Symposium on Application of Econophysics, Application of Econophysics, Proceedings*, 249-255.
- Rifkin, Jeremy ve Ted Howard, (1992), *Entropi Dünyaya Yeni Bir Bakış* (İstanbul: Ağaç Yayıncılık) (Çev.: Hakan Okay).