

Eğitim Teknolojisi

kuram ve uygulama

Yaz 2016

Cilt 6

Sayı 2

Summer 2016

Volume 6

Issue 2

Educational Technology

theory and practice

ISSN: 2147-1908

Cilt 6, Sayı 2, Yaz 2016
Volume 6, Number 2, Summer 2016

Genel Yayın Editörü / Editor-in-Chief: **Dr. Halil İbrahim YALIN**
Yardımcı Editör / Co-Editor: **Dr. Tolga GÜYER**

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Publisher Editor: **Dr. Sami ŞAHİN**
Redaksiyon / Redaction: **Dr. Tolga GÜYER**
Dizgi / Typographic: **Dr. Tolga GÜYER**
Sayfa Tasarımı / Page Design: **Dr. Tolga GÜYER**
Kapak Tasarımı / Cover Design: **Dr. Bilal ATASOY**
İletişim / Contact Person: **Dr. Aslıhan KOCAMAN KAROĞLU**

Taranmaktadır / Indexed in: **ULAKBİM Sosyal ve Beşeri Bilimler Veritabanı, Türk Eğitim İndeksi, ASOS Sosyal Bilimler İndeksi**

Editör Kurulu / Editorial Board*

Dr. Abdullah Kuzu
Dr. Akif Ergin
Dr. Ana Paula Correia
Dr. Aytekin İşman
Dr. Buket Akkoyunlu
Dr. Cem Çuhadar
Dr. Deniz Deryakulu
Dr. Deepak Subramony

Dr. Eralp H. Altun
Dr. Feza Orhan
Dr. H. Ferhan Odabaşı
Dr. Hafize Keser
Dr. Halil İbrahim Yalın
Dr. Hyo-Jeong So
Dr. İbrahim Gökdaş
Dr. Kyong Jee(Kj) Kim

Dr. M. Oğuz Kutlu
Dr. M. Yaşar Özden
Dr. Mehmet Gürol
Dr. Michael Evans
Dr. Michael Thomas
Dr. Özcan Erkan Akgün
Dr. Özgen Korkmaz
Dr. S. Sadi Seferoğlu

Dr. Sandie Waters
Dr. Scott Warren
Dr. Servet Bayram
Dr. Şirin Karadeniz
Dr. Tolga Güyer
Dr. Trena Paulus
Dr. Yasemin Gülbahar Güven
Dr. Yavuz Akpınar
Dr. Yun-Jo An

* Liste isme göre alfabetik olarak oluşturulmuştur. / List is created in alphabetical order

Hakem Kurulu / Reviewers*

Dr. Adile Aşkın Kurt
Dr. Agah Tuğrul Korucu
Dr. Arif Altun
Dr. Aslıhan Kocaman Karoğlu
Dr. Ayça Çebi
Dr. Ayfer Alper
Dr. Aynur Kolburan Geçer
Dr. Ayşegül Bakar Çörez
Dr. Aytekin İşman
Dr. Bahar Baran
Dr. Berrin Doğusoy
Dr. Bilal Atasoy
Dr. Deniz Atal Köysüren
Dr. Ebru Kılıç Çakmak
Dr. Ebru Solmaz
Dr. Emin İbili
Dr. Emine Şendurur
Dr. Erinç Karataş
Dr. Erhan Güneş
Dr. Erkan Çalışkan
Dr. Erkan Tekinarslan
Dr. Ertuğrul Usta
Dr. Fatma Keskinlik

Dr. Fezile Özdamlı
Dr. Fikret Gelibolu
Dr. Filiz Kalelioğlu
Dr. Gizem Karaoğlan
Dr. Gökçe Becit İşçitürk
Dr. Gökhan Dağhan
Dr. Gülfidan Can
Dr. Halil Ersoy
Dr. Halil İbrahim Yalın
Dr. Halil Yurdugül
Dr. Hasan Çakır
Dr. Hasan Karal
Dr. Hatice Durak
Dr. Hüseyin Bicen
Dr. Hüseyin Özçınar
Dr. Işıl Kabakçı Yurdakul
Dr. İbrahim Gökdaş
Dr. İlknur Resioğlu
Dr. Kevser Hava
Dr. Mehmet Akif Ocak
Dr. Mehmet Barış Horzum
Dr. Mehmet Kokoç
Dr. Melih Engin

Dr. Meltem Kurtoğlu
Dr. Muharrem Aktümen
Dr. Mukaddes Erdem
Dr. Mustafa Serkan Günbatır
Dr. Mutlu Tahsin Üstündağ
Dr. Nadire Çavuş
Dr. Necmettin Teker
Dr. Necmi Eşgi
Dr. Nezhil Önal
Dr. Nuray Gedik
Dr. Nurettin Şimşek
Dr. Onur Dönmez
Dr. Ömer Faruk Ursavaş
Dr. Ömür Akdemir
Dr. Özcan Erkan Akgün
Dr. Özden Şahin İzmirli
Dr. Özgen Korkmaz
Dr. Özlem Çakır
Dr. Ramazan Yılmaz
Dr. Recep Çakır
Dr. Sami Şahin
Dr. Selay Arkün Kocadere
Dr. Selçuk Özdemir

Dr. Serap Yetik
Dr. Serdar Çiftçi
Dr. Serçin Karataş
Dr. Serpil Yalçınalp
Dr. Sibel Somyürek
Dr. Şafak Bayır
Dr. Şeyhmus Aydoğdu
Dr. Şirin Karadeniz
Dr. Tayfun Tanyeri
Dr. Tolga Güyer
Dr. Tolga Kabaca
Dr. Türkan Karakuş
Dr. Uğur Başarmak
Dr. Ümmühan Avcı Yücel
Dr. Ünal Çakıroğlu
Dr. Veysel Demirer
Dr. Yalın Kılıç Türel
Dr. Yasemin Deminarslan Çevik
Dr. Yasemin Gülbahar Güven
Dr. Yasemin Koçak Usluel
Dr. Yavuz Akbulut
Dr. Yusuf Ziya Olpak
Dr. Yüksel Göktaş

* Liste isme göre alfabetik olarak oluşturulmuştur. / List is created in alphabetical order.

İletişim Bilgileri / Contact Information

İnternet Adresi / Web: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/etku/>

E-Posta / E-Mail: tguyer@gmail.com

Telefon / Phone: +90 (312) 202 17 38

Belgegeçer / Fax: +90 (312) 202 83 87

Adres / Address: Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü,
06500 Teknikokullar - Ankara / Türkiye

Makale Geçmişi / Article History

Alındı/Received: 18.04.2016

Düzeltilme Alındı/Received in revised form: 30.05.2016

Kabul edildi/Accepted: 30.05.2016

PISA PROBLEM ÇÖZME TESTİNİN KURAMSAL TEMELLERİ

Muhterem Dindar¹

Öz

Dünya genelindeki en geniş ölçekli öğrenci değerlendirme programlarından olan PISA sınavında 2003 yılından beri öğrencilere Matematik, Fen ve Okuma okuryazarlığının yanı sıra Problem Çözme testi de uygulanmaktadır. Ulusal alanyazında Türkiye'nin PISA sınavındaki başarı düzeyini farklı açılardan inceleyen çok sayıda araştırma bulunmakla birlikte mevcut araştırmalar PISA Problem Çözme alanının kuramsal temellerine ilişkin sınırlı düzeyde bir kavrayış sunmaktadır. Bu çalışmada PISA Problem Çözme testinin kuramsal temelini oluşturan karmaşık problemlerin doğası, özellikleri ve çözümüne ilişkin bir alanyazın derlemesi sunulmakta ve karmaşık problem çözme becerilerinin ölçülmesinde işe koşulan belli başlı bilgisayar temelli yaklaşımlar tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: PISA; karmaşık problem çözme becerileri; bilgisayar temelli ölçme ve değerlendirme.

THEORETICAL BASES OF PISA PROBLEM SOLVING TEST

Abstract

Since 2003, one of the biggest student assessment programs in the world -PISA- has been assessing complex problem solving skills of students along with their Mathematics, Science and Reading literacy. Several studies in Turkey have investigated the nation's ranking in PISA exams from several perspectives. However, nationwide studies on the issue provide little information about the theoretical bases of complex problem solving. Thus, the current study provides a literature review regarding the nature, essentials and solving of complex problems. The study discusses prominent computer-based approaches to assess complex problem solving skills as well.

Keywords: PISA, complex problems solving skills, computer-based assessment and evaluation.

Summary

¹ Araş.Gör.Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Eğitim Fakültesi, mdindar@comu.edu.tr

The acceleration of globalization and technological advancements in the 21st century require individuals to develop generic skills to cope with increasing complexity in the daily life. Today's world requires individuals to be able to handle complex tasks, to cope with multiple goals, intransparent relationships, and rapidly changing system dynamics. Complex problem solving (CPS) skills are needed in such situations that have no obvious solution. These skills are regarded as one of the key competencies that the 21st century students need. The importance of CPS skills is also reflected in their inclusion into the Programme for International Student Assessment (PISA) framework since 2002. The existing study presents a literature review on the essentials of CPS.

Simply, a problem arises when a current state does not match with the desired state and one does not know how to reach to the desired state. In this sense, problem solving process includes search and application of strategies to transform the current state to a desired state. A problem solving process is comprised of six cognitive and metacognitive components: searching for information, planning the solution, taking action, processing feedback and optimizing actions (Wirth and Klieme, 2003). Activation of these components depends on the nature of the problem. Problems can be grouped as well-structured or ill-structured according to their nature. In well-structured problems, individual are presented all information required to solve the problem and they follow a particular strategy to reach a singular solution. For instance, most of the problems students solve in Mathematics courses can be regarded as well-structured. However, in ill-structured problems, individuals are presented limited amount of information about the problem situation. They have to interact with the problem state to unearth the underlying relationships. There is no particular strategy, nor a single solution for ill-structured problems. In an emerging literature on the issue, ill-structured problems are regarded also as complex problems. The distinct features of complex problems have been stated as complexity, connectivity, dynamicity, intransparency and polytely (Funke, 2012). Complex problems host multiple elements (complexity) that are highly interrelated (connectivity) and change over time regardless of individuals' actions (dynamicity). In complex problems, the relationships among the elements are implicit (intransparency), and there are multiple goals (polytely) to be attained. In the recent years, various computer-based testing frameworks such as semantic micro worlds, linear structural equations and finite state automata have been developed to assess CPS skills of 21st century learners.

Semantic micro worlds are simulations in which complex problems are presented with a real-life story. The story in semantic micro worlds might be about running a tailor shop, controlling a forest fire or balancing the population of rival species in an ecosystem. In semantic micro worlds, individuals try to find a compromise between conflicting goals and keep the complex system at an optimum state. Although semantic micro worlds carry all features of complex problems, they are not suitable for large scale psychometric assessments. The reason for this is that there is no common understanding in designing of semantic micro worlds. Individuals might get inconsistent results across different semantic micro worlds. Therefore, linear structural equations and finite state automata frameworks have been used in large scale assessments like PISA exam.

Linear structural equation framework assumes that the relationships between the elements of a system can be modeled mathematically. Linear structural equations are

comprised of exogenous and endogenous variables. Exogenous can be controlled directly whereas endogenous variables change according to the change in exogenous variables. Thus, individuals have to figure out how exogenous variables influence the endogenous variables in order to solve linear structural equation problems.

Finite state automata framework focuses on the qualitative change of variables in a complex system. In this kind of complex problems, a system can only be at finite number of states and individuals are asked to alter one state to another. In order to solve finite state automata problems, individuals first interact with the system to learn about how various inputs change the system state. Then, they apply input strategies to change the system state.

In assessment of CPS skills, linear structural equations and finite state automata frameworks require less time to solve a complex problem than the semantic micro worlds. Besides, the systematic design of element complexity and connectivity in linear structural equations and finite state automata facilitates the construction of psychometric CPS tests with questions at different difficult levels. On the other hand, linear structural equations fall behind the semantic micro worlds in terms of ecological validity. Given that, further studies are necessary to improve the validity and practicality of semantic micro worlds, linear structural equations and finite state automata frameworks.

In conclusion, the importance of complex problem solving skills in the contemporary era necessitates us to embed problem solving as a hidden curriculum into school education programmes (Mayer ve Wittrock, 2006; p. 296). In this regard, students could be presented complex problems as in or out of class activities and asked to work collaboratively to develop solutions. When students work on complex problems, teachers should facilitate the development of free inquiry among the students rather than directing them through specific solution paths. In addition, it is possible to develop a web-based environment sheltering a pool of complex problems. A web-based complex problem solving environment with personalized feedback features could be useful in nationwide development of complex problem solving among students with relatively low cost.

Giriş

21. yüzyıl bireyleri küreselleşmenin ve teknolojik gelişmelerin hızlanarak arttığı zamanlara tanıklık etmektedir. Gün geçtikçe üretilen bilgi miktarının katlanarak çoğalması ve kullanıma sunulan teknolojilerin daha da karmaşık hale gelmesi bireylerin üst düzey ve uyarlanabilir düşünme becerileri geliştirmesini zorunlu kılmaktadır (Fischer, Greiff ve Funke, 2011; OECD, 2012). Bu durum özellikle iş yaşamında kendini göstermektedir. Otomasyon ve bilişim sistemleri çalışma ortamlarındaki rutin görevleri devraldığından, iş dünyası etkileşimli, karmaşık ve değişken görevleri yerine getirebilen, belirsizlikle başa çıkabilen bireyleri istihdam etme eğilimindedir (Autor, Levy ve Murnane, 2013; Frensch ve Funke, 1995). Bu yüzden karmaşık problem çözme becerileri 21.yüzyıl bireylerinin sahip olması gereken en önemli özelliklerden biri olarak nitelendirilmiştir (Mainert, Kretzschmar, Neubert ve Greiff, 2015; OECD, 2010). Buna bağlı olarak son yıllarda eğitim dünyasında olgusal bilgilerin aktarıldığı eğitim yaklaşımlarından transfer edilebilir problem çözme ve düşünme becerilerinin kazandırıldığı yaklaşımlara doğru bir geçiş gözlenmektedir (Vye, Goldman, Voss, Hmelo, ve Williams, 1997). Eğitim alanındaki birçok öncü bilim adamı karmaşık problem çözme, gerek günlük gerekse profesyonel yaşamlarındaki en önemli bilişsel etkinliklerden biri olarak kabul etmekte ve öğrencilerin problem çözme becerilerinin geliştiren eğitim etkinliklerinin önemine dikkat çekmektedir (Jonassen, 2000; Mayer ve Wittrock, 2006). Nitekim Ekonomik ve Kalkınma İşbirliği Örgütü (OECD) problem çözme becerisinin, öğrenme, topluma etkili katılım ve başarılı bireysel girişimlerin temeli olarak görülmesi gerektiğini belirtmiştir (OECD, 2012). Buna bağlı olarak OECD tarafından yürütülen ve Dünya genelindeki en büyük ölçekli öğrenci değerlendirme programlarından birisi olan PISA sınavlarında 2003 yılından beri öğrencilerin Matematik, Fen ve Okuma becerilerinin yanı sıra karmaşık problem çözme becerileri de ölçülmektedir (OECD, 2014). Türkiye, 2012 yılındaki PISA sınavında karmaşık problem çözme becerisi alanında 454 puanla OECD ortalamasının (500) altında yer almıştır (OECD, 2014).

Alanyazına bakıldığında Türkiye'nin PISA sınavındaki performansını inceleyen araştırmaların PISA ölçme alanlarında öğrenci başarısına etki eden demografik değişkenlere (Anagün, 2011; Anıl, 2010; Berberoğlu ve Kalender, 2010; Coşguner, 2013; Fındık ve Kavak, 2013; Gürsakal, 2012; Şengül, 2011), Bilgi ve İletişim Teknolojileri yeterliliği gibi farklı beceri türlerinin PISA alanlarındaki öğrenci başarısına olan etkisine (Akyüz ve Pala, 2010; Aşkar ve Olkun, 2005; Güzeller, 2011) ya da Türkiye'nin diğer ülkelerle belli değişkenler bağlamında karşılaştırılmasına (Akyüz ve Satıcı, 2013; Aydın, Sariel ve Uysal, 2012; Çobanoğlu ve Kasapoğlu, 2010; Eraslan, 2009; Satıcı, 2008) odaklandığı görülmektedir. Bu araştırmaların alanyazına olan değerli katkıları yadsınamaz. Ne var ki mevcut alanyazın, karmaşık problem çözme becerileri alanı ve kuramsal temelleri hakkında derinlemesine bir anlayış sunmaktan uzaktır. Bu noktadan hareketle, mevcut çalışmada karmaşık problemlerin tanımı, doğası ve bilgisayar temelli ölçme yaklaşımlarına yer verilmektedir. Karmaşık problemlerin temel özelliklerinin geçmiş yıllardaki PISA Problem Çözme sorularına ve alanyazındaki karmaşık problem tasarımlarına olan yansımaları örneklerle açıklanmaktadır.

Karmaşık Problemler

Günlük yaşamımızın kayda değer bir kısmı problem çözme ile geçmektedir (Frensch ve Funke, 1995). Akşam yemeğinde ne yiyeceğimiz, haftasonunu nasıl geçireceğimiz, hangi sinema filmine gideceğimiz, ne tür bir ev alacağımız gibi durumlar aslında karar vermemiz

gereken birer problem durumudur. Bazı problemlerin çözümü için birkaç bilişsel adım yeterli olurken bazılarının çözümü uzun süreli ve yorucu düşünsel çaba gerekmektedir (Frensch ve Funke, 1995). En basit tanımıyla problem, mevcut durum ile arzulan durum arasında uyumsuzluk olması ve bu uyumsuzluğu gidermek için yapılması gerekenlerin kesin olarak bilinmemesidir (Mayer ve Wittrock, 2006). Problem çözme ise mevcut durumu arzulan hale getirmek için gerekli eylemleri araştırma ve gerçekleştirme sürecidir (Dunbar, 1998; Newell ve Simon, 1972;). Bireylerin bir problemi çözmek için eyleme geçmeleri problem durumunu kültürel, sosyal, ya da entelektüel açılardan değerli bulmalarına bağlıdır (Jonassen, 2000). Araştırmalar, bireylerin problem çözme süreçlerinin altı bilişsel ve meta bilişsel bileşenden oluştuğunu belirtmektedir (Wirth ve Klieme, 2003):

1. Bilginin yapılandırılması, zihinde betimlenmesi ve birleştirilmesi için araştırma yapma
2. Durum üzerinde akıl yürütme
3. Çözüm sürecine ilişkin eylem ve adımları planlama
4. Eylemleri gerçekleştirme ve değerlendirme
5. Eyleme ilişkin çevreden gelen bilgi ve dönütleri sürekli değerlendirme
6. Öğrenerek ve uygulayarak çözüm stratejilerini en uygun hale getirme

Bir problemi çözerken yukarıda verilen bilişsel ve meta bilişsel süreçlerin ne düzeyde işe koşulacağı problemin doğası ile yakından ilgilidir. İyi yapılandırılmış (well-structured) problem durumlarında problemin çözümüne ilişkin gerekli tüm bilgiler ortamda mevcuttur (Jonassen, 2000). Bireyin tek yapması gereken bu bilgiler ışığında doğru stratejileri geliştirerek önceden belirlenmiş tekil bir çözüme en kısa yoldan ulaşmaktır. İyi yapılandırılmış problem türlerine en iyi örnek örgün eğitim kurumlarında öğrencilere yöneltilen matematik ve geometri sorularıdır. Bu sorularda değişkenler arası ilişkiler katı kurallarla (formüllerle) tanımlanmış ve belli değişkenlere birtakım değerler atanmıştır. Öğrenciler değişkenleri verilen kurallar ışığında dönüştürerek tek bir doğru yanıtı ulaşmaya çalışırlar. İyi yapılandırılmış problem durumlarında yukarıda belirtilen problem çözmeye ilişkin altı bilişsel sürecin ancak ilk dördü aktif olarak işe koşulur (Wirth ve Klieme, 2003).

Bireylerin üst-düzyer bilişsel süreçlerini aktif hale getirmede etkili bir diğey problem türü gevşek-yapılandırılmış (ill-structured) problemlerdir. (Jonassen, 2000). Gevşek yapılandırılmış problemlerde ulaşılabilir kesin bir sonuç ve başarılı bir sonucu garanti eden kesin bir strateji yoktur (Schraw, 1995). Günlük yaşamda karşımıza çıkan problemlerin çoğu bu türdendir. Örneğinin, araba almak istediğinin varsayın. Bütçenizi, yakıt tüketimi, güvenlik, vites türü, araç boyutu, sigorta masrafı gibi birçok değişkeni dikkate alarak uzun uğraşlar sonucu bir araçta karar kıldınız ve araç satın alma gibi karmaşık bir probleminin üstesinden geldiniz. Ne var ki bir arkadaşınız aynı bütçeyle farklı bir arama stratejisi geliştirerek ya da tamamen şansa bağlı olarak sizin aldığınız arabadan daha iyi bir araba satın almış olabilir. Görüleceği üzere gevşek-yapılandırılmış problemlere belirsizlik hâkimdir. Bu yüzden gevşek-yapılandırılmış problemlerin Wirth ve Klieme (2003)'nin belirttiği altı düzey bilişsel ve meta bilişsel süreçlerin tamamını aktif hale getiren karmaşık problem çözme süreçlerini içerir. Karmaşık problem çözme süreçlerinin gerçekleştiği ortamları sistem olarak

ele alan araştırmacılar bu sistemlerin temel özelliklerini řu şekilde sıralamaktadırlar: (a) karmaşıklık, (b) bağlantısallık, (c) zamana bağlı sürekli değişim, (d) şeffaf olmama ve (e) çok amaçlılık (Dörner, Kreuzig, Reither, ve Stäudel, 1983; Funke, 2012).

Karmaşıklık sistemdeki değişken sayısının çokluğunu ifade eder (Funke, 2012). Karmaşık problem durumlarında başarılı bir çözüm stratejisi geliştirmenin yolu çok sayıda değişken arasından sistem çıktısına (çözüm) etkisi en büyük olanların belirlenip diğer değişkenlerin göz ardı edilmesi ve çözüme giden adımların sadeleştirilmesinden geçer.

Bağlantısallık karmaşıklıkla yakından ilişkili olup sistemdeki değişkenler arası karşılıklı etkileşimi ifade eder (Brehmer ve Dörner, 1993). Bir sistemin karmaşıklık düzeyi sistemde yer alan değişken sayısı kadar değişkenler arası etkileşim sayısından da etkilenir. Örneğin on değişkenin olduğu bir problem durumunda her değişkenin sadece bir değişkenle etkileşim içinde olması ile tüm değişkenlerin birbiri ile etkileşimde olması problemin karmaşıklığı açısından önemli fark yaratır (Funke, 2012). Sistemdeki hangi değişkenin hangi değişken(ler)le etkileşim içerisinde olduğunun keşfedilmesi sisteme ilişkin çözüm üretilmesi sürecinin en önemli adımlarındandır.

Zamana bağlı sürekli değişim sistemde yer alan değişkenlerin durağan olmayıp zaman içerisinde kendi kendine farklılaşmasını belirtir (Funke, 2001). Karmaşık problemlerde bireyin girdisine bağlı olmaksızın problem değişkenleri birbirleri ile etkileşime devam ederler (Brehmer ve Dörner, 1993; Funke, 2012). Araba örneğine geri dönülecek olursa, alınacak arabaya karar verme sürecinde piyasadaki araba fiyatlarının alıcının kararlarından ve eylemlerinden bağımsız olarak sürekli değişmesi zamana bağlı sürekli değişimi yansıtmaktadır. Karmaşık problem durumlarında zamana bağlı olarak sistemin nasıl geliştiği ve sistemdeki değişkenlerdeki başkalaşımın ne şekilde gerçekleştiğini çözümlenmelidir. Sistemin ilerleyen zamanlarda ne tür çıktılar üreteceği ve alınan kararların yan etkilerinin neler olabileceği öngörülerek karar verilmelidir.

Şeffaf olmama sistemin yapısı, hedefleri ve hedeflere erişmedeki engellerin kesin hatlarıyla belli olmamasıdır (Frensch ve Funke, 1995, s.18). Karmaşık problem durumlarında bireyler problemi çözmek için gerekli tüm bilgilere sahip değildir. Buna bağlı olarak sahip oldukları yetersiz bilgiye dayanarak öngörüde bulunmaları, öngörülerin çıktılarını kontrol ederek problemin çözümüne ilişkin geliştirdikleri hipotezleri yeniden düzenlemeleri gerekmektedir. Karmaşık problem durumlarının şeffaf olmaması çözüm sürecinin yinelemeli (iteratif) olarak ilerlemesini zorunlu kılar.

Çok amaçlılık bir sistemde erişilmesi gereken birden fazla hedefin olmasıdır (Funke, 2001). Karmaşık problemlerde çözüme giden yol dolambaçlıdır (Funke, 2012). Sistemdeki farklı hedeflerin birbiri ile çatıştığı durumlara sıkça rastlanır. Örneğin, bir kumaş fabrikasının yöneticisi olduğunuzu düşünün. Yönetici olarak amacınız fabrikanın karlılığını en üst düzeyde tutmak için yeni pazarlar bulmak ve üretim miktarınızı olabildiğince artırmak olacaktır. Ne var ki üretimin artması fabrikadan çevreye yayılan kimyasal atık miktarında da artışa neden olacaktır. Fabrikanızın atık filtreleme sisteminin artan üretim için yeterli olmaması sizi üretimi artırmak ve çevreyi kirletmemek gibi çatışan hedeflerle karşı karşıya bırakacaktır. Bu durumda ya üretimi artırmaktan vazgeçeceksiniz, ya doğayı kirletmeyi ve yasal ceza ödemeyi göze alacaksınız, ya atık filtreleme sistemini yenileyerek masrafa gireceksiniz, ya da başka bir çözüm yolu bularak fabrikada işlerin yolunda yürümesini garanti altına alacaksınız. Örnekteki

gibi farklı hedeflerin sıkça çatıştığı karmaşık problemlerde, çatışan hedefler arasında orta yolu bulunarak sistem çıktıları en uygun hale getirilmeye çalışılır.

Karmaşık Problemlerin Çözülmesi

Bireyler karmaşık bir problem durumu ile karşılaştıklarında öncelikle probleme ilişkin ortamda bulunan bilgileri derler. Bu bilgiler probleme ilişkin değişkenler hakkında bir kavrayış sunmakla birlikte sistemdeki neden-sonuç ilişkilerini anlamak için yeterli değildir. Dolayısıyla bireyler karmaşık sistemdeki neden-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarabilmek amacıyla sistemdeki değişkenlerin rolüne ilişkin hipotezler kurup bu hipotezleri test ederler. Ortamdaki ilişkileri ortaya çıkarmaya dönük bu hipotezleri test etmedeki etkili yöntemlerden birisi bir anda sadece bir değişkene ilişkin değişiklik yapmaktır. Böylece bir değişkendeki değişimin genel olarak sistemi ve sistemdeki diğer değişkenleri ne şekilde etkilediği ortaya çıkarılır. (Klahr ve Dunbar, 1988). Karmaşık sistemi anlamaya dönük hipotezleri test etme süreci sistemdeki ilişkiler çözümleninceye kadar sürer. Karmaşık problemlerin çözümünde problemle karşılaşmadan problemdeki ilişkilerin ortaya çıkarılmasına kadar olan süreç bilgi edinme süreci olarak tanımlanır (Greiff, Fischer, Stadler ve Wüstenberg, 2015).

Sistemin işleyişine ilişkin yeterli bilgi edinildiğinde bilginin uygulanması aşamasına geçilir(Greiff, Wüstenberg, Holt, Goldhammer ve Funke, 2013). Bu aşamada problem durumuyla olan geçmiş etkileşimler (Gonzalez, Lerch ve Lebiere, 2003), zihininde yaratılan çözüm şeması (Sweller, 1988) ve problem durumuna ilişkin genel sezgiler (heuristic) (Kahneman, 2011) ışığında çözüme yönelik stratejiler uygulanır. Uygulanan stratejilerin sistem üzerindeki etkileri gözlenerek, problem çözümlünceye dek stratejiler güncellenir (Edwards, 1962). Uygulanan stratejilerin problemin çözümünde yetersiz kalması durumunda bilgi edinme aşamasına geri dönülerek sistem değişkenlerinin etkileşimleri ve etkilerine ilişkin eksik bilgiler keşfedilmeye çalışılır (Greiff vd., 2015).

Karmaşık Problem Çözme Becerilerinin Ölçülmesi

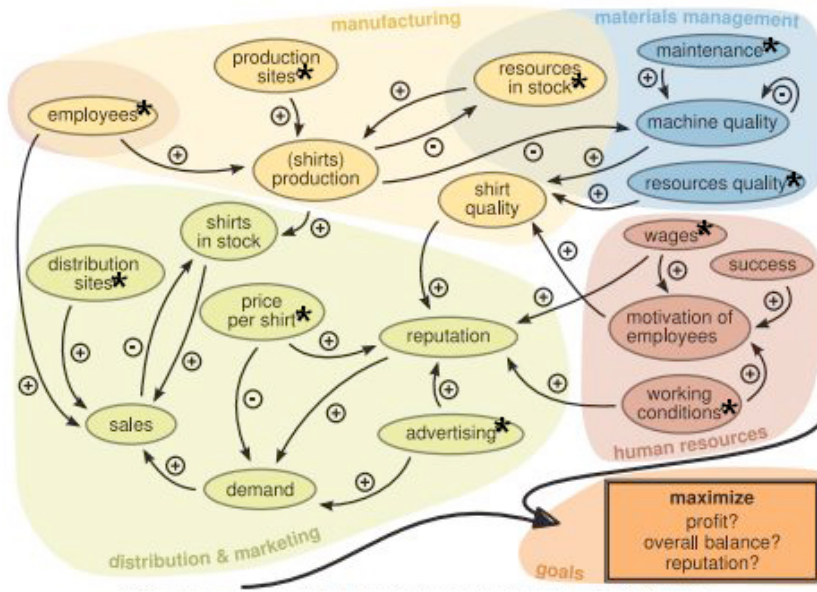
Zamana bağlı olarak sürekli değişme ve birden fazla hedefin gözetilmesi gibi yinelemeli özellikleri, karmaşık problem çözme becerilerini çözmek için bilgisayar-temelli etkileşimli ortamların üretilmesini zorunlu kılmıştır. Bu ortamlara kısaca mikro dünyalar (micro worlds) denilmektedir (Brehmer ve Dörner, 1993; Funke, 1993). Karmaşık problem çözme becerilerini ölçen mikro dünyalar semantik benzetim (simülasyon) şeklinde olabileceği gibi yapay sistemler şeklinde de olabilir (Funke, 2010).

Semantik Mikro Dünyalar

Semantik mikro dünyalarda karmaşık problemler zengin bir bağlam ve bir hikâye ile birlikte sunulur. Semantik mikro dünyalar gerçek yaşamdaki karmaşık sistemleri başarılı şekilde yansıyan ve çok sayıda değişken barındıran benzetim ortamlarıdır (Funke, 2001). Bu tür ortamlarda problem durumu katılımcının eylemleri yanı sıra sistemin kendi iç dinamiklerine bağlı olarak da değişir. Bu durum katılımcının problem çözümüne ilişkin kararlar alırken kendi eylemleri ve sistemin sürekli değişen iç dinamiklerine eş zamanlı olarak odaklanmasını zorunlu kılar (Brehmer ve Dörner, 1993). Semantik mikro dünyalardaki bu eş zamanlılık durumu katılımcılar üzerinde stres yaratır. Dolayısıyla semantik mikro dünyalar

karmaşık problem çözme becerilerini ölçmede hem bilişsel hem de duyuşsal süreçleri aktif hale getirmesi bakımından önemlidir.

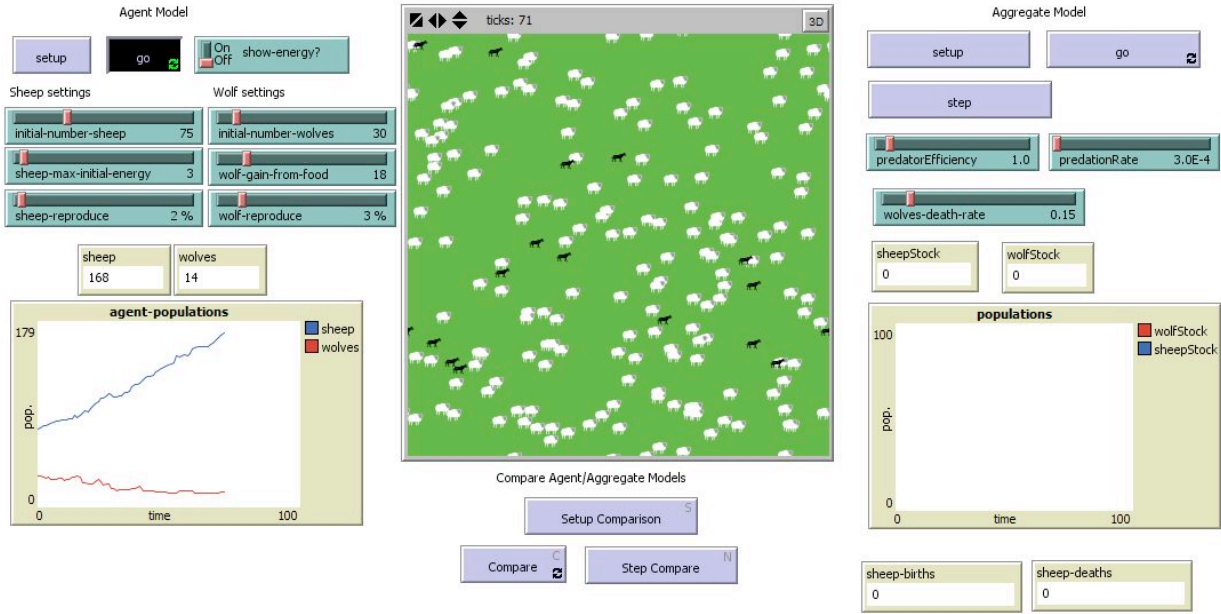
Semantik mikro dünyalara örnek olarak Dörner (1980) tarafından geliştirilen ve Engelhart, Funke ve Sager (2011) tarafından güncellenen Tekstil Atölyesi (Tailorshop) senaryosu verilebilir. Tekstil Atölyesinde katılımcılardan bir gömlek atölyesini işletmeleri istenilir. Yaklaşık on saat boyunca katılımcılar yatırım, işe alma, reklam, üretim ve fiyat gibi birçok konuda karar vererek atölyenin işleyişine yön verirler. Şekil 1'de Tekstil Atölyesi'nde yer alan değişkenler arası ilişkiler gösterilmektedir. (-) simgesi değişkenler arası negatif ilişki durumunu, (+) simgesi ise pozitif ilişki durumunu göstermektedir. (*) işareti katılımcıların kontrol edebileceği değişkenleri belirtmektedir.



Şekil 1. Tekstil Atölyesi. Engelhart vd. (2011)'in izniyle basılmıştır.

Şekil 1'de görüleceği üzere Tekstil Atölyesinde katılımcıların yönelebilecekleri birden fazla hedef bulunmaktadır. Katılımcılar kârı olabildiğince yükseltme, marka bilinirliğini artırma ya da atölye işleyişinde bir orta yol bulma gibi hedeflerden birisini seçerek değişkenleri amaçları doğrultusunda dönüştürmeye çalışırlar. Tekstil Atölyesi, karmaşık problem çözme süreçlerinde ortamdaki yoğun miktardaki bilginin ne şekilde organize edildiği, ne tür hedefler için hangi tür stratejilerin izlendiğinin incelendiği çalışmalarda işe koşulmuştur (örn. Gigerenzer ve Brighton, 2009; Gonzalez ve Lebiere, 2005).

Semantik mikro dünyaların bir diğer örneği NetLogo çerçevesidir (Wilensky ve Rand, 2015). NetLogo gerçek yaşamda karşılaşılan doğal ve sosyal sistemlerin karmaşık doğasını benzetimler aracılığıyla yaratmaya olanak sağlayan açık kaynak kodlu bir yazarlık ortamıdır. Bu yazarlık ortamı bir sistemdeki değişkenlerin mikro düzeyde birbirleri ile etkileşimlerinin zamana bağlı olarak makro düzeyde yol açtığı sonuçları gözlemlemeye olanak sağlar. Şekil 2'de NetLogo ortamında tasarlanmış bir ekosistem ara yüzü görülmektedir.



Şekil 2. NetLogo ortamında tasarlanmış bir karmaşık problem (NetLogo, 2016).

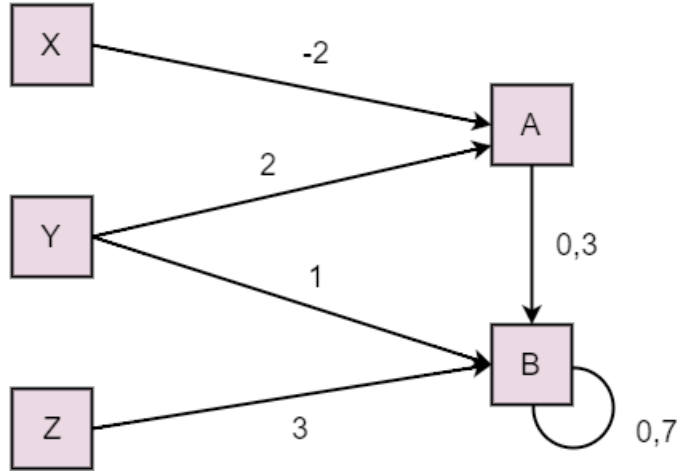
Şekil 2'deki karmaşık problemde katılımcılardan bir ekosistemdeki kurt ve koyun nüfusunu dengede tutmaları istenilmektedir. Ekosistemde koyun sayısının aşırı artması ortamdaki bitkileri tüketir, kurt sayısının aşırı artması ise koyun nüfusunu tüketir. Dolayısıyla ekosistemin sürekliliği kurt, koyun ve ot miktarının dengede tutulmasına bağlıdır. Ekranda yer alan kaydırma çubukları aracılığıyla ekosistemde başlangıçtaki koyun ve kurt sayısı, koyun ve kurtların tükettikleri besinlerden hangi düzeyde enerji üretecekleri, üreme yüzdelere karar verilerek benzetim başlatılır. Başlangıçta girilen değerlere bağlı olarak ekosistemdeki koyun ve kurt nüfusunun zamana bağlı değişimi ekranda yer alan benzetim ara yüzü ve grafikler aracılığıyla gözlenir. Bu gözlem ışığında benzetime yeni değerler girilerek koyun ve kurt nüfusu dengede tutulmaya çalışılır. Şekil 2'deki örnek üzerinden kısaca sunulan NetLogo çerçevesi Sosyal Bilimler, Biyoloji, Matematik, Psikoloji ve Bilgisayar Bilimleri gibi birçok alana ilişkin çok sayıda karmaşık problem örneği içeren zengin bir kütüphaneye sahiptir. Öte yandan kullanımı kolay olan ara yüzü sayesinde isteyen herkes NetLogo ile herhangi bir alana ilişkin karmaşık bir problem durumu tasarlayabilir. NetLogo çerçevesi eğitim ortamlarında öğrencilere Fen becerileri (Centola, Wilensky ve McKenzie, 2000), şehir planlama (Lechner, Watson ve Wilensky, 2003), okul seçimi (Maroulis ve Wilensky, 2005), iklim değişikliği (Kelly, Jacobson, Markauskaite ve Southavilay, 2012) gibi alanlarda karmaşık problem çözme becerisi kazandırma ve problem çözme süreçlerindeki öğrenci davranışlarının incelemede (Jacobson, Kapur, So, ve Lee, 2011; Loke vd., 2012; Pathak, Kim, Jacobson ve Zhang, 2011; Stroup ve Wilensky, 2014) işe koşulmuştur.

Görüleceği üzere semantik mikro dünyalar etkileşim halindeki olan çok sayıda değişkeni barındıran, gerçekçi ve zengin bilgi birikimini gerektiren karmaşık problem çözme ortamlardır (Greiff ve Martin, 2014). Semantik mikro dünyalar karmaşık problem çözmeyi bir süreç olarak incelemeye olanak sağlarken (Funke, 2014), formel eğitim ortamlarında öğrencilerin PISA sınavı gibi geniş çaplı ölçme etkinlikleri aracılığıyla psikometrik olarak değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır (Greiff vd., 2012). Öte yandan alan yazındaki semantik mikro dünyaların farklı yapıardan oluşması ve ortak bir semantik mikro dünya tasarım anlayışın bulunmaması farklı çalışmalara ilişkin sonuçların karşılaştırılmasını imkânsız

hale getirmektedir (Funke, 2001). Bu sınırlılıkları aşmada Doğrusal Yapı Denklemleri (Linear Structural Equations) ve Sonlu Özdevinirler (Finite State Automata) işe koşulmaktadır (Funke, 2001).

Doğrusal Yapı Denklemleri

Doğrusal yapı denklemlerinin temelinde herhangi bir sistemdeki değişkenler arası ilişkilerin nicel olarak modellenebileceği anlayışı yatar (Stevens, 1992). Doğrusal yapı denklemleri ile oluşturulan karmaşık problemler sisteme etki eden dışsal (exogenous) ve içsel (endogenous) değişkenlerden oluşur. Sistemdeki dışsal değişkenler doğrudan kontrol edilebilirken, içsel değişkenler dışsal değişkenlere bağlı olarak değişir ve doğrudan kontrol edilemez (Funke, 2001). Doğrusal yapı denklemleri temel alınarak geliştirilen karmaşık problemlerde öncelikle dışsal değişkenler arası ilişkiler keşfedilmeye çalışılır. Problem çözümünün ikinci aşamasında ise dışsal değişkenler arası ilişkiler aracılığıyla içsel değişkenler yönetilir ve belli bir hedefe ulaşmaya çalışılır. Doğrusal yapı denklemlerinde değişkenlerinin temel yapısı Şekil 3'te verilmektedir.



Şekil 3. Doğrusal yapı denklemlerinin doğası. Funke (2001)'den uyarlanmıştır.

Şekil 3'te X, Y ve Z sistemin dışsal değişkenlerini, A ve B ise içsel değişkenlerini göstermektedir. Değişkenler arası rakamlar bir değişkenin diğerini etkileme gücünü ifade etmektedir. Şekil 3'teki sistem iki denklemlerle ifade edilebilir:

$$A_{(t+1)} = -2X_{(t)} + 2Y_{(t)}$$

$$B_{(t+1)} = 0,7B_{(t)} + 3Z_{(t)} + 1Y_{(t)} + 0,3A_{(t)}$$

Bu doğrusal yapı denklemleri (t) anında sistemde meydana gelen değişikliğin (t+1) anındaki çıktılarını hesaplamada işe koşulmaktadır. Denklemle ilişkin dikkat edilmesi gereken bir nokta B değişkeninin zaman içerisinde diğer değişkenlerden bağımsız olarak kendini dönüştürmesidir. Bu duruma öz devingenlik (eigendynamic) denilir (Funke, 2001).

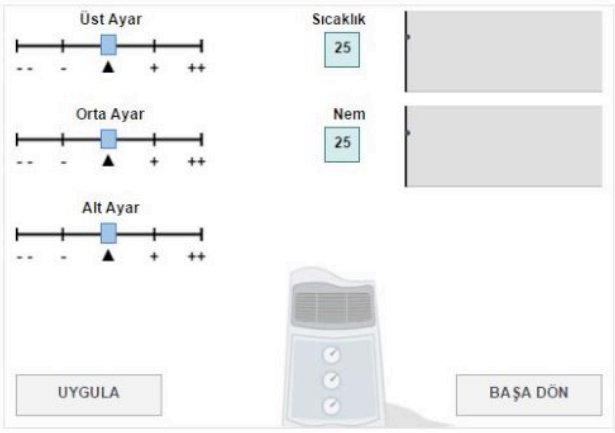
Şekil 4'te 2012 yılında 2012 yılındaki PISA sınavında öğrencilere bilgisayar ortamında yöneltilen bir doğrusal yapı denklemleri sorusu yer almaktadır.

KLİMA AYARI

Yeni klimanızın kullanım kılavuzu yoktur ve klimanın nasıl çalıştığını bulmanız gerekmektedir.

Sol taraftaki üst, orta ve alt ayarları, ayar düğmelerini (->) kullanarak değiştirebilirsiniz. Her bir ayarın başlangıçtaki konumu ▲ ile gösterilmektedir.

UYGULA tuşuna tıkladığınızda, odanın sıcaklık ve nem değerlerindeki değişikliği, sıcaklık ve nem grafiklerinde görebilirsiniz. Her grafiğin solundaki kutu, o andaki sıcaklık ve nem seviyesini gösterir.

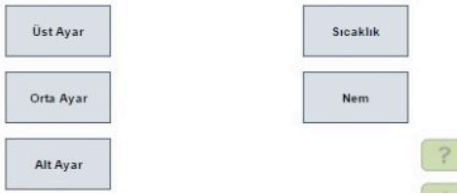


Soru 1: KLİMA AYARI CP025Q01

Ayar düğmelerini sağa sola kaydırarak, her bir ayar çubuğunun, sıcaklık ve nem değerlerini değiştirip değiştirmediğini bulunuz. BAŞA DÖN'e tıklayarak yeniden başlayabilirsiniz.

Her bir ayarın neyi etkilediğini, sağdaki şekilde oklar çizerek gösteriniz.

Bir ok çizmek için, üst, orta ya da alt ayarlardan birine tıklayınız ve sonra Sıcaklık ya da Nem'e tıklayınız. Herhangi bir oku üzerine tıklayarak kaldırabilirsiniz.



Şekil 4. PISA 2012 sınavında çıkmış bir doğrusal yapı denklem sorusu (OECD, 2013).

Şekil 4'teki PISA sorusunda ekranın üst kısmında karmaşık problem durumu verilmektedir. Bu kısımda öğrenciler öncelikle ayarlar üzerinde değişiklik yaparak her bir ayar düğmesinin sıcaklık ve nemde ne gibi değişikliklere yol açtığını belirlemeye çalışırlar. Öğrenciler değişkenler arası ilişkilerin gücünü ve yönünü keşfetmede ekranın sağ üst köşesinde yer alan grafik ekranından yararlanırlar. Öğrenciler ekrandaki sistemle etkileşime geçerek değişkenler arası ilişkileri çözümlenmeye çalışırlar. Sonrasında ilgili soruları yanıtlarlar. Şekil 4'teki soruda öğrencilerin klima sistemindeki dışsal (üst, orta ve alt ayar) ve içsel değişkenler (nem ve sıcaklık) arasındaki ilişkiyi göstermeleri gerekmektedir. Şekil 5'teki soruda ise öğrencilerden sistemdeki ilişkileri dikkate alarak belli bir sistem çıktısı üretmeleri istenilmektedir.

KLİMA AYARI

Yeni klimanızın kullanım kılavuzu yoktur ve klimanın nasıl çalıştığını bulmanız gerekmektedir.

Sol taraftaki üst, orta ve alt ayarları, ayar düğmelerini (→) kullanarak değiştirebilirsiniz. Her bir ayarın başlangıçtaki konumu ▲ ile gösterilmektedir.

UYGULA tuşuna tıkladığınızda, odanın sıcaklık ve nem değerlerindeki değişikliği, sıcaklık ve nem grafiklerinde görebilirsiniz. Her grafiğin solundaki kutu, o andaki sıcaklık ve nem seviyesini gösterir.

Üst Ayar

Orta Ayar

Alt Ayar

Sıcaklık

25 [18-20]

Nem

25 [18-20]

UYGULA 0

Soru 2: KLİMA AYARI CP025Q02

Üst, Orta ve Alt Ayar ile Sıcaklık ve Nem arasındaki doğru ilişki sağda gösterilmektedir.

Sıcaklık ve nemi istenilen düzeye getirmek için ayar düğmelerini kullanınız. Bunu, en fazla dört adımda gerçekleştiriniz. İstenilen düzeyler, Sıcaklık ve Nem grafiklerindeki kırmızı şeritlerle gösterilmiştir. İstenilen her bir düzey için değer aralığı 18-20'dir ve bu değerler, kırmızı şeritlerin solunda gösterilmektedir. UYGULA tuşuna sadece dört kez tıklayabilirsiniz ve BAŞA DÖN seçeneği bulunmamaktadır.

Üst Ayar

Orta Ayar

Alt Ayar

Sıcaklık

Nem

?

→

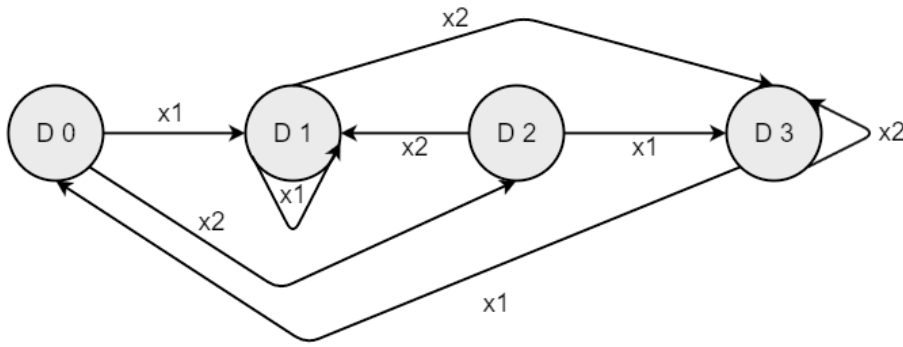
Şekil 5. PISA 2012 sınavında çıkmış bir diğer doğrusal yapı denklemi sorusu (OECD, 2013).

Sonlu Özdevinirler

Sonlu özdevinirler doğrusal yapı denklemlerinin aksine sistemdeki değişkenlerinin nitel değişimlerini konu alır. Sonlu özdevinir sistemlerinde bir durumdan diğerine geçmek için belli kurallar uygulanır. Mobil telefonlar, bilet makineleri gibi aygıtlar sonlu özdevinirler olarak verilebilir (Brechmer ve Funke, 1993). Bu tür problemlerde bir sistem (ya da aygıt) sonlu sayıda duruma ve bu durumlara etki edebilecek sınırlı sayıda değişkene sahiptir. Bir durumdan diğerine geçmek için bazı değişkenlerin sisteme girdi vermesi gerekir. Bu tür problemlerin çözümünde öncelikle gözlenen her bir sistem girdisinin sistemin farklı hallerinde ne şekilde çıktılar ürettiği keşfedilmeye çalışılır. Sistemi istenilen bir duruma getirmek için izlenmesi gereken kurallar dizisinin keşfedilmesi sonlu özdevinirler problemlerinin çözülebilmesi için yaşamsal önem taşır. Değişkenlerin sistemin farklı hallerinde sisteme ne gibi etkileri olduğu belirlendikten sonra istenilen çıktıyı üretecek şekilde sisteme girdiler gönderilir (Fischer, 2015). Tablo 1'de örnek bir sonlu özdevinirine ilişkin bir durumdan diğerine geçiş matrisi verilmektedir. Geçiş matrisindeki ilişki ağı Şekil 6'da oklarla gösterilmektedir.

Tablo 1. Sonlu özdevinirlere ilişkin örnek bir geçiş matrisi

Değişkene bağlı olarak sistemin geçiş yaptığı durum		
Durum	x1	x2
D 0	D 1	D 2
D 1	D 1	D 3
D 2	D 3	D 1
D 3	D 0	D 3



Şekil 6. Sonlu özdevinirlerin yapısı.

Tablo 1 ve Şekil 6'daki sonlu özdevinirde dört farklı durum bulunmaktadır. D0 durumunda iken sisteme x1 girdisi girildiğinde sistem D1 durumuna geçerken x2 girdisi girildiğinde D2 durumuna geçmektedir. D0 durumundan D3 durumuna geçmek için sisteme sırası ile x1 ve x2 girdilerinin girilmesi gereklidir. Şekil 6'da dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta x1 ve x2 değişkenlerinin sabit olmayıp sistem üzerindeki etkilerinin sistemin o anki mevcut durumuna göre farklılaşmasıdır.

PISA 2012 sınavında öğrencilere yöneltilen müzik oynatıcısı sorusu bir sonlu özdevinirler problemidir (Şekil 7).



Şekil 7. PISA 2012 sınavı müzik oynatıcısı sorusu (PISA, 2013).

PISA 2012 sınavında öğrencilere bilgisayar ortamında Şekil 7'deki gibi bir MP3 oynatıcısı benzetimi verilmiş ve öğrencilerden MP3 oynatıcıdaki müzik türünü Rock, Ses düzeyini 4 ve Bas düzeyini 2'e getirmeleri istenilmiştir (OECD, 2013). Bu soruda öğrencilerin aygıttaki düğmelerin nasıl çalıştığını, müzik oynatıcıda bir durumdan diğerine geçmek için düğmelerin hangi sıra ile basılması gerektiğini keşfetmeleri ve MP3 oynatıcısı soruda belirtilen duruma getirmeleri gerekmektedir.

Doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirlerde değişken sayısı ve değişkenler arası ilişkilerin istenildiği kadar artırılıp azaltılabildiği, farklı zorluk düzeylerinde soruların hazırlanmasını olanaklı kılmaktadır. Bu durum ölçme ve değerlendirme etkinlikleri için büyük bir esneklik sağlamaktadır. Öte yandan doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinir problemlerini çözebilmek için gerekli sürenin semantik mikro dünyalardaki problemlere göre daha kısa olması bu tür soruların PISA gibi geniş ölçekli öğrenci değerlendirme programlarında kullanılmasını olanaklı kılmaktadır (Greiff vd., 2012). Doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinir denklemlerinin bir diğer avantajı aynı matematiksel denklemin farklı hikayelerle öğrencilere yöneltilebilmesidir (Greiff vd., 2013). Örneğin, klima sorusundaki üç dışsal ve iki içsel değişken arasındaki matematiksel ilişki ev hayvan besleme ya da bitki yetiştirmenin gerçekleştiği bir hikâyeye şeklinde sunulabilir. Bu durum bir karmaşık problemin farklı bağlamlarda sunulmasının problem çözme sürecini ne şekilde etkilediğinin incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirler karmaşık problem çözme becerilerinin ölçüldüğü araştırmalarda sıkça kullanılmaktadır (Fischer, 2015; Greiff vd., 2015; Greiff vd., 2013; Wüstenberg, Greiff ve Funke, 2012; Wüstenberg, Greiff, Molnar, Funke ; 2014).

Sonuç ve Tartışma

Ünlü fizikçi Stephen Hawking 21. yüzyıla karmaşıklık yüzyılı (century of complexity) adını koymuştur (Jacobson vd., 2011). Toplumsal değişimlerin hızlanması, bireyler ve sistemler arası bağlantı kurmanın kolaylaşması, teknolojik aygıtların günlük yaşamın vazgeçilmez parçaları haline gelmesi ve iş dünyasındaki odağın yerelden küresele doğru kayması günümüz bireylerini birçok belirsizlikle karşı karşıya bırakmaktadır. Belirsizliğin ve karmaşıklığın hâkim olduğu bu yüzyılda başarılı olabilmek için bilgi, düşünce, duygu ve eylemlerin karşılaşılan özgün ve karmaşık görev durumlarına uyarlanabilmesi büyük önem taşımaktadır (OECD, 2014). Bu açıardan bakıldığında karmaşık problem çözme becerisinin 21. yüzyılın anahtar becerilerinden biri olduğu söylenebilir. Dolayısıyla günümüz eğitim sistemleri öğrencilerin karmaşık problem çözme becerilerini geliştiren öğrenme etkinliklerine yer vermelidir (Goldstone and Wilensky 2008; Sabelli, 2006). Öğrencilerin karmaşık sistemlerle etkileşimde bulunmaları desteklenmeli, bu sistemlerde karar verme, seçim yapma, değişen durumlara bağlı olarak seçimleri sürekli gözden geçirme, önceki bilgileri hatırlama, çözüm modelleri oluşturulma ve öngöründe bulunma gibi süreçlerde deneyim kazanmalarına olanak sağlanmalıdır (Greiff vd., 2012).

Ulusal alan yazında karmaşık problem çözme becerilerine olan düşük ilgiden yola çıkılarak bu çalışmada PISA problem çözme testinin kuramsal temelleri incelenmiştir. Çalışmada karmaşık problemlerin temel özellikleri, bileşenleri ve karmaşık problem çözme becerilerini ölçmede işe koşulan belli başlı bilgisayar temelli yaklaşımlara yer verilmiştir. Bu yaklaşımlar semantik mikro dünyalar, doğrusal yapı denklemleri ve sonlu durum özdevinirlerin kullanımı olarak üç ayrı kategoriye ayrılmaktadır.

Doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirler karmaşık problemlerin bilgisayar temelli ortamlarda canlandırılmasını ve karmaşık problem çözme süreçlerinin semantik mikro dünyalara göre daha kısa süreli etkinlikler olarak gerçekleştirilmesini olanaklı kılar. Formel eğitim kurumlarında bir ders saatinin kırk dakika olduğu düşünülürken, doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirler bir ders saati içerisinde kolayca uygulanabilir. Ayrıca doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirler Funke (2001)'in de belirttiği gibi, karmaşık problemlerin sistematik olarak geliştirilebilmesi, problem zorluk derecesinin düzenlenebilmesi, karmaşık problem çözme becerilerinin diğer yaklaşımlara göre daha güvenilir olarak ölçülebilmesi ve farklı karmaşık problem durumlarına ilişkin öğrenci başarılarının karşılaştırılmasını olanaklı kılmaması gibi özellikleri nedeniyle karmaşık problemlerin ölçülmesinde oldukça etkili ortamlardır. Bu özellikler katılımcıların karmaşık problem süreçlerindeki eylemlerinin tam olarak anlaşılmasına, karmaşık sistemdeki farklı düzenlemelerin çözüme olan etkisinin gözlenmesine, aynı problem mekaniğinin farklı hikâyelerle sunulması yoluyla bağlamın çözüm üzerindeki etkisinin incelenmesine olanak sağlar (Funke, 2001). Tüm bu özelliklerine rağmen doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirlerin sunduğu karmaşık problemler gerçek yaşama yakınlık bakımından semantik mikro dünyaların gerisindedir.

Doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirlerin semantik mikro dünyalara göre bir diğer dezavantajı karmaşık sistemin tasarımında değişkenlerin girdiden bağımsız olarak zamana bağlı değişiminin göz ardı edilmesidir (Funke, 2014). Genel olarak karşılaştırıldığında semantik dünyalar daha gerçekçi problem durumları sunarken, doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirler problem çözme sürecinin uygulanması ve ölçülmesini daha kolay kılmaktadır. Dolayısıyla araştırmacılar problem çözme sürecini daha güvenilir olarak ölçme ile daha gerçekçi olarak yansıtmak arasında bir seçim yapmak durumundadırlar.

Alanyazına bakıldığında karmaşık problem çözme becerilerine ilişkin ölçme yaklaşımlarının tamamında bilgisayar temelli ortamların kullanıldığı görülmektedir. Karmaşık problemleri diğer problem türlerinden ayıran en temel özelliklerden biri erişilebilecek tek bir doğru çözüm yolunun bulunmamasıdır (Hung, 2013). Bu tür problem durumlarında bireylerin en uygun çözümü bulabilmeleri için, izledikleri stratejilerin problem durumunu nasıl etkilediğini anlık dönütler aracılığıyla sürekli gözlemlenmeleri gerekmektedir. Dolayısıyla bilgisayar temelli ortamların sunduğu anlık etkileşim ve dönüt olanakları karmaşık problem çözme becerilerinin ölçümü için yaşamsal önem taşımaktadır (Wirth ve Klieme, 2003). Öte yandan bilgisayar temelli ortamlar karmaşık problem çözme becerilerinin puanlanması sürecinde de büyük kolaylık sağlamaktadır (Scheuermann ve Björnsson, 2009). Bu ortamlar sadece öğrencilerin ulaştığı sonucu değil, sonuca ulaşırken nasıl bir süreci takip ettiklerini de kayıt altına alabilmektedir (Greiff vd. 2013). Nitekim açık kaynak kodlu ve kullanımı ücretsiz olan geniş ölçekli öğrenci ölçme ve değerlendirme uygulamalarının geliştirilmesinde epey mesafe kat edilmiş durumdadır. Bu uygulamaların bazıları doğrusal yapı denklemleri ve sonlu özdevinirlerden oluşan karmaşık problemlerin uygulanmasına olanak sunmaktadır (örn. TAO, <http://www.taotesting.com/>).

Ülkemizde öğrencilerin karmaşık problem çözme becerilerinin geliştirilmesine yönelik bir vizyona gereksinim duyulmaktadır. Bu vizyon disiplinler arası bir beceri olan karmaşık problem çözmenin öğretim programlarına gizli bir öğretim programı gibi gömülmesini gerekli kılmaktadır (Mayer ve Wittrock, 2006; s. 296). Derslerde öğrencilere gerçek yaşamda karşılaşılan karmaşık problem durumları sunulmalı ve öğrencilerin gerek sınıfta gerekse sınıf

dışı ortamlarda işbirlikli olarak karmaşık problemler üzerinde çalışmalarını teşvik edilmelidir. Karmaşık problemleri çözme süreçlerinde öğrencilerin problem durumunu özgürce sorgulamalarına ve kendi çözüm yollarını üretmelerine fırsat verilmelidir. Problem çözme süreçlerinde yanlış stratejilerin takip edilmesinin de öğrencilerin gelişiminin bir parçası olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla öğretmenler karmaşık problem çözme süreçlerinde öğrencilerin yanlış stratejiler belirlemelerini önlemeyi değil uygulanan stratejilerin daha da iyileştirilebilebileceğine ilişkin öğrencilerde farkındalık ve motivasyon oluşturmayı amaçlamalıdır.

Öte yandan PISA problem çözme alanında ulusal başarıyı artırmak için Türkçe olarak hazırlanmış karmaşık problem çözme testlerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu testler çevrimiçi ortamlarda uygulanmaya uygun şekilde tasarlanarak örgün eğitim kurumlarındaki öğrencilerin kullanımına sunulabilir. Milli Eğitim Bakanlığı yönetimindeki Eğitim ve Bilişim Ağı (EBA), çevrimiçi karmaşık problem testlerinin ülke genelinde uygulanması için oldukça uygun bir ortamdır. EBA'da oluşturulacak olası bir karmaşık problem test havuzunun öğrenci yanıtlarına ilişkin kişiselleştirilmiş dönüt verecek şekilde tasarlanması öğrencilerde karmaşık problem çözme becerilerinin geliştirilmesinde etkili olabilir.

Son olarak Türkiye'de öğrencilerin karmaşık problem çözme becerilerinin geliştirilmesine yönelik bir vizyonun oluşturulabilmesi için konuyu ulusal ölçekte derinlemesine ele alan bilimsel araştırmalar yapılmalıdır. Bu bağlamda, mevcut çalışmanın konuya ilişkin bir araştırma gündeminin oluşmasına katkıda bulunması ümit edilmektedir.

Kaynakça

- Akyüz, G., ve Pala, N. M. (2010). PISA 2003 sonuçlarına göre öğrenci ve sınıf özelliklerinin Matematik okuryazarlığına ve problem çözme becerilerine etkisi. *İlköğretim Online*, 9(2).
- Akyüz, G., ve Satıcı, K. (2013). PISA 2003 Verilerine göre matematik okuryazarlığının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi: Türkiye ve Hong Kong-Çin modelleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 21(2).
- Anagün, Ş. S. (2011). PISA 2006 Sonuçlarına göre öğretme-öğrenme süreci değişkenlerinin öğrencilerin fen okuryazarlıklarına etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 36(162).
- Anıl, D. (2010). Uluslararası öğrenci başarılarını değerlendirme programı (PISA)'nda Türkiye'deki öğrencilerin fen bilimleri başarılarını etkileyen faktörler. *Eğitim ve Bilim*, 34(152).
- Aşkar, P., ve Olkun, S. (2005). PISA 2003 sonuçları açısından okullarda Bilgi ve İletişim Teknolojileri kullanımı. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, 19, 15-34.
- Autor, D. H., Levy, F., ve Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118, 1279–1333.
- Aydın, A., Sarier, Y., ve Uysal, Ş. (2012). Sosyoekonomik ve sosyokültürel değişkenler açısından PISA matematik sonuçlarının karşılaştırılması. *Eğitim ve Bilim*, 37(164), 20-30.
- Berberoğlu, G., ve Kalender, İ. (2005). Öğrenci başarısının yıllara, okul türlerine, bölgelere göre incelenmesi: ÖSS ve PISA analizi. *Journal of Educational Sciences ve Practices*, 4(7).

- Brehmer, B., ve Dörner, D. (1993). Experiments with computer-simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9(2-3), 171-184.
- Centola, D., Wilensky, U., ve McKenzie, E. (2000). Survival of the groupiest: Facilitating students' understanding of the multiple levels of fitness through multi-agent modeling—The EACH Project. *International Journal of Complex Systems*, 377.
- Coşguner, T. (2013). *Uluslararası öğrenci başarı değerlendirme programı (PISA) 2009 uygulaması okuma becerileri okuryazarlığını etkileyen faktörler.* (Yayınlanmamış doktora tezi). Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Çobanoğlu, R., ve Kasapoğlu, K. (2010). PISA'da Fin başarısının nedenleri ve nasılları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 39(39).
- Dörner, D. (1980). On the difficulty people have in dealing with complexity. *Simulation ve Games*, 11, 87-106.
- Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F., ve Stäudel, T. (1983). *Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität.*
- Dunbar, K. (1998). Problem solving. Editör W. Bechtel, ve G. Graham. *A companion to Cognitive Science içinde* (s. 289-298). London: Blackwell.
- Edwards, W. (1962). Dynamic decision theory and probabilistic information processing. *Human Factors*, 4, 59-73.
- Engelhart, M., Funke, J. ve Sager, S. (2011). A new test-scenario for optimization-based analysis and training of human decision making. *SIAM Conference on Optimization (SIOPT 2011) Kongresine sunulmuş bildiri.*
- Eraslan, A. (2009). Finlandiya'nın PISA'daki Bbaşarısının nedenleri: Türkiye için alınacak dersler. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 3(2).
- Fındık, L. Y., ve Kavak, Y. (2013). Türkiye'deki sosyo-ekonomik açıdan dezavantajlı öğrencilerin PISA 2009 başarılarının değerlendirilmesi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 2(2), 249-273.
- Fischer, A. (2015). *Assessment of problem solving skills by means of multiple complex systems—Validity of Finite Automata and Linear Dynamic Systems.* (Yayınlanmamış doktora tezi). Heidelberg Üniversitesi, Heidelberg.
- Fischer, A., Greiff, S., ve Funke, J. (2011). The process of solving complex problems. *Journal of Problem Solving*, 4(1), 19-42.
- Frensch, P. A., ve Funke, J. (Eds.). (1995). *Complex problem solving: The European perspective.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Funke, J. (1993). Microworlds based on linear equation systems: a new approach to Complex Problem Solving and experimental results. Editör G. Strube ve K.F. Wender, *The Cognitive Psychology of Knowledge içinde* (s. 313-330). Amsterdam: North-Holland.
- Funke, J. (2001). Dynamic systems as tools for analysing human judgement. *Thinking ve Reasoning*, 7(1), 69-89.
- Funke, J. (2010). Complex problem solving: a case for complex cognition? *Cognitive Processing*, 11, 133-142.
- Funke, J. (2012). Complex problem solving. Editör N. M. Seel. *Encyclopedia of the sciences of learning sciences içinde* (s. 682-685), US: Springer.
- Funke, J. (2014). Analysis of minimal complex systems and complex problem solving require different forms of causal cognition. *Frontiers in Psychology*, 5, 739.

- Gigerenzer, G., ve Brighton, H. (2009). Homo heuristics: Why biased minds make better inferences. *Topics in Cognitive Science*, 1, 107–143.
- Goldstone, R. L., ve Wilensky, U. (2008). Promoting transfer by grounding complex systems principles. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(4), 465-516.
- Gonzalez, C. ve Lebiere, C. (2005). Instance-based cognitive models of decision making. Zizzo, D. ve Courakis, A. (Eds.), *Transfer of Knowledge in Economic Decision Making içinde*. New York: Palgrave MacMillan.
- Gonzalez, C., Lerch, F. J., ve Lebiere, C. (2003). Instance-based learning in dynamic decision making. *Cognitive Science*, 27, 591-635.
- Greiff, S., ve Martin, R. (2014). What you see is what you (don't) get: a comment on Funke's (2014) opinion paper. *Frontiers in psychology*, 5.
- Greiff, S., Fischer, A., Stadler, M., ve Wüstenberg, S. (2015). Assessing complex problem-solving skills with multiple complex systems. *Thinking & Reasoning*, 21(3), 356-382.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Csapo, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., Graesser, A. C., vd. (2014). Domain-general problem solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review*, 13, 74-83.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Holt, D. V., Goldhammer, F., ve Funke, J. (2013). Computer-based assessment of Complex Problem Solving: concept, implementation, and application. *Educational Technology Research and Development*, 61(3), 407-421.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Molnár, G., Fischer, A., Funke, J., ve Csapó, B. (2013). Complex problem solving in educational contexts—Something beyond g: Concept, assessment, measurement invariance, and construct validity. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 364.
- Gürsakar, S. (2012). PISA 2009 öğrenci başarı düzeylerini etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1).
- Güzeller, C. O. (2011). PISA 2009 Türkiye örneğinde öğrencilerin bilgisayar öz-yeterlik inançları ve bilgisayar tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(4).
- Hung, W. (2013). Team-based complex problem solving: a collective cognition perspective. *Educational Technology Research and Development*, 61(3), 365-384.
- Jacobson, M. J., Kapur, M., So, H. J., ve Lee, J. (2011). The ontologies of complexity and learning about complex systems. *Instructional Science*, 39(5), 763-783.
- Jacobson, M. J., Kapur, M., So, H. J., ve Lee, J. (2011). The ontologies of complexity and learning about complex systems. *Instructional Science*, 39(5), 763-783.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63-85.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking fast and slow*. New York, NY: Farrar, Straus and Giroux.
- Kelly, N., Jacobson, M. J., Markauskaite, L., ve Southavilay, V. (2012). Agent-based computer models for learning about climate change and process analysis techniques. *Proceedings of the 10th International Conference of the Learning Science (ICLS 2012)* (1), 25-32.
- Klahr, D., ve Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1-48.
- Lechner, T., Watson, B., Wilensky, U., ve Felsen, M. (2003). Procedural modeling of land use in cities. *Midgraph Conference*, Washington University, St. Louis, MO.

- Loke, S. K., Al-Sallami, H. S., Wright, D. F., McDonald, J., Jadhav, S., ve Duffull, S. B. (2012). Challenges in integrating a complex systems computer simulation in class: An educational design research. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(4).
- Mainert, J., Kretzschmar, A., Neubert, J. C., ve Greiff, S. (2015). Linking complex problem solving and general mental ability to career advancement: Does a transversal skill reveal incremental predictive validity? *International Journal of Lifelong Education*, 34(4), 393-411.
- Maroulis, S., ve Wilensky, U. (2005a). Leave no turtle behind: An agent-based simulation of school choice dynamics. *The Annual meeting of the American Educational Research Association*, Montreal, Canada.
- Mayer, R. E., ve Wittrock, M. C. (2006). Problem solving. P. A. Alexander, ve P. H. Winne (Ed.), *Handbook of Educational Psychology içinde* (s. 287–303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Newell, A. ve Simon, H.A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- NetLogo. (2016). [Bilgisayar yazılımı]. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/5.3.1/> adresinden 16/04/2016 tarihinde erişilmiştir.
- OECD. (2001). *Knowledge and skills for life: First results from the OECD Programme for International Student Assessment (PISA) 2000*. 04/05/2016 tarihinde <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33691620.pdf> adresinden 05/01/2016 tarihinde alınmıştır.
- OECD. (2010). *PISA 2012 field trial problem solving framework*. 04/05/2016 tarihinde <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/46962005.pdf> adresinden 05/01/2016 alınmıştır.
- OECD. (2012). *Better skills, better jobs, better lives: A strategic approach to skills policies*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264177338-en> adresinden 05/01/2016 tarihinde alınmıştır.
- OECD. (2013). *Explore PISA 2012 Mathematics, Problem Solving and Financial Literacy test questions*. <https://www.oecd.org/pisa/test/> adresinden 18/04/2016 tarihinde alınmıştır.
- OECD. (2014). *PISA 2012 results: Creative problem solving: Students skills in tackling real-life problems Volume V*. 05/04/2016 tarihinde <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/> adresinden 05/01/2016 tarihinde alınmıştır.
- Pathak, S. A., Kim, B., Jacobson, M. J., ve Zhang, B. (2011). Learning the physics of electricity: A qualitative analysis of collaborative processes involved in productive failure. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 6(1), 57-73.
- Sabelli, N. (2006). Understanding complex systems strand: Complexity, technology, science, and education. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 5–9.
- Satıcı, K. (2008). *Pisa 2003 Sonuçlarına göre Matematik okuryazarlığını belirleyen faktörler: Türkiye ve Hong Kong-Çin*. (Yayınlamamış Yüksek Lisans Tezi), Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.
- Scheuermann, F., ve Björnsson, J. (2009). *The transition to computer-based assessment*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Schraw, G., Dunkle, M. E., ve Bendixen, L. D. (1995). Cognitive processes in well-defined and ill-defined problem solving. *Applied Cognitive Psychology*, 9(6), 523-538.
- Stevens, J. (1992). *Applied multivariate statistics for the social sciences*. (2. baskı). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

- Stroup, W. M., ve Wilensky, U. (2014). On the embedded complementarity of agent-based and aggregate reasoning in students' developing understanding of dynamic systems. *Technology, Knowledge and Learning*, 19(1-2), 19-52.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Şengül, A. (2011). *Türk öğrencilerinin PISA 2009 okuma becerilerini açıklayan değişkenlerin CHAID analizi ile belirlenmesi*. (Yayımlanmamış doktora tezi), Ankara University, Ankara.
- Vye, N. J., Goldman, S. R., Voss, J. F., Hmelo, C., ve Williams, S. (1997). Complex mathematical problem solving by individuals and dyads. *Cognition and Instruction*, 15(4), 435-484.
- Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. [Bilgisayar yazılımı]. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> adresinden 02/04/2016 tarihinde erişilmiştir.
- Wilensky, U., ve Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. MIT Press.
- Wirth, J., ve Klieme, E. (2003). Computer-based assessment of problem solving competence. *Assessment in Education: Principles, Policy ve Practice*, 10(3), 329-345.
- Wüstenberg, S., Greiff, S., ve Funke, J. (2012). Complex problem solving. More than reasoning? *Intelligence*, 40, 1-14.
- Wüstenberg, S., Greiff, S., Molnár, G., ve Funke, J. (2014). Cross-national gender differences in complex problem solving and their determinants. *Learning and Individual Differences*, 29, 18-29.