

TEDD

TÜRK EĞİTİM DEĞERLENDİRMELERİ DERGİSİ



MEDİPOL
UNV-YAYIN
MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

TEDD

TÜRK EĞİTİM DEĞERLENDİRMELERİ DERGİSİ



MEDİPOL
UNV-YAYIN
MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

TÜRK EĞİTİM DEĞERLENDİRMELERİ DERGİSİ
THE JOURNAL OF TURKISH EDUCATIONAL REVIEW

e-ISSN: 2822-5740

İlkbahar/Haziran 2022 Sayı:1 Cilt: 1
Spring/June 2022 Issue: 1 Volume: 1

Sahibi / Owner

İstanbul Medipol Üniversitesi adına / On
behalf of Istanbul Medipol University
Prof. Dr. Ömer CERAN

Baş Editör / Editor in Chief
Prof. Dr. Servet BAYRAM

Editör / Editor
Dr. Öğr. Üyesi Nadire Gülçin YILDIZ

Yardımcı Editörler / Co-Editors
Dr. Öğr. Üyesi Mehdi SOLHİ
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep KILIÇ

Dil Editörleri / Language Editors
Dr. Öğr. Üyesi Ashı Burçak TAŞÖREN
Dr. Öğr. Üye. Sena GÜME
Dr. Öğr. Üye. Yelda YILDIZ ÖNAL

Sekreteryası / Secretary
Arş. Gör. Belkis BENLİOĞLU
Arş. Gör. Zeynep ARSLAN

**İstatistik Editörü /
Statistics Editor**
Dr. Öğr. Üyesi Mehdi SOLHİ
Ar. Gör. Sümeyye Eliz BURHAN

İletişim / Correspondance
İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacak
Güney Yerleşkesi Göztepe Mah. Atatürk
Cad. No: 40/16 34815 Beykoz/İstanbul

**Yayın Koordinatörü /
Publications Coordinator**
Mert SARSAĞ

Art Direktör / Art Director
Levent KARABAĞLI - Medicomia

Grafik-Tasarım / Graphic-Design
Sertan VURAL - Medicomia

Hakem Kurulu / Reviewer Board
Prof. Dr. Servet BAYRAM
Doç. Dr. Aynur KESEN MUTLU
Doç. Dr. Ferah ÇEKİCİ
Doç. Dr. Asude MALKOÇ
Doç. Dr. Ülkü TOSUN
Dr. Öğr. Üye. Advıye Pınar
KONYALIOĞLU
Dr. Öğr. Üye. Ashı Burçak TAŞÖREN
Dr. Öğr. Üye. Esra YEMENLİ
Dr. Öğr. Üye. Figen BOZKUŞ
Dr. Öğr. Üye. Hüseyin KOCAMAN
Dr. Öğr. Üye. İlker ALTUNBAŞAK
Dr. Öğr. Üye. İlknur EĞİNLİ
Dr. Öğr. Üye. Mefharet
VEZİROĞLU ÇELİK
Dr. Öğr. Üye. Mehdi SOLHİ
Dr. Öğr. Üye. Melike ŞAHİN
Dr. Öğr. Üye. Nadire Gülçin YILDIZ
Dr. Öğr. Üye. Sena GÜME
Dr. Öğr. Üye. Yelda YILDIZ ÖNAL
Dr. Öğr. Üye. Zeynep KILIÇ

*İsımlere göre alfabetik sıra ile verilmiştir.

* The names are listed in alphabetical order.

İçindekiler

Bilişsel Yük Kuramı ve Matematik Problemlerinin Bilişsel Yük Ataması <i>Cognitive Load Theory And Cognitive Load Assignment of Mathematical Problems</i>	7
Zeynep ARSLAN, İstanbul Medipol Üniversitesi Hasan ÜNAL, Yıldız Teknik Üniversitesi	
İran'daki Türk Göçmenlerin Kültürleşme Tutumları ve Sosyal Kimlik Algıları Üzerine Bir Araştırma <i>Acculturation Attitudes and Social Identity Perceptions of Turkish Migrants in Iran</i>	33
Zehra Nur GENÇ, İstanbul Medipol Üniversitesi	
Egzersiziz Beyin Üzerindeki Etkilerinin Biyopsikoloji Açısından Değerlendirilmesi <i>Reviewing The Impacts of Exercise on The Brain Using Biopsychological Approach</i>	59
Ülkü Ayşe BAYRAM, İstinye Üniversitesi	
Mesleki ve Teknik Anadolu Liselerinde Eğitim Gören Öğrenciler ile Yapılan Çalışmalara İlişkin Sistemik Bir Derleme <i>A Review Study on Research Conducted with Students Studying in Vocational and Technical Anatolian High Schools</i>	69
Kayhan ŞEN, Dilek Sabancı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Sadık ÇOBAN, Dilek Sabancı Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	
“Ahlat Ağacı” Filmi: Psiko-Analitik Perspektiften Bir Söylem Analizi <i>“The Wild Pear Tree” Film: A Discourse Analysis Using Psycho-Analytic Perspective</i>	85
Ziya Okan KIZILAY, İstanbul Medipol Üniversitesi Servet BAYRAM, İstanbul Medipol Üniversitesi	
Virginia Satir'in Dönüşümsel Sistemik Terapi Yaklaşımına Genel Bakış <i>An Overview Of Virginia Satir's Transformational Systemic Therapy Approach</i>	97
Asude MALKOÇ, İstanbul Medipol Üniversitesi	

Bilişsel Yük Kuramı ve Matematik Problemlerinin Bilişsel Yük Ataması

Zeynep Arslan^{1*}, Hasan Ünal²

Citation: Arslan, Z. ve Ünal, H. (2022). Bilişsel yük kuramı ve matematik problemlerinin bilişsel yük ataması. *Türk Eğitim Değerlendirmeleri Dergisi*, 1, (1), 7-32.

Received: 19.06.2022

Accepted: 22.06.2022

Published: 30.06.2022

Publisher's Note: Istanbul Medipol University stays neutral with regard to any jurisdictional claims.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the DergiPark.

ÖZ: Bu çalışmanın amacı bilişsel yük kuramının incelenmesi ve matematik problemlerine uygulanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda bilişsel yük kuramının kökleri ve bilişsel yük kuramının gelişimi ile ilgili literatür derinlemesine taranmış ve incelenmiştir. Bununla birlikte bilişsel yük kuramını teorik çerçeveye kabul eden matematik ve geometri alanyazınındaki çalışmalar ile birlikte farklı branşlarda (fizik, biyoloji, kimya, algoritma, psikoloji, İngilizce, fen bilgisi, mühendislik, robotik kodlama) yapılan alanyazınındaki çalışmalar da incelenmiştir. Bilişsel yük kuramı ve bilişsel yük kuramının farklı branşlardaki uygulamaları matematik problemlerinin bilişsel yükünün atamasına temel oluşturmuştur. Bu çalışma ile daha önce yapılan çalışmalarla köklendirilen matematiksel problemlerinin bilişsel yükünün ataması için on iki temel sınıflandırma açığa çıkmıştır. Bu açığa çıkan sınıflandırmalar; problemde yeni tanımlamaların olması, problemin yeni tasarım gerektirmesi, problemin alışılmadık dışında matematiksel yapısının olması, problemin sembolik ve cebirsel ifadeleri içermesi, problem çözümedeki sarmal ve lineer durum, problemdeki verilerin lineer ve kaotik transferi, problemin çoklu yoldan çözülmesi, prob-

1 Ar. Gör.; Istanbul Medipol Üniversitesi; zeynep.arslan1@medipol.edu.tr; Orcid ID: 0000-0001-5135-8246; Sorumlu Yazar

2 Prof. Dr.; Yıldız Teknik Üniversitesi; hunal@yildiz.edu.tr; ORCID ID: 0000-0002-4661-111X

lemdeki verilerin çeşitliliği, problemdeki verilerin şekilsel örtüklüğü, problemdeki verilerin sayısal ve cebirsel örtüklüğü, problem çözme basamaklarındaki bağlantı, problem içindeki yönlendirme potansiyelidir. Yukarıda belirtilen bilişsel yükün sınıflandırılmasını sağlayan maddeler herkes için geçerlidir. Bu maddeler matematik problemlerinin çözüm sürecindeki bilişsel yükü açığa çıkaran bir modelin bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu model ile öğrencilerin matematikten uzaklaşmasının nedenlerinden biri olan bilişsel yükün dengelemesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Bilişsel yük kuramı, cebirsel örtüklük, matematik problemlerinin bilişsel yükü, sarmal ve lineer yapı, şekilsel örtüklük*

ABSTRACT: The purpose of study was to examine the cognitive load theory and application to mathematical problems. For this purpose, the literature on the roots and development of cognitive load theory has been reviewed. Furthermore, studies in the literature in different field (i.e., physics, biology, chemistry, algorithm, psychology, English, science, engineering, robotic coding) that accept cognitive load theory as a theoretical framework have also been examined. Cognitive load theory and its applications in different branches have formed the basis for the identification of the cognitive load of mathematical problems. Twelve basic classifications have emerged for the identification of the cognitive load of mathematical problems rooted in previous studies. These classifications include new definitions in the problem, the problem that requires a new design, the problem that has an unusual mathematical structure, the problem that contains symbolic and algebraic expressions, the spiral and linear situation in problem solving, linear and chaotic transfer of data, solving the problem in multiple ways, the diversity of the data in the problem, the formal implicitness of the data, the numerical and algebraic implicitness of the data, the link in the problem solving steps, and the orientation potential within the problem. The items that provide the cognitive load classifications mentioned above are valid for everyone. These items form the components of a model that enables to reveal the cognitive load in the solution process of mathematical problems. With this model, it is aimed to balance the cognitive load that causes students to move away from mathematics.

Keywords: *Algebraic implicitness, cognitive load theory, cognitive load of mathematical problems, formal implicitness, spiral and linear structure*

1. Giriş

Toplumlar için problem çözen bireyler yetiştirmek değişen ve dönüşen dünyada acil ihtiyaç haline gelmiştir. Problem çözme matematik eğitiminin temel taşlarından olup birincil hedefleri arasındadır (NCTM, 2000; MEB, 2018; Charles ve Lester, 1982; Schoenfeld, 2009; Schoenfeld, 2013; Schoenfeld ve arkadaşları, 1994; Arcavi ve Schoenfeld, 2008). Bu bağlamda ihtiyaç duyulan birey hem kişisel hem de içinde yaşadığı topluma ait problemleri çözebilmesi için, bilişsel yük kapasitesi yüksek, yaratıcı düşünebilen, analiz ve muhakeme becerileri gelişmiş, gerektiğinde iş birliğine gidebilen bireyler yetiştirilmesine imkân sağlamak gerekir (Partnership for 21st Century Skills, 2008; MEB, 2015; Özsoy, 2007; Ittenbach ve Harrison, 1990; Davidson vd., 1994). Problem çözme becerisi bireyin önceden sahip olduğu bilgiyi, karşılaştığı problemlerin çözüm yollarına transfer edebilmesi için çok önemlidir (Sweller, 1989; Sweller vd., 1990; Van Merriënboer vd., 1992).

Türkiye’de problem çözme becerisinin ölçüldüğü merkezi ulusal (LGS/ TYT-AYT) ve uluslararası (PISA ve TIMSS) sınavlar yıllardır uygulanmaktadır. Günümüzde yapılan Liselere Geçiş Sınavı (LGS) sorularında da problem çözme becerisi ön planda olmasına rağmen başarı oranı düşük olduğu belirtilmiştir (MEB, 2018). MEB’in (2018b, 2019b) LGS sınavına ilişkin yayınladığı raporlara göre öğrencilerin önemli bir oranı özellikle matematik dersinde (2018, %42,89; 2019, %40,28) soruları boş bıraktığı belirtilmiştir. Uluslararası yapılan sınavlarda ise Türkiye’nin akademik başarı OECD ülkelerinin sıralamasının gerisindedir (OECD, 2017). Bu akademik sınavlardaki başarısızlığının nedenlerini bireysel, çevresel faktörler başta olmak üzere pek çok altında incelenmiştir (Demir vd., 2010). Bireyin zekasına, bilişsel öğrenme stillerine ve bilişsel yük taşıma kapasitesine, hazırbulunuşluğuna, duyuşsal kapasitesine, cinsiyetine, yaşına, motivasyonuna, dikkat ve kaygısına (Bosker 1999; Kiamanesh, 2004; Papanastasiou, 2000); çevresel faktörleri ise okulda (öğretmen-arkadaş çevresi) ve aile çevresine (Akbaba Altun ve Çakan, 2004) atfedebilir.

Öğretmenler öğrencilerin problem çözme becerilerinin gelişmesinde kritik rol oynamaktadır. Ders kitaplarında pek çok matematik problemi olmasına rağmen öğrencileri için, uygun problemlerin seçimi, bilişsel yüklerinin adaptasyonu, modifiye edilip yeniden tasarlanması ve uygulanması öğretmenlerin sorumluluğundadır (NCTM, 2000). Problemi tanımlarken araştırmacıların hem fikir olmamasına rağmen büyük oranda örtüşmektedirler; Amerika Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi problemi: “Problem çözme, çözüm yönteminin önceden bilinmediği bir göreve katılmak demektir. Bir çözüm bulmak için öğrencilerin bilgilerini geliştirmeleri gerekir ve bu süreç boyunca genellikle yeni matematiksel anlayışlar geliştirirler” (NCTM 2000, s. 52) tanımlarken Schoenfeld (1985) ise; cevaplama

zor olan içerisinde belirsizlik içeren araştırmaya ve yaratıcı düşünmeye dayalı sorular olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde Polya (1957) problem çözmeyi bir yol olarak güçlükten kurtulma olarak belirtmiştir. Van de Walle vd., (2014) problemi karşılaşılan yeni durumun çözümüne yönelik ezberlenmiş bir kuralın olmadığı olay, konu ya da etkinlik olarak açıklamıştır.

Uluslararası yapılan sınavlarda (PISA ve TIMSS) Türkiye'nin başarısı önemli ölçüde OECD ülkelerinin sıralama olarak gerisindedir (OECD,2017). Türkiye'nin PISA ve TIMSS puanlarının yıllara göre değişimi aşağıdaki tablolarda da verilmiştir. PISA sonuçlarına göre ülkemiz matematik okuryazarlığında 2015 yılında 72 ülkeden 50.sıradayken; 2018 yılında 78 ülke arasında 42.sıraya yükselmiştir (PISA,2018).

Tablo 1. Türkiye'nin 2003-2018 Yılları Arasında PISA Matematik Ortalamaları

Yıllar	2003	2006	2009	2012	2015	2018
Ortalama	423	424	445	448	420	454

2019 yılında 4.sınıfların TIMSS puanlarına göre Türkiye, 533 ortalama ile 58 katılımcı ülkeden 23. Sırada yer alarak ölçeğin ortalama puanının üzerindedir. 8.sınıfların TIMSS puanlarına göre Türkiye, 496 ortalama ile 39 katılımcı ülkeden 20. Sırada yer alarak ölçeğin ortalama puanına (ölçek ortalama puanı:500) yakındır (TIMSS, 2019).

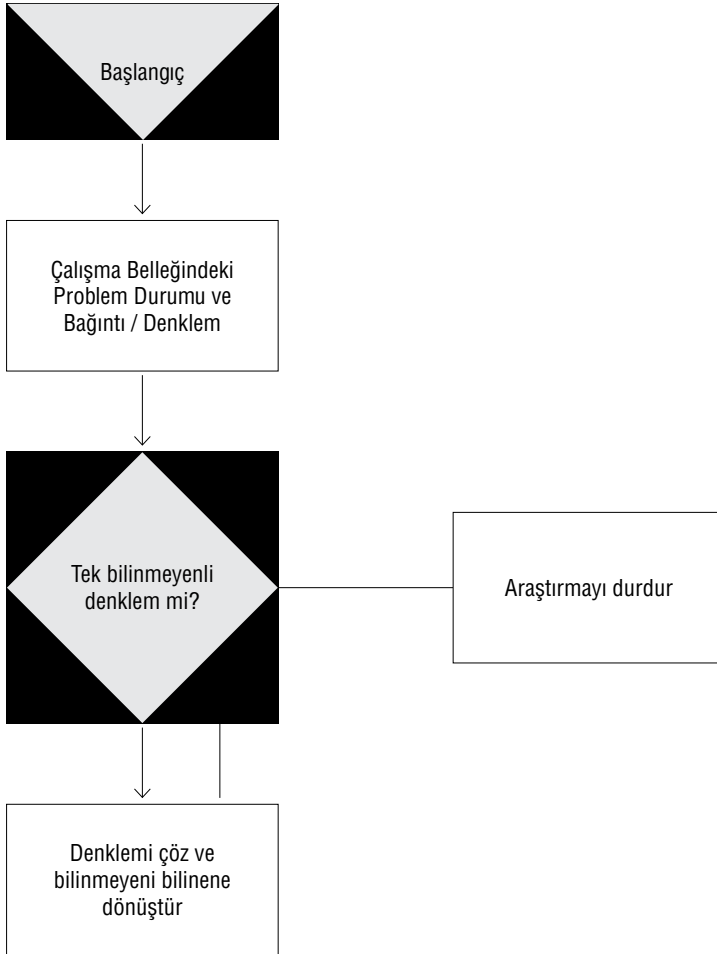
Tablo 2. Türkiye'nin 20011-2019 Yılları Arasında TIMSS Matematik Ortalamaları

Yıllar	2011	2015	2019
4.sınıf ortalaması	469	483	523
8.sınıf ortalaması	452	458	496

Ulusal yapılan sınavlarda (LGS vb..) matematik başarı oranına dikkat çekilmelidir. 2021 Liselere Geçiş Sınavı'nda (LGS) 20 soruluk matematik alt testindeki başarı ortalaması 7,56 olup; bu soruların tamamını doğru işaretleyen öğrenci oranı %0,32 iken tamamını yanlış işaretleyen öğrenci oranı ise %3,79 dır (MEB, 2021). Yani 2021 yılında yapılan 1.038.492 öğrencinin katıldığı bu sınavda yaklaşık 39 bin öğrenci matematik testinden sıfır doğru yapmış olduğu anlaşılmaktadır. Bu başarısızlığın altında yatan kritik noktalar yukarıda ifade edildiği üzere pek çok faktöre (bireysel, çevresel faktörler vb..) dayan-

makta olup bunlardan bir tanesi de öğrencinin bilişsel yük taşıma kapasitesi ile her bir sorudaki bilişsel yükün dengelenmesidir. Bilişsel yük kuramı Sweller (1988, 1989, 2010) çalışmaları ile temellendirilmiş Sweller ve arkadaşları (1998) ve Sweller ve arkadaşları (2011) çalışmaları ile detaylandırılmış ve hala kuram üzerindeki çalışmalar günümüzde devam etmektedir.

Sweller'ın (1988) çalışmasında problem çözme becerisi ile ilgili yapılan çalışmaları uzman-acemi ayırımına göre kapsamlı olarak yaparak, Problem durum konfigürasyonlarının hafızası; Problem çözme stratejileri ve Problemi sınıflandırmada kullanılan özellikler olarak üç kategoride sınıflandırılmıştır. Sweller (1988), uzman-acemi ayırımının temelinde problem çözme stratejisi ve oluşturulan zihinsel şemalar bulunmaktadır. Aşağıda bu oluşan zihinsel şemalardan biri verilmiştir.



Şekil 1. Spesifik Olmayan Bir Hedef Üretim Altında Kontrol Akışı (Sweller, 1988)

2. Bilişsel Yük Kuramı

Bilişsel yük kuramı öğrenme sürecindeki bilişsel kaynakları etkin ve doğru kullanmayı savunmaktadır (Sweller, 1988). Sweller (1998) bilişsel yükü; içsel bilişsel yük/dışsal bilişsel yük/germane bilişsel yük olmak üzere üç boyutta açıklamıştır. İçsel Bilişsel yük, öğrenilen içeriğin, materyalin ve eğitim-öğretim müfredatının öğrencide oluşturduğu bilişsel yük olup, dışsal bilişsel yük ise bu içerik, materyal ve müfredatın içsel karmaşıklık ile azaltılması gereken ideal olmayan tüm prosedürleri içermektedir (Sweller, 2010). Germane yük, sunulan bilgilerden bağımsız olarak içsel bilişsel yükü belirleyen tüm etkileşimli öğelere ayrılmış çalışma belleği kaynaklarının bir fonksiyonudur (Sweller, 2010).

Sweller (2010) çalışmasında bilginin çalışan bellek kapasitesini aşmadan uzun süreli belleğe aktarılmasının öğrenme sürecini kolaylaştırdığını ve bu durumun da bilişsel yükün asıl amacı olduğunu belirtmiştir. Bu amaç doğrultusunda bilişsel yük kuramı çalışan belleğin en verimli kullanım şekliyle ilgilenmektedir (Paas ve Van Merriënboer, 1994; Salleh vd., 2018). Eğer çalışan bellek gereksiz/işkilili olmayan bilgiler ile meşgul edilirse ağır bir bilişsel yük oluşumuna neden olduğu söylenebilir. Karmaşık bilişsel görevlerin öğrenilmesi sınırlı işlem hızı ile ilişkilendirilirken (Paas ve Merrienboer, 1994); öğrenilmesi dikkatin yeterli olmaması ve buna bağlı olarak yüksek veya aşırı bilişsel yük ile ilişkilendirilmektedir (Sweller, 1988).

2.1. Bilişsel Yük Çeşitleri

Bilişsel Yük Teorisi üç boyutta açıklamaktadır. Bu üç boyut sürekli bir araştırma ve yeniden tanımlama sürecinden geçmektedir (Orru ve Longo, 2019). İçsel (Intrinsic Load), Dışsal (Extraneous Load), Germane (Germane Load) bilişsel yük olarak adlandırılan bu yüklerin toplamı mevcut bellek kapasitesini aştığında öğrenme gerçekleşmemektedir (Paas vd., 2003).

2.1.1. İçsel Bilişsel Yük (Intrinsic Load)

İçsel Bilişsel Yük, öğrenilen içeriğin, materyalin ve yoğun müfredatın öğrencide oluşturduğu bilişsel yüküdür (Sweller, 2010). İçsel bilişsel yük belirli bir görevi yerine getirebilmesi için gerekli bilgilerin çalışan bellekte yapılandırılması ve kodlaması sırasında meydana gelmekte olup kişinin kontrolü dışındadır (Clark vd., 2005). İçsel bilişsel yük, öğrenmeyi olumsuz etkileyecek hiçbir engelle takılmadan maksimum düzeyde öğrenme sağlamak için anlaşılması gereken konuyu ve öğrenilmesi gereken öğretim materyalinin doğal karmaşıklığı ile ilgilenmektedir (Sweller 1994; Sweller ve Chandler 1994; Sweller, 2010). Öğrenenin algıladığı görev zorluğu, asıl bilişsel yük olarak değerlendirilmeli-

dir (Brünken vd., 2010). Öğrenmeyi gerçekleştirirken ortaya çıkan ve gerekli olan çalışan bellekteki yüküdür. Öge etkileşim düzeyi içsel bilişsel yükü etkileyen önemli bir faktördür (Sweller, 2010). Öge etkileşimi, öğrencinin verilen bir görevi başarabilmesi için kullanması gereken bilgilerin çalışan bellekte düzenlenmesi olarak açıklanabilir (Clark vd., 2005). Öge etkileşimi ile içsel yük doğru orantılıdır. Çünkü çalışan bellekte eş zamanlı olarak az sayıda öğelerin işlenmesi gerekecektir (Sweller vd., 2011).

2.1.2. Dışsal Bilişsel Yük (Extranous Load)

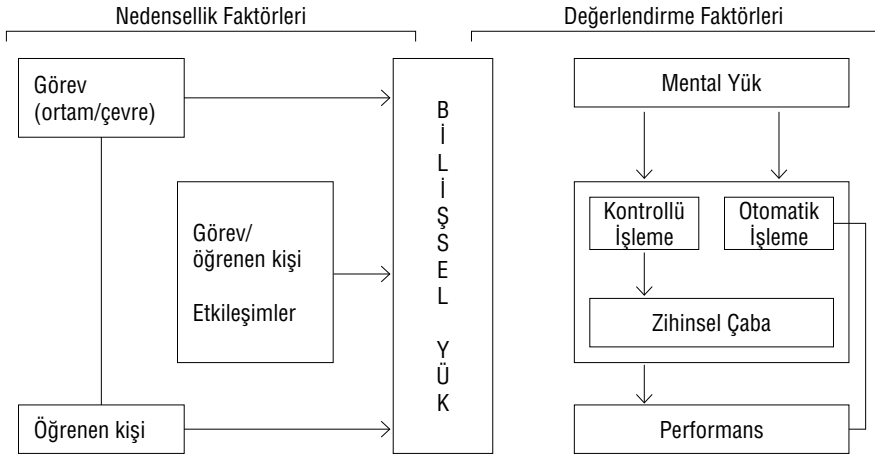
Bilişsel yük teorisini, dışsal bilişsel yükü azaltmak için tasarlanmıştır (Sweller, 2010). Dışsal bilişsel yük, materyal ve müfredatın içsel karmaşıklık ile azaltılması gereken ideal olmayan tüm prosedürleri içermektedir (Sweller, 2010). Dışsal Bilişsel Yük, öğrenme ortamında kullanılan bilgiler ve materyallerin uygun olmaması durumunda ya da bilgiyi işleme sürecini olumsuz etkileyecek öğeler içeriyorsa oluşur (Kılıç, 2006; Paas vd., 2003). Dışsal Bilişsel Yük, öğrenme görevinin sunum biçimiyle ilgilidir (Choi vd., 2014; Paas vd., 2003; Sweller, 2010). Aynı bilgi öğrenilmesi gereken bilgiye göre içsel veya dışsal yük oluşturabilir (Sweller, 2010). Bunlar kullanılan materyal, yöntem ve teknikler olabilir fakat bunlar tamamen çevreden kaynaklıdır. Çünkü aynı şekilde çevreden gelen bir korna sesi vb. faktörlerde dışsal bilişsel yükü oluşturur. Çalışan belleğin sınırlı bir kapasitesi olduğu için öğretimin etkili ve kalıcı olması adına dışsal bilişsel yükün en aza indirilmesi gerekmektedir.

2.1.3. Germane Yük (Germane Load)

Germane Bilişsel Yük, zihinsel yapıların oluşması ve düzenlenmesini sırasında meydana gelir ve sunulan bilgilerden bağımsızdır (Sweller, 2010). Bireyin öğrenmesine doğrudan katkı sağlar. Çünkü öğrenmenin gerçekleşmesi germane bilişsel yükün yüksek olması ile mümkündür (Clark vd., 2005). İçsel ve dışsal bilişsel yük ağırlıklı olarak öğrenme materyalinin özellikleri üzerinde dururken germane bilişsel yük öğrenen özellikleriyle ilişkilidir (Sweller, 2010). Germane bilişsel yük materyalin anlaşılabilirliği için bireyin gösterdiği bilişsel çaba olup bireyin ilgili konuya karşı motivasyonu ile ilişkili olduğu söylenebilir (Mayer, 2001). Öğrenme sırasında germane bilişsel yükün düzenlenmesi iç bilişsel yükün kontrol edilmesi ve dışsal bilişsel yükün en aza indirilmesi/ yok edilmesi gerektiği belirtilmiştir (Paas vd., 2003; Sweller, 2010). Germane Bilişsel Yük'ün artması bilişsel yükü azaltacağı için etkili ve kalıcı öğrenme gerçekleşir. Bu nedenle Germane Bilişsel Yük kontrol altına alınması içeriğin karmaşıklığını azaltıp, görsel işitsel öğelerin kullanımı dengelenerek, ilişiksiz bilgiler azaltılarak, bilgiler parçalara bölünüp parça bütün ilişkisi korunarak,

bilgilerdeki aşamalılık gözetilerek, içeriğin biçimsel özellikleri düzenlenerek, dikkatin bölünmesi önlenerek, öğrencilerin ön bilgi eksikliği giderilerek ve hazırbulunuşlukları sağlanarak germane bilişsel yük artırılabilir (Clark vd., 2011; Paas ve Van Merriënboer, 1994; Sweller vd., 2011, Moreno ve Mayer, 1999). Birey içsel bilişsel yüke müdahale edemezken germane yük ve dışsal yükü kontrol edebilmektedir. Dışsal bilişsel yükün azaltılması ve germane bilişsel yükün alanının artırılması ile oluşturulan zihin yapıları, içsel yükün az olmasını sağlayacaktır (Paas vd., 2003)

2.2. Bilişsel Yükü Etkileyen Faktörler



Şekil 2. Bilişsel yük yapısının şematik gösterimi (Paas ve Merriënboer, 1994)

Bilişsel yükün etkilendiği faktörlere nedensel faktörler, etkilediği faktörlere ise değerlendirme faktörleri denilmektedir (Paas ve Merriënboer 1994). Nedensel faktörler, görev ortamı özellikleri, öğrenen özellikleri ve görev ortamı ile öğrenen özellikleri arasındaki etkileşimleri içermektedir (Paas ve Merriënboer 1994). Bu boyutlar ile bireyin çalışan belleğinde oluşan gereksiz bilişsel yük öğrenmeyi etkilemektedir (Paas vd., 2004). Bilişsel yükün etkilediği değerlendirme faktörleri için bilişsel yük; zihinsel yük, zihinsel çaba ve performansın etkileşimleri ile ilgilidir. Zihinsel yük, görev veya çevresel talepler tarafından oluşmaktadır (Paas ve Merriënboer 1994).

Öğrenciler tarafından harcanan çabanın yoğunluğunun genellikle bilişsel yükün özünü oluşturduğu düşünülmektedir (Hamilton, 1979; Paas, 1992; Sanders, 1979). Bu bağlamda zihinsel çaba bilişsel yükün bir göstergesi olarak kullanılabilir (Paas ve Merriënboer 1994).

2.3. Bilişsel Yükün Ölçülmesi

Bilişsel yük kuramına göre, çalışan belleğe yüklenen bilişsel yük dolaylı yöntemlerle ölçülebilir (Kılıç, 2006). Bilişsel yükü ölçmek için ihtiyaç duyulan temel bileşenler bilişsel yük, zihinsel çaba ve performans değişkenleridir. Zihinsel çabanın bilişsel yükün bir göstergesi olduğu için ölçümünde önemli bir bileşendir. Bilişsel yükün ölçülmesinde, derecelendirme ölçeklerini kullanan öznel teknikler ve fizyolojik parametreleri kullanan nesnel teknikler kullanılabilir (Paas ve Merriënboer 1994). Nesnel teknikler, öğrenenin verdiği psikolojik dönütler, göz izleme analizi ve öğrenme çıktılar olup bilişsel yükü ölçmek için, kalp atış hızı ve hızdaki değişimler, göz kapağını kırpma ve göz bebeğindeki büyüme ve küçülme gibi ölçümler kullanıldığı belirtilmiştir (Sweller vd., 1998). Öznel tekniklerde ise kendi harcadıkları bilişsel yükü değerlendirecekleri ölçeklerden yararlanılır. Örneğin; Paas ve Van Merriënboer (1994a) tarafından geliştirilen Bilişsel Yük Ölçeği bireyin kendinin göstermiş olduğu zihinsel çabayı 1 ile 9 arasında (1.Çok çok az, 2. Çok az,8. Çok fazla, 9. Çok çok fazla) bir değerle ifade edebilecekleri bir ölçek geliştirmiştir.

2.4. Bilişsel Yük Teorisi ile ilgili Çalışmalar

Bilişsel yük ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde matematik ve geometri (Paas ve Van Merriënboer, 1994; Gillmor vd., 2015; Kurban, 2018; Karabay, 2020), kimya (Pekdağ, 2010; Kala, 2012), algoritma (Gomes ve Mendes, 2007; Katai ve Toth, 2010), robotik kodlama (Shim vd., 2016; Küçük ve Şişman, 2017), fen bilgisi (Yalçın, 2018; Kelepçe, 2021), İngilizce (Küçük vd., 2014), mühendislik (Dila İkiz, 2021), psikoloji (Çepelioğullar, 2020) vb. alanlarda çalışmalar incelenmiştir.

Tablo 3. Uluslararası Alanyazın

Uluslararası Alanyazın	Yıl	Çalışma Konusu
Sweller J.	1988	Problem çözme ve problemlerin sınıflandırılmasında bilişsel yük kavramı ile inceleme yapmıştır.
Chandler, P. ve Sweller, J.	1991	Öğretim biçimlerindeki bilişsel yük ile ilgilenmiştir.
Paas, F. G., ve Van Merriënboer, J. J.	1994	Geometrik problem çözme becerilerindeki bilişsel yükü incelemiştir.
Sweller, J., ve Chandler, P.	1994	Materyallerin öğrenilmesindeki zorluk ve bilişsel yük ilişkisi
Sweller, J., Van Merriënboer, J. J., ve Paas, F. G.	1998	İnsanın bilişsel mimarisini ve öğretim tasarımını bilişsel yük ile incelemiştir.
Paas, F., Renkl, A., ve Sweller, J.	2003	Bilişsel yük teorisi ve öğretim tasarımındaki son çalışmalarını üzerine bir çalışmadır.
Clark, R., Nguyen, F. ve Sweller, J.	2005	Bilişsel yükü yöneterek öğrenmede verimi sağlama üzerine çalışmıştır.
Sweller, J.	2010	Öğre etkileşimi ile içsel/dışsal/etkili bilişsel yük ilişkisini incelemiştir.
Sweller, J., Ayres, P., ve Kalyuga, S.	2011	Bilişsel Yük Teorisi (kitap)
Clark, R. C., Nguyen, F., ve Sweller, J.	2011	Bilişsel yükü yöneterek öğrenmede verimi sağlama (kitap)
Choi, H. H., van Merriënboer, J. J. ve Paas, F.	2014	Fiziksel çevrenin bilişsel yük ve öğrenme üzerindeki etkilerini açıklayan yeni bir model üzerine çalışılmıştır.
Gillmor, S. C., Poggio, J., ve Embretson, S.	2015	Matematik test öğelerinin bilişsel yükünü azaltmanın öğrenci performansına etkileri üzerine bir çalışmadır.

Tablo 4. Ulusal Alanyazın

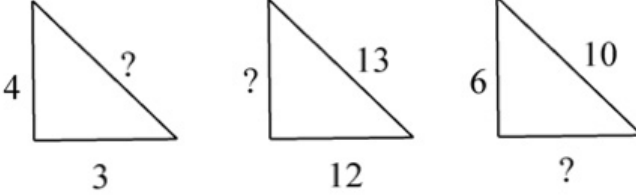
Ulusal Alanyazın	Yıl	Çalışma Konusu
Nesli KALA (Tez)	2012	Bilişsel yük kuramına göre kimya alanında hazırlanan öğretim tasarımı üzerinde bir çalışmadır.
Mübeccel YALÇIN (Tez)	2018	Fen bilgisi eğitiminde Arcs motivasyon modeli kullanılarak hazırlanan bir eğitim yazılımının öğrenilmesi ve bu öğrenmedeki bilişsel yük üzerine bir çalışmadır.
Feyza KURBAN (Tez)	2018	Dinamik geometri ortamında uzamsal becerilerinin gelişiminin ve bu durumdaki bilişsel yükün incelendiği bir çalışmadır.
Firuzan Hilal KARABAY (Tez)	2020	Matematiksel problem çözmeye mobil uygulamaların öğrencilerinin akademik başarılarına ve bilişsel yüklerine etkisinin incelendiği bir çalışmadır.
Burcu GÜNDOĞDU (Tez)	2020	Robotikle algoritma öğretiminin bilişsel yük ve başarıya etkisinin incelenmesidir.
Osman KELEPÇE (Tez)	2021	Zihin haritası kullanımının öğrencilerinin başarılarına, bilimsel süreç becerilerine, tutumlarına ve bilişsel yüklerine etkisinin incelendiği bir çalışmadır.
Bülent PEKDAĞ	2010	Kimya öğretiminde teknolojik araçların öğrenme üzerindeki bilişsel yükünü incelemiştir. DOI: https://hdl.handle.net/20.500.12462/9523
Sevda KÜÇÜK Rabia YILMAZ Yüksel GÖKTAŞ	2014	İngilizce öğreniminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin bilişsel yük düzeylerine etkisi incelenmiştir. DOI: http://dx.doi.org/10.15390/EB.2014.3595
Burak ŞİŞMAN Sevda KÜÇÜK	2018	Robotik programlamada öğretmen adaylarının bilişsel yük seviyelerini incelemişlerdir. DOI: https://doi.org/10.17943/etku.366193

2.5. Matematik Problemlerindeki Bilişsel Yük ve Sınıflandırılması

Matematiksel problemlerin çözüm sürecindeki bilişsel yüklerinin sınıflandırılması için açıklayıcı bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu model bir soru ile karşı karşıya gelindiğinde herkes için geçerli olan bilişsel yükünü açığa çıkarması gerekmektedir. Örneğin, “Kamyonun kasasında kaç ton/kg yük vardır?” sorusu herkes için aynı kabul edilen bir cevabı istemektedir. Bu yük herkes tarafından aynı kabul edilir. Başka bir örnek verirsek, Naim Süleymanoğlu 342,5 kg kaldırabilir fakat normal bir insan kaldıramaz. Ama bu durum yükün herkes için aynı olduğu gerçeğini değiştirmemektedir. Aynı şekilde bu bağlam matematik problemlerinde de geçerli olup problemin çözülüp çözülmemesi onun bilişsel yükünü değiştirmemektedir.

2.6. Sıfır Bilişsel Yük

1- Kazanımın en yalın halinde uygulanması (Pisagor teoreminde iki dik kenar verilmiş hipotenüs istenmesi ve benzer durumlar)



2- Formüllerin direk uygulanması (Aritmetik ortalama: Verilen 5 sayının aritmetik ortalamasının bulunması)

3,5,7,9,11'in aritmetik ortalaması kaçtır?

3- İşlemsel anlamının ön planda olduğu sadece prosedürlerin takibi ve uygulanması (Birincisini aynen tut ikincisini ters çevir çarp)

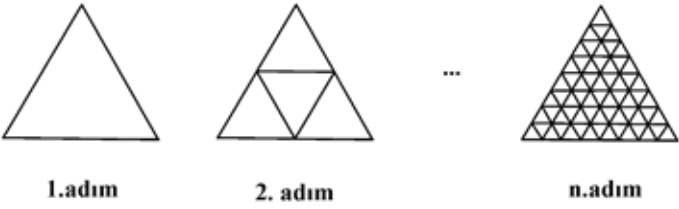
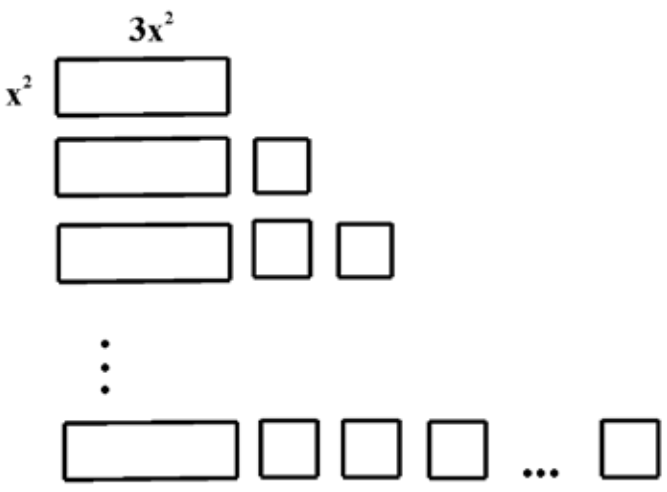
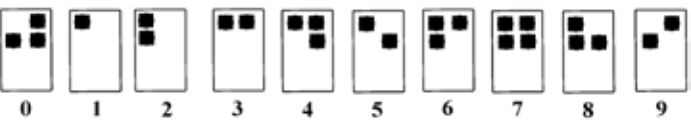
$$\frac{\frac{2}{3}}{\frac{5}{7}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{7}{5}$$

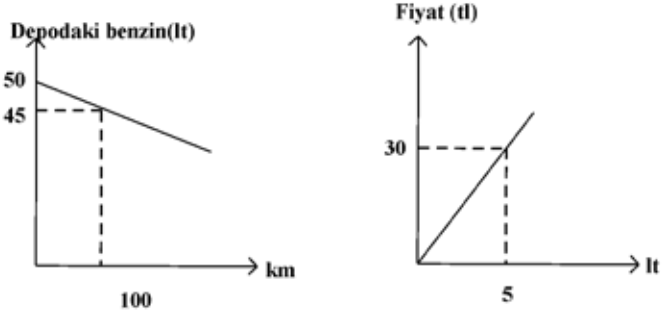
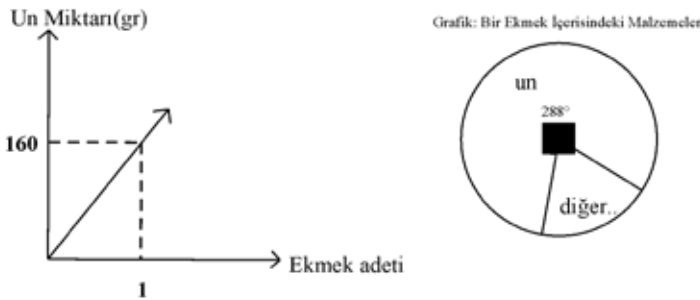
2.7. Bilişsel Yükün Azaltılması /Hafifletilmesi

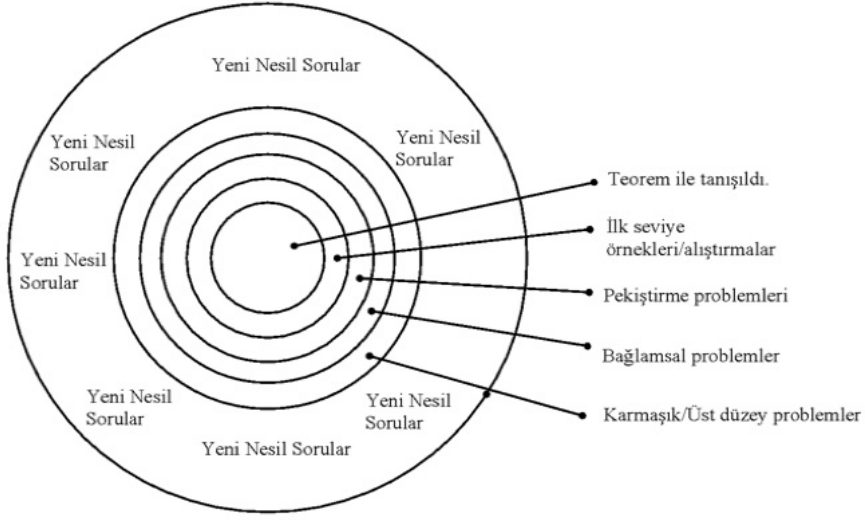
a. Bazı durumlarda bilişsel yük hafifletilebilir. Sözel bir ifadenin yanına denklem verilmesi veya şekille desteklenmesi, Denklemin yanına görsel verilmesi gibi durumlarda normal bilişsel yük puanı orantısal olarak düşürülür.

b. Sorunun çözümünde tekrarlı işlemler/aynı yöntemin uygulanması bilişsel yükü azaltır.

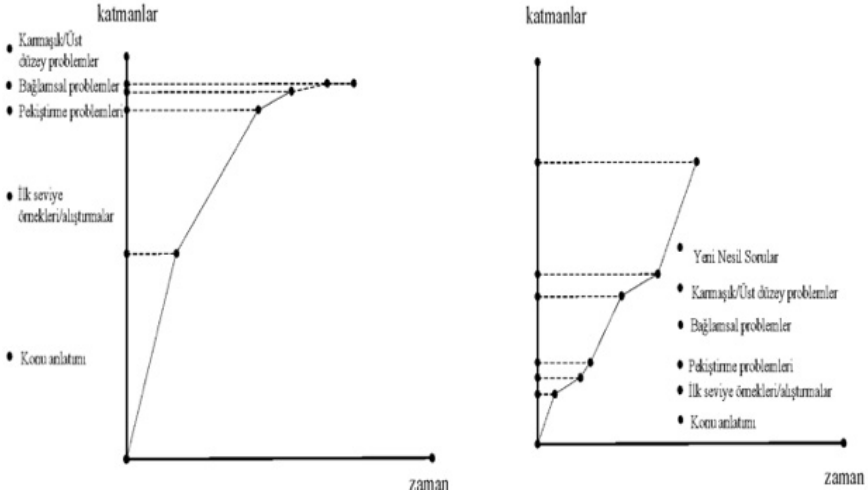
Tablo 5. Matematik Problemlerine Bilişsel Yük Ataması Rehber Soruları

	Bilişsel Yükü Analiz Sorusu ve Seçili Örnek Problemler	Bilişsel Yük Puanı
	Problemde tüm elemanlar verilmemiş	
1	$1^2+2^2+3+\dots+32^2=?$	1
	$1+2+3+\dots+3000=?$	2
	$1+2+3+\dots+n^2=?$	3
	Şekilsel olarak örüntüde tüm elemanlar verilmemiş olup ara elemanların ... nokta ile ifade edilmiş olması	
		1-3
2		
3	Tasarım Gerektiren problemler. Problem çözen kişinin soruya müdahale edip yeniden tasarlaması gereken problemler. Ör. Ekstra çizgi çizilmesi	1-3
	Alışılmışın dışında matematiksel yapıda olması	
4		2

5	Sorularda sayı yerine cebirsel ifadelerin/sembollerin kullanılması	1-3
6	Yeni tanımların yapılması (Daha önce bilinmeyen) ve bu sistemden yeni bir şey üretilmesi	2-3
	Ör: Goran sayıları tanımı verilip farklı bir işlem tanımlamak.	
7	Problem çözerken yapılan hamle bir sonraki basamağı aydınlatması	1-3
	Lineer aydınlatıyor	1
	Sarmal durum	2
	Karanlık durum	3
8	Hedefte uzaklaştıran bilinen stratejilerin uygulanma durumu	1-3
9	Problemdeki verilerin transfer edilebilme durumu	1-3
	Lineer Transfer	1
	Kaotik Transfer	3
10	Problemin verildiği form/formatın getirdiği yük	1-3
11	Problem çözümünde süreçte alternatif yolların olması (potansiyel bilişsel yük)	1-3
12	Aynı anda 2 ve daha fazla veri kullanılması gereken durumlar	1-3
	 <p>Yukarıdaki grafiklere göre bir deponun dolm ücreti nedir?</p>	
	 <p>Yukarıdaki grafiklere göre bir ekmek kaç gramdır?</p>	



Şekil 4. Matematik Dersindeki Katman Yapısına Bir Örnek



Şekil 5. Matematik Dersinde Uygulamadaki Katmanlı Yapıya Bir Örnek

Matematik problemlerinin bilişsel yükü fazla olduğunda öğrenciler matematikten uzaklaşmaktadır. Bu uzaklaşmayı engellemek için öğretim tasarımında bilişsel yükün öğrenme ile dengelenmesi gerekmektedir. Bu dengesizlikte birinci görev öğretmene düşmektedir fakat bilişsel yükün dengelenmesinde öğretmeni destekleyen iç ve dış faktörlerin bir sistemi olmalıdır. Bunların başlıca ör-

nekleri ders ve test kitaplarının tasarımı ile merkezi sınavların tasarımı olup bu tasarımlardaki bilişsel yükün dengelenmesine katkıda bulunarak ve öğretmeni bu süreçte yalnız bırakmayarak desteklemesi önemlidir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

KAYNAKÇA

- Akbaba-Altun ve Çakan, M. (2004). Öğrencilerin sınav başarısına etki eden faktörler: LGS ve ÖSS sınavlarındaki başarılı iller örneği. *Orta Öğretimde Yeniden Yapılanma Sempozyumu*, Ankara, Türkiye.
- Arcavi, A., & Schoenfeld, A. H. (2008). Using the unfamiliar to problematize the familiar. *Canadian Journal of Science Mathematics and Technology Education*, 8(3), 280-295.
- Brünken, R., Seufert, T., & Paas, F. (2010). Measuring Cognitive Load. In J. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), *Cognitive Load Theory* (pp. 181-202). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511844744.011
- Bosker, R.J. (1999). *Educational science and international assessment studies*. Swets & Zeitlinger Publishers.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*. 8(4), 293-332.
- Charles, R. T. & Lester, F. K. (1982). *Teaching problem solving: what, why, how*. Dale Seymour Publications.
- Choi, H. H., van Merriënboer, J. J. & Paas, F. (2014). Effects of the physical environment on cognitive load and learning: towards a new model of cognitive load. *Educational Psychology Review*, 26(2), 225-244.
- Clark, R., Nguyen, F. & Sweller, J. (2005). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. Pfeiffer.
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2011). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. John Wiley & Sons.
- Çakan, M. (2002). Bilişsel stil ile zekâ kavramlarının öğrenci başarısı açısından irdelenmesi ve taşıdıkları önem. *Eğitim Araştırmaları* 8, 86-95.
- Çepelioğullar, N. (2020). *Çalışma Belleği Kapasitesi ve Bilişsel Yükün Mantıksal-Deneyimsel Bilgi İşleme ve Karar Verme Üzerindeki Etkisi* (Yayın no:649051) [Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi].
- Davidson, J.E., Deuser, R., ve Sternberg, R.J. (1994). The role of metacognition in problem solving. In J. Metcalfe & A.P. Shimamura, (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 207-226). MIT Press.
- De Groot, A. (1965). *Thought and Choice in Chess* (2nd ed.). Mouton Publishers.
- Demir, İ., Kılıç, S. ve Ünal, H. (2010). Effects of students' and schools' characteristics on mathematics achievement: findings from PISA 2006. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 3099-3103.
- Dıla İkiz, Y. (2021). *Otomobil İmalatında Artırılmış Gerçeklik Gözlüğü Kullanımının Çalışan Üzerindeki Bilişsel Yük Etkisinin Araştırılması* (Yayın no:678773) [Yüksek Lisans Tezi,

Bursa Uludağ Üniversitesi].

- Gillmor, S. C., Poggio, J., & Embretson, S. (2015). Effects of reducing the cognitive load of mathematics test items on student performance. *Numeracy: Advancing Education in Quantitative Literacy*, 8(1),1-18
- Greeno, J. G. (1978). Natures of problem-solving abilities. In W. K. Estes (Ed.), *Handbook of learning & cognitive processes: V. Human information* (pp. 239–270). Lawrence Erlbaum.
- Gomes, A., & Mendes, A. J. (2007, September). Learning to program-difficulties and solutions. In *International Conference on Engineering Education–ICEE* (Vol. 7).
- Gündoğdu, B. (2020) *Meslek lisesi öğrencilerine lego robotikle algoritma öğretiminin bilgisayarca düşünme, bilişsel yük ve başarıya etkisi* (Yayın no:26701) [Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Hamilton, P. (1979). Process entropy and cognitive control: Mental load in internalized thought processes. In N. Moray (Ed.), *Mental workload: Its theory and measurement* (pp. 289-298). Plenum Press.
- Ittenbach, R.F. ve Harrison, P.L. (1990). Predicting ego-strength from problem-solving ability of college student. *Measurement & Evaluation in Counseling & Development*, 23(3), 128-137.
- Kala, N. (2012) *Bilişsel yük kuramına göre termodinamik konusunda hazırlanan öğretim tasarısının kimya öğrencilerinin hatırlama ve transfer düzeyindeki öğrenmelerine etkisi*. (Yayın no: 321891) [Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- Karabay, F. H. (2020) *Matematiksel problem çözmeye mobil uygulamalarla yapı iskelesi ve ipucu kullanımının ilköğretim üçüncü sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve bilişsel yüklerine etkisi*. (Yayın no: 651991) [Yüksek Lisans Tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi].
- Katai, Z., & Toth, L. (2010). Technologically and artistically enhanced multi-sensory computer-programming education. *Teaching and Teacher Education*, 26(2), 244-251.
- Keleş, O. (2021) *Fen bilimleri dersinde zihin haritası kullanımının 4.sınıf öğrencilerinin başarılarına, bilişsel biliş süreçlerine, tutumlarına ve bilişsel yüklerine etkisi*. (Yayın no: 657588) [Yüksek Lisans tezi, Fırat Üniversitesi].
- Kılıç, E. (2006). *Çoklu ortamlara dayalı öğretimde paralel tasarım ve görev zorluğunun üniversite öğrencilerinin başarılarına ve bilişsel yüklenmelerine etkisi* [Yayımlanmamış doktora tezi] Ankara Üniversitesi.
- Kiamanesh, A. R. (2004). Factors affecting Iranian students' achievement in mathematics. *Paper presented in the First IEA International Research Conference*.
- Kurban, F. (2018). *Ortaokul matematik öğretmeni adaylarının dinamik geometri ortamında uzamsal becerilerinin gelişiminin incelenmesi*. (Yayın no: 494211) [Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi].
- Küçük, S., ve Şişman B. (2017). Birebir robotik öğretiminde öğreticilerin deneyimleri. *İlköğretim Online*, 16(1), 312-325.
- Küçük, S., Yılmaz, R., ve Göktaş, Y. (2014). İngilizce öğreniminde artırılmış gerçeklik: öğrencilerin başarı, tutum ve bilişsel yük düzeyleri. *Eğitim ve Bilim*, 391(76), 393-404
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.
- MEB, (2015). *Matematik dersi öğretim programı ve kılavuzu (1.2.3.4. Sınıflar)*.

- MEB (2021). Liselere Geçiş Sistemi (LGS) Merkezi Sınavla Yerleşen Öğrencilerin Performansı (Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi No: 17) Erişim adresi: https://cdn.eba.gov.tr/icerik/2021/07/rapor/No_17-LGS_2021-merkezi_yerlestirme_211730.pdf Erişim tarihi:31.05.2022.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *İlköğretim Matematik Dersi (1- 5 Sınıflar) Öğretim Programı*. Devlet Kitapları Basımevi.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2019b). Ortaöğretim Kurumlarına İlişkin Merkezi Sınav, Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi, 7.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018b). Liselere Geçiş Sistemi Merkezi Sınavla Yerleşen Öğrenci Performansı. Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi, 3.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (1999). Cognitive principles of multimedia learning: the role of modality and contiguity. *Journal of Educational Psychology*, 91(2), 358.
- NCTM. (2000). Principles and standards for school mathematics. Va: National Council of Teachers of Mathematics Pub.
- OECD (2017). Government at a Glance 2017, OECD Publishing, Paris http://dx.doi.org/10.1787/gov_glance-2017-en
- Orru, G., & Longo, L. (2018). The evolution of cognitive load theory and the measurement of its intrinsic, extraneous and germane loads: a review. In *International Symposium on Human Mental Workload: Models and Applications* (23-48). Springer.
- Özsoy, G. (2007). *İlköğretim beşinci sınıfta üstbiliş stratejileri öğretiminin problem çözme başarısına etkisi*. (Yayın no: 207154) [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi]
- Papanastasiou, C. (2000). Internal and external factors affecting achievement in mathematics: some findings from TIMSS. *Studies in Educational Evaluation*, 26, 1-7.
- Paas, F. G., Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: recent developments, *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of educational psychology*, 86(1), 122.
- Paas, F. G. & Van Merriënboer, J. J. (1994a). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational psychology review*, 6(4), 351-371.
- Paas, F. G., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38 (1), 63-71.
- Paas, F.G.W.C., Renkl, A., ve Sweller, J. (2004). Cognitive Load Theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture1. *Instructional Science*, V.32, p.1-8.
- Paas, F.G.W.C, (1992). Training strategies for attaining transfer of problem solving skill in statistics: a cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology*, V.84, p.429-434.
- Partnership for 21st Century Skills (2008). A Report and Mile Guide for 21st Century Skills. Retrieved September 10,2008 from: http://www.21stcenturyskills.org/downloads/P21_Report.pdf
- Pekdağ, B. (2010). Kimya öğreniminde alternatif yollar: Animasyon, simülasyon, video ve multimedya ile öğrenme. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*. 7(2), 79-110.

- PISA 2018: Insights and Interpretations (PDF), OECD, 3 Aralık 2019, erişim tarihi: 31.05.2022
- Polya, G. (1957). *How to Solve it. A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton.
- Salleh, S. M., Shukur, Z., & Judi, H. M. (2018). Scaffolding model for efficient programming learning based on cognitive load theory. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(7), 77-82.
- Sanders, A. F. (1979). Some remarks on mental load. In N. Moray (Ed.), *Mental workload: Its theory and measurement* (pp. 41-77). Plenum Press.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). On paradigms and methods: What do you do when the ones you know don't do what you want them to? Issues in the analysis of data in the form of videotapes. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 179-214.
- Schoenfeld, A. H. (Ed.) (1994). *Mathematical thinking and problem solving*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Dubinsky, E., Schoenfeld, A. H., & Kaput, J. (Eds.) (1994). *Research in Collegiate Mathematics Education. I*. Washington, DC: Conference Board of the Mathematical Sciences.
- Schoenfeld, A. H. (2009). Working with schools: the story of a mathematics education collaboration. *American Mathematical Monthly*, 116(3), 197-217.
- Schoenfeld, A. H. (2013). Reflections on problem solving theory and practice. *The Mathematics Enthusiast*, 10(1), 9-34.
- Shim, J., Kwon, D., & Lee, W. (2016). The effects of a robot game environment on computer programming education for elementary school students. *IEEE Transactions on Education*, 60(2), 164-172.
- Sweller, J., (1988). Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cognitive Science*, V.12, p.257-285.
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 457.
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational psychology review*, 22(2), 123-138.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Measuring cognitive load. In *Cognitive load theory* (pp. 71-85). Springer, New York, NY.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive load and selective attention as factors in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 176-192.
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F.G.W.C., (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, V.10, p.251-296.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G. ve Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261- 292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- TIMSS (2019). TIMSS Türkiye Ön Raporu (Eğitim Analiz ve Değerlendirme Raporları Serisi No:15) Erişim Adresi:https://odsgm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_12/10175514_TIMSS_2019_Turkiye_On_Raporu_.pdf Erişim tarihi:31.05.2022.

- Van De Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. W. (2014). *İlkokul ve ortaokul matematiği gelişimsel yaklaşımla öğretim* (7.baskı) (S. Durmuş, Çev.) Nobel Yayınları.
- Van Merriënboer, J. J., Jelsma, O., & Paas, F. G. (1992). Training for reflective expertise: A four-component instructional design model for complex cognitive skills. *Educational Technology Research and Development*, 40(2), 23-43.
- Yalçın, M. (2018) *Fen bilimleri eğitiminde arcs motivasyon modeli kullanarak hazırlanan bir eğitim yazılımının öğrenme üzerine etkilerinin araştırılması* (Yayın no: 492312) [Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi].

Cognitive Load Theory and Cognitive Load Assignment of Mathematical Problems

Extended Abstract

Having problem-solving individuals for societies has become an urgent need in a changing and transforming world. Problem-solving is one of the cornerstones of mathematics education and among its primary goals (NCTM, 2000; MEB, 2018; Charles & Lester, 1982; Schoenfeld, 2009; Schoenfeld, 2013; Schoenfeld et al., 1994; Arcavi & Schoenfeld, 2008). In this context, it is necessary to provide opportunities to raise individuals who have high cognitive load capacity, who can think creatively, who have advanced analysis and reasoning skills, and who can cooperate when necessary, so that the needed individual can solve both personal and social problems (Partnership for 21st Century Skills, 2008; MEB, 2015; Özsoy, 2007; Ittenbach & Harrison, 1990; Davidson et al., 1994).

Central national (LGS/ TYT-AYT) and international (PISA and TIMSS) exams, which measure problem-solving skills, have been applied for years in Turkey. Although problem-solving skills are at the forefront of the High School Entrance Exam (LGS) questions held today, it has been stated that the success rate is low (MEB, 2018). According to the reports published by the Ministry of National Education (2018b, 2019b) regarding the LGS exam, it was stated that a significant proportion of the students left the questions blank especially in the mathematics course (2018, 42.89%; 2019, 40.28%).

Turkey's success in international exams (PISA and TIMSS) is significantly behind OECD countries (OECD, 2017). The change in Turkey's PISA scores over the years is given in the table below. According to PISA results, while our country was ranked 50th out of 72 countries in 2015 in mathematical literacy; It rose to 42nd place among 78 countries in 2018 (PISA, 2018).

Table 1. PISA Mathematics Averages in Turkey Between 2003-2018

Years	2003	2006	2009	2012	2015	2018
Average	423	424	445	448	420	454

The critical points underlying this failure are based on many factors (individual, environmental factors, etc.), as stated above, and one of them is the balancing of the cognitive load carrying capacity of the student with the cognitive load in each question. Cognitive load theory is based on the studies of Sweller (1988, 1989, 2010) and detailed by the studies of Sweller, Merriënboer and Paas (1998) and Sweller, Ayres and Kalyuga (2011) and studies on the theory still continue today.

Cognitive Load Theory

Sweller (1998) cognitive load; explained in three dimensions as intrinsic cognitive load/external cognitive load/germane cognitive load. Intrinsic cognitive load is the cognitive load created by the learned content, material and education curriculum on the student, and external cognitive load includes all non-ideal procedures that need to be reduced by the internal complexity of this content, material and curriculum (Sweller, 2010). Germane load is a function of working memory resources allocated to all interactive elements that determine intrinsic cognitive load independent of the information presented (Sweller, 2010).

Types of Cognitive Load

Sweller (1998) explains the cognitive load theory in three dimensions. These three dimensions go through a continuous process of research and redefinition (Orru & Longo, 2019). Learning does not occur when the sum of these loads, called intrinsic (Intrinsic Load), external (Extraneous Load), and germane (Germane Load) cognitive load, exceeds the available memory capacity (Paas et al., 2003).

Intrinsic Load

Intrinsic Cognitive Load is the cognitive load created by the learned content, material and intensive curriculum on the student (Sweller, 2010). Intrinsic cognitive load occurs during the structuring and encoding of the necessary information in working memory in order to perform a specific task and is beyond the control of the person (Clark et al., 2005). Intrinsic cognitive load is concerned with the natural complexity of the teaching material to be learned

and the subject to be understood in order to achieve maximum learning without any obstacles that may negatively affect learning (Sweller 1994; Sweller & Chandler 1994; Sweller, 2010).

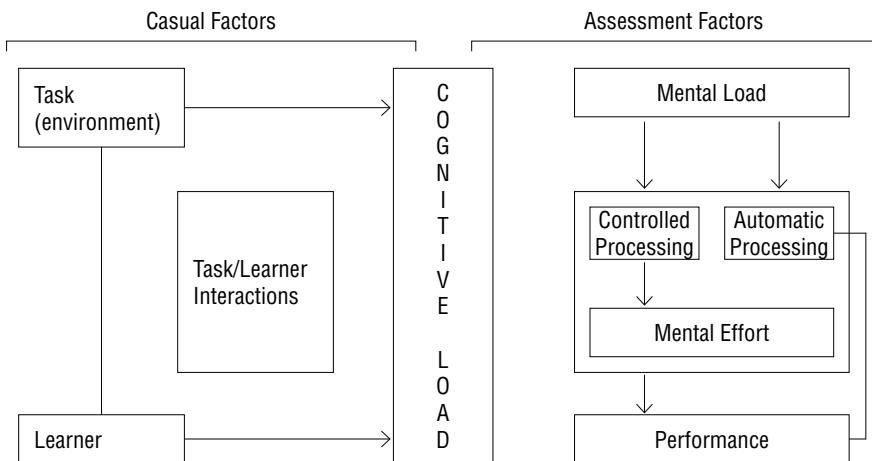
Extraneous Load

The cognitive load theory is designed to reduce external cognitive load (Sweller, 2010). The external cognitive load includes all the non-ideal procedures that need to be reduced by the internal complexity of the material and curriculum (Sweller, 2010). External Cognitive Load occurs when the information and materials used in the learning environment are not suitable or contain elements that will negatively affect the information processing process (Kılıç, 2006; Paas et al., 2003).

Germane Load

Germane Cognitive Load occurs during the formation and regulation of mental structures and is independent of the information presented (Sweller, 2010). It directly contributes to the learning of the individual. Because realization of learning is possible with a high germane cognitive load (Clark et al., 2005). While intrinsic and extrinsic cognitive load mainly focuses on the features of the learning material, the germane cognitive load is related to the learner features (Sweller, 2010).

Factors Affecting Cognitive Load



Şekil 1. Schematic representation of the cognitive load construct (Paas & Merrienboer, 1994)

Factors that affect cognitive load are called causal factors, and factors that affect cognitive load are called evaluation factors (Paas & Merriënboer 1994). Causal factors include task environment characteristics, learner characteristics, and interactions between the task environment and learner characteristics (Paas & Merriënboer 1994). With these dimensions, the unnecessary cognitive load in the working memory of the individual affects learning (Paas et al., 2004). Cognitive load for evaluation factors affected by cognitive load; deals with the interactions of mental load, mental effort, and performance.

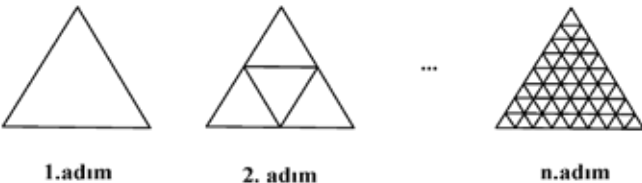
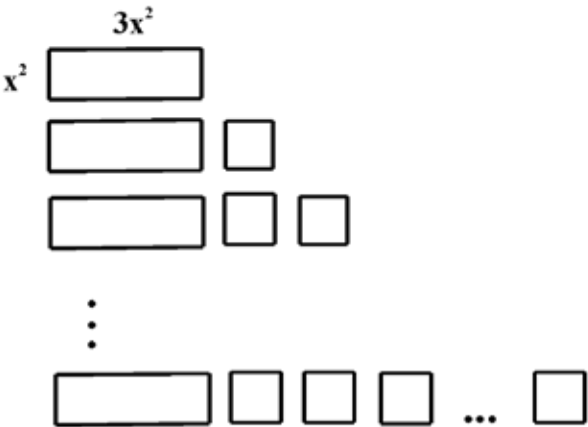
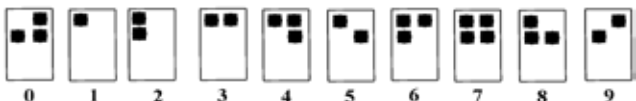
Measuring Cognitive Load

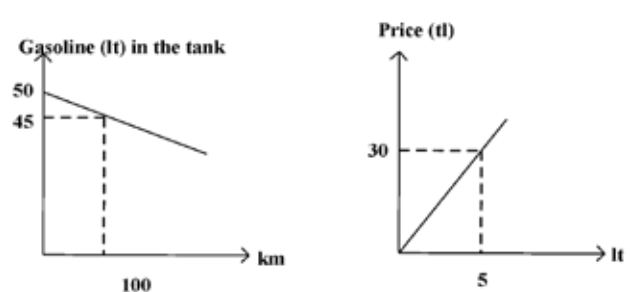
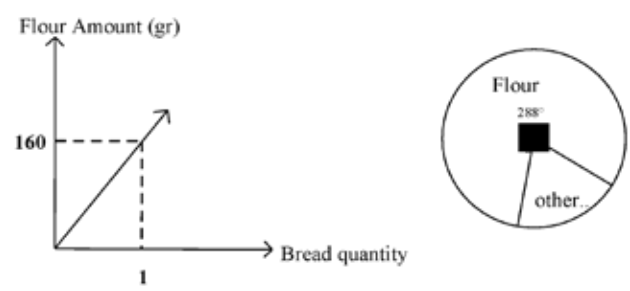
According to the cognitive load theory, the cognitive load loaded on working memory can be measured by indirect methods (Kılıç, 2006). The main components needed to measure cognitive load are cognitive load, mental effort and performance variables. It is an important component in the measurement of mental effort as it is an indicator of cognitive load. Subjective techniques using rating scales and objective techniques using physiological parameters can be used to measure cognitive load (Paas & Merriënboer 1994). Objective techniques are the learner's psychological feedback, eye tracking analysis and learning outcomes, and it has been stated that measurements such as heart rate and speed changes, eyelid blinking, and pupil dilation and contraction are used to measure cognitive load (Sweller et al., 1998). In subjective techniques, on the other hand, scales are used to evaluate their own cognitive load. For example; The Cognitive Burden Scale developed by Paas and Van Merriënboer (1994a) is a scale in which an individual can express his or her mental effort with a value between 1 and 9 (1. very very little, 2. very little,8. very much, 9. very much). developed a scale.

Studies on Cognitive Load Theory

When national and international studies on cognitive load are examined, mathematics and geometry (Paas & Van Merriënboer, 1994; Gillmor et al., 2015; Kurban, 2018; Karabay, 2020), chemistry (Pekdağ, 2010; Kala, 2012), algorithm (Gomes & Mendes, 2007; Katai & Toth, 2010), robotic coding (Shim et al., 2016; Küçük & Şişman, 2017), science (Yalçın, 2018; Clamp, 2021), English (Küçük et al., 2014), engineering (Dila İkiz, 2021), psychology (Çepelioğulları, 2020) studies in the fields were examined.

Table 2. Cognitive Load Assignment to Math Problems Guidance Questions

	Cognitive Load Analysis Question and Selected Sample Problems	Cognitive Load Score
1	Not all elements are given in the problem....	
	$1^2+2^2+3+\dots+32^2=?$	1
	$1+2+3+\dots+3000=?$	2
	$1+2+3+\dots+n^2=?$	3
2	Not all elements are given in the pattern visually, but intermediate elements are expressed with ... dots. 	1-3
		
3	Problems Requiring Design. Problems in which the problem solver must intervene and redesign the question. eg. Extra line drawing	1-3
4	Having an unusual mathematical structure	
	 Ex: A question given in Braille format	2
5	Using algebraic expressions/symbols/ instead of numbers in questions	1-3
6	Making new definitions (unknown before) and producing something new from this system	2-3
	For example: Giving the definition of Goran numbers and defining a different operation.	

	The move made while solving the problem illuminates the next step.	1-3
7	Linear lights up	1
	Spiral state	2
	Clark state	3
8	Implementation of known strategies that distract from the target	1-3
9	Transferability of the data in the problem	1-3
	Linear Transfer	1
	Chaotic Transfer	3
10	The burden of the form/format in which the problem is given	1-3
11	Having alternative ways in the process of problem solving (potential cognitive load)	1-3
12	Situations where 2 or more data must be used at the same time	1-3
	 <p>According to the graphs above, what is the filling cost of a warehouse?</p>	
	 <p>According to the graphs above, how many grams is a loaf of bread?</p>	

When the cognitive load of mathematical problems is high, students move away from mathematics. In order to prevent this divergence, cognitive load should be balanced with learning in instructional design. The first task in this balance falls on the teacher, but there should be a system of internal and external factors that support the teacher in balancing the cognitive load. It is important to support the teacher by contributing to the balancing of the cognitive load in the design of the textbooks and test books, the main examples of which are the design of the central exams, and by not leaving the teacher alone in this process.