



## Temellendirilmiş Zihinsel Model Teorisi

Mehmet Altan KURNAZ <sup>1</sup>\*

<sup>1</sup> Eğitim Fakültesi, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2824-4077

### Özet

Gerçekliğe bireylerin yüklediği farklı anlamlar, bilişsel yapılanma farklılıklarını meydana getirmektedir. Eğitim alanında öğrencilerin olgular, kavramlar ya da konular hakkındaki bilişsel yapılanmalarını anlama gayretleri söz konusudur. Zihinsel model teorisi de eğitim alanında öğrencilerin bilişsel yapılanmalarını anlamlandırmada yararlanılan araştırma alanları arasındadır. Bu çalışmada zihinsel model teorisi ve zihinsel model belirleme hakkında yürütülen çalışmalara yönelik analitik bir değerlendirme mevcuttur. Yapılan değerlendirmelerden hareketle de, zihinsel model teorisinin işe koşmadaki eksikliklerini gidereceği düşünülen 'temellendirilmiş zihinsel model teorisi' tanıtımı ve 'temellendirilmiş zihinsel model' tespit etmeyi açıklama bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

### Makale

#### Geçmişi:

Alındı:  
22/03/2022

Revize Edildi:  
21/04/2022

Kabul Edildi:  
28/04/2022

### Anahtar

#### Kelimeler:

Temellendirilmiş  
Zihinsel Model  
Teorisi;  
Temellendirilmiş  
Zihinsel Model;  
Temellendirilmiş  
Zihinsel Model  
Tespiti

### Atf için:

Kurnaz, M. A. (2022). Temellendirilmiş zihinsel model teorisi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(1), 121-132. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/amauefd/1>



## Grounded Mental Model Theory

Mehmet Altan KURNAZ <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Education, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey, ORCID: 0000-0003-2824-4077

### Abstract

Different meanings attributed to reality by individuals create differences in cognitive structuring. In the field of education, there are efforts to understand the cognitive structures of students about phenomena, concepts or subjects. Mental model theory is among the research areas used to make sense of students' cognitive structures in the field of education. In this study, there is an analytical evaluation of the studies on mental model theory, and mental model determination. Based on the evaluations made, the purpose of this study is to introduce the 'grounded mental model theory', which is thought to eliminate the deficiencies of the mental model theory, and to identify the 'grounded mental model'.

### Article History:

Received:  
22/03/2022

Revised:  
21/04/2022

Accepted:  
28/04/2022

### Keywords:

Grounded  
Mental Model  
Theory;  
Grounded  
Mental Model;  
Determining  
Grounded  
Mental Model

### To cite this article:

Kurnaz, M. A. (2022). Grounded menal model theory. *Amasya Education Journal*, 11(1), 121-132.  
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/amauefd/1>

\*Corresponding Author Mehmet Altan Kurnaz ✉ altan.kurnaz@gmail.com  
ISSN: 2146-7811, ©2022 Amasya University

## Giriş

Gerçeklik doğada var olan olarak kabul edildiğinde, bireyler arası iletişimde gerçekliğe dair ortak anlamlandırmalardan söz edilebilse de bireysel anlamda farklı anlamlar bulunması olasıdır. Bireysel anlamlandırmalardaki farklılığın nedeni gerçekliğin bireyden bağımsız olmasıdır. Yani, her bireyin gerçekte gördüğü ve ona yüklediği anlam bireysel edinimlere bağlıdır. Buna göre her bir bireyin gerçek için zihinsel kodlamaları birbirinden farklıdır. Somut ya da soyut, bizim için var olana dair zihinsel kodlamalarımız zihinsel model teorisi ile açıklanmaktadır.

### **Zihinsel Model Teorisi**

İçinde bulunulan bağlamın yaygın/ortak imge ve sembolleriyle yapılandırılan, gerçekliğin belli bir bölümünü yansıtan, zihinde birbiriyle ilişkili birçok şemanın bir araya gelerek oluşturduğu bilişsel yapılara zihinsel model denir (Gilbert, 2011). Zihinsel modeller, yaşantılarla sürekli gelişen ve/veya değişen bir işleyişe sahiptir (Greca & Moreira, 2000); yani dinamik bilişsel yapılardır. Gilbert vd. (2000) göre bilişsel yapılar, kalıtım özelliklerinin sunduğu yeterliliklere bağlı edinilen ve yapılandırılmadan önce hızla yenilenen şemalardır. Bilişsel şemalarla birey, gerçeklikle arasındaki ilişkiyi kurar (Gilbert, 2004). Clement'e (1993) göre şemalar bireyin yapacaklarıyla ilgili zihnindeki rehberlerdir. Bu şematik yaklaşımda 'bireyin gerçek dünya hakkındaki bilgisi ve bilgi işleme sürecine ait yapılar' zihinsel modellerdir (Gentner & Stevens, 1983). Hanke'ye (2008) göre daha önce deneylenmemiş olguların anlaşılmasında ve açıklanmasında bireylerin soyut araçlarıdır. Buna göre zihinsel modeller bireylerin gerçek dünyanın davranışlarını açıklama, kestirme ve anlamada yararlandıkları veya yapılandırdıklarıdır (Greca ve Moreira, 2000, 2002; Itza-Ortiz vd., 2004). Buradan zihinsel modellerin söylenmeden anlaşılabilirliği ve geliştirilebilirliği, sentezlerle oluşturulduğu ve bağlamsal bir temelde sınırlandırıldığı ifade edilebilir (Kurnaz, 2011). Zihinsel modeller gerçeklik ve zihin arasında kurulan bir bağlantı (Glas, 2002; Hubber, 2006), bir nesnenin ve fiziksel bir yapının veya sürecin temsili (Ingham ve Gilbert, 1991; Nersessian, 1995) ve deneyimler ve yeni bilgilerle harmanlanan dinamik, sürekli gelişime açık bilişsel yapılar (Jones vd., 2011) olarak da görülmektedir.

Tecrübe edilenlerin tümünü ayrıntılarıyla beynimizde tutmayız. Bu nedenle karmaşıklığı anlaşılır ve organize edilebilir parçalara basitleştirmek için zihinsel modeller kullanırız. Bu zihinsel modeller, düşünme ve anlamayı şekillendirir. Karmaşıklığı basitleştirir; indirger. Aynı zamanda gözlenen bağlantıları ve fırsatları da şekillendirir. Bazı şeyleri diğerlerinden daha uygun görmeyi ve akıl yürütmeyi sağlar. Diğer bir ifadeyle, bir zihinsel model, bir şeyin ne olduğu ve/veya nasıl çalıştığına bilişsel temsilidir. Zihinsel model teorisi ise bireyin gerçeklik hakkındaki bilişsel temsilini açıklamak için kullanılan düşünce sistemidir.

### **Zihinsel Model Teorisinin Eğitimdeki Yeri**

Zihinsel modeller dünyayı nasıl anladığımızla ilişkili olduğundan yeni bilgiyle mevcut bilgi bütünleştirme sürecinde işe koşur (Hanke, 2008). Başarılı veya başarısız tüm bütünleştirme süreçlerinde zihinsel model yapılandırması vardır (Tversky, 1993). Önemli olan yapılandırıcı zihinsel modelin, birey için işlevsel olmasıdır (Greca ve Moreira, 2000). Bu nedenle bireysel ve örgütsel öğrenme süreçlerinde zihinsel model teorisinin yeri olduğu açıktır.

Zihinsel model teorisinden eğitim alanında yararlanılması farklı gerekçelerle açıklanabilir. Zihinsel modellerin bir kavramın zihinsel yansımada, dünyayı algılamada, sorunları ifade etmede, olayları organize etmede, günlük yaşamdaki sosyal ve psikolojik durumları anlamadaki rolü eğitim alanında yayılmasının gerekçelerindedir (Johnson Laird, 1983). Bilişsel psikolojideki gelişmeler de zihinsel modellerin eğitimde kullanılmasını sağlamıştır (Gentner ve Stevens, 1983). Greca ve Moreira'ya (2000) göre bir bireyin kavramları zihninde nasıl yapılandırdığı ve zihinsel depolamayı nasıl yönettiğini anlamaya yönelik çalışmalar da eğitimde zihinsel model kullanımına alan açmıştır. Zihinsel modellerin eğitimdeki kullanımına, bilgi edinme sürecini zihinsel model geliştirme süreci olarak tanımlayan ve buna göre öğretim süreçlerinin nasıl organize edilmesi gerektiğini açıklayan çalışmalar (örn. Gobert ve Buckley, 2000; Hanke, 2008) da etkili olmuştur.

İlave olarak karmaşık ve sistematik süreçlerin modellemeye dayalı anlatılması veya incelenmesi (örn. Arslan & Arslan, 2010; Kurnaz, 2011) de zihinsel modellerin eğitimde yaygınlaşmasını teşvik etmiştir. Ayrıca öğrenmeyi değerlendirmeye yönelik araştırmaların konusu olması da zihinsel modellerin eğitim alanında kullanımını yaygınlaştırmıştır. Vosniadou ve Brewer'e (1994) göre özellikle öğrenilmesi güç kavramların insan zihninde nasıl anlamlandırıldığına belirlenmesinde zihinsel modeller etkili araçlardır.

Bu yaklaşım Moseley, Desjean-Perrotta ve Utley (2010) tarafından da desteklenmektedir. Zihinsel modeller, gerçeğin bireyin zihnindeki yansıması olarak düşünüldüğünde, bu yansımaların ortaya çıkarılması öğrenmenin niteliği hakkında ipuçları verecektir (Moseley vd., 2010). Benzer şekilde Bruning vd., (2014) göre bilişteki birimlerin, bilginin kendisinden çok bilgiyi yansıtan imge ve semboller içerdiği dikkate alındığında, 'zihinsel modellerin belirlenmesi ve yapısı' öğrenme sürecinin niteliğini görme ve geliştirmede önemli rol oynar. Karmaşık ve sistematik kavramları tanımlamada ve bunların nasıl anlamlandırıldığı ve işe koşulduğunu anlamada zihinsel modellerin eğitim alanında oldukça etkili olduğu ifade edilebilir.

### **Zihinsel Model Belirleme Yöntemleri**

Zihinsel modeller gerçeğin bireyin zihnindeki yansıması olarak düşünüldüğünde, zihinsel model tespit çalışmalarında, bireyin bir konu, kavram veya olgu hakkındaki zihinsel temsillerini elde etmeyi sağlayan veri toplama araçlarının kullanıldığı anlaşılmaktadır. Hedef konu, kavram veya olgu hakkında çizim yaptırma (örn. Moseley vd., 2010), metin olarak yazdırma veya mülakat (örn. Vosniadou & Brewer, 1994; Furlough & Gillan, 2018) veya her ikisinden birlikte yararlanma (örn. Yüzbaşıoğlu, 2015; Kurnaz & Ekşi, 2015; Yüzbaşıoğlu & Kurnaz, 2020) tercih edilen başlıca yöntemlerdir. Zihinsel model tespit araştırmaları, analiz yaklaşımları açısından değerlendirildiğinde dört farklı nitelikte yaklaşımın olduğu görülmektedir:

- (I) Öğrenci cevaplarının karakteristiklerinin belirlenmesiyle/sınıflandırılmasıyla zihinsel model tespiti (örn. Vosniadou & Brewer, 1992, 1994; Harrison & Treagust, 2000; Borges ve Gilbert, 1999)
- (II) Literatürdeki (atom modelleri gibi) modellerden hareketle zihinsel model tespiti (örn. Gökdere & Çalık, 2010; Şengören, 2010)
- (III) Anlama seviyelerinden hareketle zihinsel model tespiti (örn. İyibil, 2010; Sağlam Arslan ve Devecioğlu, 2010)
- (IV) Prakseolojik yaklaşıma dayalı zihinsel model tespiti (örn. Kurnaz, 2011)

*Öğrenci cevaplarının karakteristiklerinin belirlenmesiyle zihinsel model tespiti:* Öğrenci cevaplarının karakteristiklerinin belirlenmesi/sınıflandırılması yoluyla zihinsel model tespit etme çalışmalarında, öğrenci cevaplarında/eylemlerinde dikkat çeken durumların anlamlandırılması şeklinde analiz gerçekleştirilmektedir. Örneğin Borges ve Gilbert (1999) tahmin-gözlem-açıklama etkinlikleri içeren yarı-yapılandırılmış mülakatlarla katılımcıların elektrikle ilgili zihinsel modellerini ortaya çıkarmışlardır. Araştırmacılar katılımcıların cevaplarında kastedilenlerin ne olabileceğini bazı özel durumları dikkate alarak belirlemişlerdir. Örneğin, araştırmacılar elektriği bir devrede akan parçacık gibi algılayan öğrencileri akan elektrik –electricity as flow– zihinsel modeline sahip olarak nitelendirmiştir.

*Literatürdeki modellerden hareketle zihinsel model tespiti:* Öncül farklı çalışmalarda belirtilmiş modellerden hareketle zihinsel model tespit etme yönteminde araştırmacılar, öğrencileri önceden tanımlanmış ve kabul görmüş zihinsel modellere göre sınıflamaktadır. Örneğin Gökdere ve Çalık (2010) çalışmalarında öğrencilerin atom hakkındaki zihinsel modellerini çizimlerinden ve cevaplarından hareketle belirlemişlerdir. Bu süreçte araştırmacılar öğrenci çizimlerini ve cevaplarını önceden bilinen atom modellerine göre sınıflama yolunu izlemişlerdir.

*Anlama seviyelerinden hareketle zihinsel model tespiti:* Zihinsel modelleri belirlemede kullanılan bir diğer yöntemde öğrencilerin anlama seviyelerini temel almaktadır. Bu yöntemde araştırmacılar öğrencilerin hedef kavramla ilgili anlama seviyelerini farklı açılardan (örn. hedef kavramı görselleme, açıklama gibi) belirlemekte ve belirlenen seviyelerin karşılaştırılmasına dayalı olarak öğrenci zihinsel modellerini ortaya çıkarmaktadırlar. Örneğin İyibil (2010) temel astronomi kavramları hakkındaki öğrenci zihinsel modellerini, 'tanım, şekil, yapı ve ilgili kavramla ilişkilendirme' durumlarından hareketle belirlediği anlama seviyelerini karşılaştırarak belirlemiştir. Bunun için araştırmacı öğrencilerin hedef kavramlara dair anlama seviyelerini, bir rubrik dâhilinde, 0'dan 4'e kadar tüm özellikler için sınıflandırmıştır. Bu seviyelerden hareketle karşılaştırmalara dayalı üst kategorilerle de öğrenci zihinsel modellerini oluşturmuştur.

*Prakseolojik yaklaşıma dayalı zihinsel model tespiti:* Yine bu analizlerde anlama seviyeleriyle ilişkilendirilmekle birlikte, bilginin sınıflanmasında prakseolojik yaklaşımın temel alınmasıyla farklılaşmaktadır. Bu yaklaşımda, modellenen gerçeğe ait tanımlayıcı bilgiler içerik bilgisini, ilişkiler ağıyla ilgili bilgiler yapı bilgisini ve içerik ile yapı bilgilerinin kullanılmasıyla ilgili bilgilerde işlemsel bilgidir.

İçerik ve yapı bilgileri gerçeğe ait teorik bilgileri ve işlemsel bilgi de pratik bilgileri yansıtır ve bu sınıflama Chevallard'ın (1989) önerdiği prakseolojik yaklaşımla örtüşür. Prakseolojik yaklaşım, bireylerin gerçekleştirdiği aktivitelerin yapısını modellemeye imkân vermektedir (bkz. Artaud, 2004; Artigue, 2009; Kurnaz ve Sağlam Arslan, 2009, 2010; Winslow, 2005, 2006). Buna göre Kurnaz (2011), öğrencilerin enerji kavramı hakkındaki zihinsel yapılarını açığa çıkaracak veri toplama aracının ve zihinsel modellerin oluşturulması süreçlerinde prakseolojik yaklaşımdan yararlanmıştı. Bu anlamda Kurnaz (2011) öğrencilerin enerji konusunun alt başlıkları (aktarımı, dönüşümü vb.) için ayrı ayrı pratik ve teorik bilgi durumlarını belirlemiş ve karşılaştırmalara dayalı üst sınıflandırmalarla zihinsel modelleri tespit etmiştir.

Yukarıda sunulan zihinsel model tespit yaklaşımlarıyla, bireylerin bilişsel yapılarını anlamak ve öğretim süreçlerinde etkin şekilde işe koşmak için zihinsel modellerin önemli faydalarının olduğu ifade edilebilir. Sunduğu faydalarla birlikte zihinsel model belirleme çalışmalarının bir başka ortak yönünün de veri toplama aracı oluşturulması ve veri analizlerinin pratik olmaması şeklinde belirtilebilir. Veri toplama araçlarının oluşturulmasındaki güçlüklerin veya yerine getirilmesi gerekenlerin, anlamayı/başarıyı belirlemeye yönelik tüm eğitim araştırmaları için geçerli olduğu söylenebilir. Ancak zihinsel modelleri ortaya çıkaracak analizler pratik olmadığı kadar meşakkatli ve dikkatli bir süreç gerektirir (Kurnaz, 2011). Çünkü sorulan bir soruya verilecek cevap kişiye özgü olacağından belirli bir sınırı yoktur. Bir sınıftaki öğrenciler için belirlenecek farklı zihinsel modelleri tüm sınıf için değerlendirmek de zordur. Bu yönüyle verilen cevapların doğru ve yanlış olarak kodlandığı başarı testlerini kullanan araştırmalarda yapılan analizlere göre süreç daha uzun ve yorucu olabilmektedir. Bu anlamda çoktan seçmeli sorularla da zihinsel model tespit etmenin yollarının araştırılması da kendi içinde bir araştırma konusu olarak dikkat çekmektedir (Kurnaz, 2012; Yüzbaşıoğlu, 2015). Bu çalışmanın odağı, doğru ve yanlış kodlamasına dayanmayan (yani başarı durumunun irdelenmediği) çoktan seçmeli sorular kullanarak zihinsel model belirleme hakkında yeni bir varsayımlar kümesiyle açıklanabilir bir çerçevenin sınırlarını belirlemektir. Bu anlamda aşağıda üzerinde durulan ve önerilen konu alanı, temellendirilmiş zihinsel model teorisi.

### **Temellendirilmiş Zihinsel Model Teorisi**

Temellendirilmiş zihinsel model (TZM) teorisi, uygunluk ilkesi gereği zihinsel model teorisinin söylemlerini benimser. Buna göre TZM de bireyin bir konu, kavram veya olgu hakkındaki zihinsel temsillerini yansıtır. TZM teorisi ise en genel ifadesiyle, bireyin gerçeklik hakkındaki bilişsel temsili, bireye sunulan temellendirilmiş belirli sınırlar dâhilinde açıklamak için kullanılan düşünce sistemidir. Burada dikkat edilmesi gereken kabul 'temellendirilmiş belirli sınırlar dâhilinde açıklama' ifadesinde saklıdır. Şimdi bu özgün ifadeye açıklık getirerek çerçevesini tanımlayalım.

Son on yıllarda, alan eğitiminde çok sayıda kavramın öğrenilme durumları hakkında farklı bakış açılarına göre çalışmalar yapıldığı ortadadır. Örneğin, ısı kavramıyla ilgili öğrencilerin edinimleri, alternatif fikirleri ve hatta kavram yanlışları hakkında araştırma veya derleme niteliğinde pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan hareketle bir alan uzmanı, öğrencilerin ısıyla ilgili olası tüm cevaplarını öncül olarak belirleyebilir ve buna göre öğrenme durumlarını tespit edecek çoktan seçmeli sorulardan oluşan kapsamlı bir veri toplama aracını geliştirebilir. Ancak geliştirilecek bu veri toplama aracı, olağan başarı testi standardında olmamalıdır. Çünkü bir soruya verilebilecek olası öğrenci cevaplarının tümü düşünüldüğünde, soruya ait seçeneklerin sayısı değişkenlik gösterebilir. Örneğin yirmi soruluk bir veri toplama aracında, bir sorunun seçenek sayısı beş, bir sorunun yedi, bir başka sorunun seçenek sayısı dokuz olabilir. Seçenek sayıları daha az veya daha çok da olabilir. Ancak ideal olan en az beş seçenek sunulması olacaktır. Seçeneklerin sayısını belirleyecek olan, o sorunun madde köküne dair uzmanın ilgili literatürden hareketle belirleyeceği bilimsel cevapta dâhil olmak üzere olası tüm alternatif fikirler, kavram yanlışları ve ilişkisiz cevaplardır. Bu bakış açısında geliştirilecek bir veri toplama aracından hareketle öğrencinin -ısı hakkındaki- zihinsel modeli belirlenebilir. Fakat bu tespit, zihinsel model tespit etmeyle ilgili öncül çalışmalardaki gibi öğrenciye serbest ve sınırsız cevaplama olanağı sunmadığından ve sadece sunulan seçenekler arasından bilişsel yapısına en uygun cevabı verme imkânı sağladığından, öğrencinin bilişindeki temsilleri tam olarak yansıtmayabilecektir. Diğer taraftan bu tespit, uzman tarafından literatürdeki öncül çalışmalara dayandırılarak hazırlandığından, sunulan olası durumlar dâhilinde, öğrencinin ısı hakkındaki bilişsel yapısını gösterecektir. Bu şekildeki bir nitelendirmeyle tespit edilecek bilişsel yapılara ait bilginin de değerli olacağı, mevcut öğrenmeleri değerlendirmede ve gerekli tedbirleri almada işe yarayacağı açıktır. Hatta ilgili literatüre dayalı yapılandırılmış bir perspektifte olduğu ve işlerliğinin daha yüksek olduğu da söylenebilir. Fakat bu şekilde belirlenecek bilişsel yapılar, öğrenciye sunulan 'temellendirilmiş belirli sınırlar dâhilinde' olduğundan, zihinsel model teorisiyle ilişkili ama yeni bir düşünce sisteminde görülmeli ve isimlendirilmelidir. Bu anlamda çalışmada temellendirilmiş zihinsel model teorisi önerilmektedir.

Zihinsel model teorisinde sürekli gelişime ve değişime açık olma durumu (Greca ve Moreira, 2000; Gilbert vd., 2000; Jones vd., 2011), bireyin bir konu, kavram veya olgu hakkındaki yeni bilgiyle mevcut bilgisini bütünleştirme süreci konusu için anlamlandırılmaktadır (Tversky, 1993; Hanke, 2008). TZM teorisindeyse ilave olarak bireyin içinde bulunduğu duruma uygun bilişsel yapılarını yansıtmaya eğilimi kabul edilmektedir. Olağan şartlarda bireyin zihinsel modelini belirlemek mümkündür. Fakat bireyin sevdiğini (bir obje, bir yemek vb.) duygusal farklılıklar yaşanan durumlarda göz ardı edebildiği örneğinde olduğu gibi, bilişsel yapıların da ortamın gereklerine göre işlerlik kazanacağı açıktır. Yani bireyin bir konu, kavram veya olgu hakkındaki gerçek bilişsel yapısı ardalanında korunmakla birlikte, ortamın gereklerine göre ardalanındaki bilişsel yapıya en uygun yapı bireyde belirir. Yeni yapı, ardalandaki bilişsel yapının pratiğe uygun, işlerlik kazanmış ve indirgenmiş ikincil ve geçici bilişsel yapısıdır. Bu yukarıda betimlenen gelişime ve değişim açık olma durumundan farklıdır. Farklı bir ifadeyle benzetim yapılırsa, bilişsel yapıların oluşturduğu zihinsel model küresinin yanı sıra bireyin ortamdaki ihtiyaçlarını karşılamak üzere beliren küçük küre (baloncuk) TZM' dir. Ortama göre beliren ikincil ve geçici bilişsel yapı, gerçek bilişsel yapıyı indirgeyerek yansıtır. TZM teorisi de ikincil ve geçici bilişsel yapıyı anlamlandırmaya ve belirlemeye odaklanan çalışma alanıyla ilgilenir.

TZM teorisinden yararlanma, dolayısıyla temellendirilmiş belirli sınırlar dâhilindeki anlamlandırma, sadece TZM belirlemeden ibaret olmayacaktır.

TZM belirleme süreci, öğretim öncesi ve sonrası süreçlerinde kullanılabilir. Öğretim öncesi süreçlerde TZM belirleme yoluyla öğrencilerin öğrenilecek konuyla ilgili ön bilişsel yapıları anlamlandırılabilir ve öğrenme ortamı tasarımında gerekli düzenleme fırsatı sağlanabilir. Öğretim süreci sonrasında ise öğrenme ortamının öğrencilerin bilişsel yapılarının gelişimine nasıl etki ettiğini görme imkânı sunacaktır. Ancak burada TZM belirlemek için kullanılacak testlerin (aşağıda açıklandığı gibi) bir başarı testi olmadığı gerçeği özellikle vurgulanmalıdır. TZM belirleme çalışmaları aynı zamanda, başarı testlerinin kullanıldığı çalışmalarda göz ardı edilen yanıtların da değerlendirilmeye alınmasını ve anlam kazanmasını sağlayacaktır. Bir başarı testi analizinde yapılan, doğruların 1 ve yanıtların 0 olarak kodlamasıdır. Bu kodlamada yanıtların tümü, tek bir kodla anlamlandırılmaktadır. Oysa TZM belirleme sürecinde geliştirilecek bir veri toplama aracında, (i) yanıtların sayısı hedef konunun öncül çalışmalarına bağlı istenildiği kadar olabileceği gibi (ii) yanıtların kendi içinde sınıflandırılabilirliği de mümkündür. Bu sınıflandırma en basit şekilde alternatif fikirleri yansıtan hatalı cevaplar ve konuyla ilişkisiz, geçersiz –null– cevaplar olarak yapılabilir. Alternatif fikirleri yansıtan hatalı cevapları ve null cevapları da kendi içlerinde anlamlandırma fırsatı verir.

TZM teorisinin kabullerini, TZM belirleme yaklaşım ve süreçlerini tanımlayarak genişletelim.

### **Temellendirilmiş Zihinsel Model Belirleme**

TZM belirleme, çoktan seçmeli sorulardan oluşan nitelikli ve işler bir veri toplama aracının geliştirilmesiyle başlar. Çoktan seçmeli soruların hazırlanmasında aşağıdaki durumlara dikkat edilir:

- Hedef olgu, kavram ya da konuyla ilgili detaylı literatür taraması yapılarak öğrencilerin öğrenme durumları ayrıntılarıyla belirlenir.
- Doğru (bilimsel kabul gören) seçenek cevaplar arasında muhakkak olmalıdır.
- Aristo bakış açısı olarak da bilinen ilişkisiz, alakasız cevap ya da cevaplara yer verilmelidir. Bunun için ilgili literatürde yer alan öncül çalışmaların bulgularından yararlanılmalıdır. Hedef konu üzerinde öncül çalışmalar olmaması durumunda ön çalışmalarla (örn. mülkat, gözlem) belirlenmeli ve seçeneklerde muhakkak yer verilmelidir.
- Hedef kavram, konu, olgu hakkında öncül çalışmalarla belirlenmiş kavram yanılgıları, alternatif fikirler varsa bunların her birine seçeneklerde yer verilmelidir. Öncül çalışmalar olmaması durumunda, yine ön çalışmalarda belirlenmeli ve seçeneklerde muhakkak yer verilmelidir.
- Sorular öğrencilerin seviyesine uygun yapılabilir nitelikte olmalıdır. Amaç öğrencinin bilip bilmediğini belirlemek değil, bilme durumlarını açığa çıkarmaktır. Madde güçlük analiziyle istenmeyen zor sorular belirlenmeli ve testten çıkarılmalıdır. Öğrencilere değil öğrenciye odaklı olduğundan ayırt edicilik analizi elzem değildir. Ancak geliştirilen testin çok yönlü kullanımının da istenmesi durumlarında, ayırt edicilik analizi de yapılabilir.
- Sorunun okunabilirliği ve anlaşılabilirliği öğrenci seviyesine uygun olmalıdır.
- Sorunun olası cevabı için seçenek sayısı olabildiğince artırılmalıdır. Olabildiğince artırmak öğrencinin bilişsel yapısına en uygun cevabı seçenekler arasında bulma olasılığını artıracaktır.
- Seçenek sayısının beşten az olmaması önerilir. Beşten az olması, seçilen seçeneğin seçilme olasılığını artıracak bu da bilişsel yapıyı yansıtan gerçek cevabı bulma olasılığını azaltacaktır.

Sıralanan durumları gözetererek hazırlanan veri toplama aracı için uzman görüşüne başvurulmalı, pilot uygulamasının ve gerekli düzeltme işlemlerinin yapılması zorunludur. TZM tespitinde kullanılacak veri toplama aracı için burada ortaya konan yaklaşıma benzer bir yaklaşımın, Bao (1999) tarafından da önerildiği görülmektedir. Ancak Bao'nun önerisinde öğrencinin bilişsel yapısına odaklanmak yerine bireyin bir obje olarak görülmesi yani dışsal bir perspektifle modellenmesi fikri esastır.

TZM belirlemek için kullanılabilir bir veri toplama aracındaki soruların tamamı tek bir konu, kavram veya olgu üzerine olabileceği gibi alt konu ve kavramları da içerecek şekilde yapılandırılabilir. Yukarıda, ısı kavramıyla ilgili örnekte, 20 soruluk bir veri toplama aracı varsayılmıştı. Bu soruların, –örnek olması için– ısı konusunun alt konularına göre seçenek sayılarını rastgele olarak Tablo 1'de verelim.

**Tablo 1.** Rastgele Belirlenmiş –Örnek Olması İçin– Veri Toplama Aracı

Alt Konu	Isı Sıcaklık İlişkisi							Enerji Aktarım Sürecinde Isı							Isının Tanımı					
Soru Sayısı	7							9							4					
Soru No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Seçenek Sayısı	4	3	8	5	5	5	6	8	4	5	5	5	7	5	6	9	4	5	7	5

Bu veri toplama aracından elde edilecek verilerle, bir öğrencinin hedef kavram hakkındaki TZM'si belirlenmek istendiğinde öncelikle bilinmesi gereken tüm sorulara dair cevapların bütüncül olarak analize dâhil edilmesi gerektiğidir. Örneğin yukarıdaki soru grubunda 'ısı sıcaklık ilişkisi' için öğrenci TZM' si belirlenmek istendiğinde 7 soru birlikte değerlendirilmelidir. Sorularda seçenek sayılarının birbirinden farklı olması, bu veri toplama aracının amacının bilişsel yapıları anlamlandırmaya ilişkilidir. Aşağıda açıklanacağı üzere seçenek sayılarının birbirinden farklı olması analizi etkilememektedir.

Öğrencinin 7 soru için vereceği tüm cevaplar 'ısı sıcaklık ilişkisi' için TZM' yi belirleyecektir. Her bir sorunun belirlenecek TZM' ye etkisi eşittir. Bir soruya ait olası öğrenci cevaplarının niteliğini ise üçe ayırmak mümkündür. Birinci niteleme cevabın bilimsel olması, ikinci niteleme cevabın anlamsız ve ilişkisiz olması ve üçüncü niteleme ise cevabın hatalı olmasıdır. Hatalı cevap konuyla ilgili yukarıda açıklandığı gibi, ilgili literatüre dayalı olarak yapılandırılmış seçeneklerdir. Verilen cevabın 'bilimsel, hatalı veya null' niteliklerinde sınıflama, yani üç olasılık fikri (Bao, 1999), anlama durumlarını belirlemeye yönelik gerçekleştirilen pek çok çalışmada verilen, ilgili kavramların bilimsel, hatalı ve ilişkisiz yönleri olduğunu sonucuyla örtüşür. Burada incelediğimiz 7 sorunun her birisi için verilen cevapların üç olasılıktan birine dağılımı söz konusudur. Bu dağılım Öklid uzayında tanımlanan x, y ve z bileşenlerine benzetilebilir. Bu benzetimde öğrencinin bir soruya vereceği cevabın nitelendirilmesine ait koordinat aşağıdakilerden biri olacaktır.

$$(1\ 0\ 0), (0\ 1\ 0) \text{ ve } (0\ 0\ 1)$$

Yani her bir cevap i, j ve k birim vektöründen birini ifade eder. Çünkü olasılık işlemlerinde olasılık değeri/genliği  $0 \leq p \leq 1$  şeklindedir ve buna göre seçenek ya işaretlenmiştir ya da işaretlenmemiştir. Diğer bir ifadeyle, bu analiz yaklaşımında, öğrenci cevabında 'bilimsel (i), hatalı (j) veya null (k)' durumlarından sadece biri vardır (1 ile kodlanır) ve diğerleri yoktur (0 ile kodlanır). Bu noktada matrisler konusuyla ilişkilendirme yaparak ilerleyelim. Bir öğrencinin cevap vektörünün matris gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$D = \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix}$$

Herhangi bir K öğrencisinin bir soruya bilimsel cevabı verdiğini (1 0 0) varsayarsak norm/uzunluk koşulunu (1) sağlayacak şekilde o soruya ait  $U_K$  vektörün genliği bulunabilir. Uzayda iki vektörün iç çarpımının bir reel/skaler sayı ve bir vektörün kendisiyle iç çarpımının normun karesine eşit olduğu göz önüne alındığında,  $C_K$  vektörü aşağıdaki gibi belirlenir.

$$C_K \cdot C_K = (i\ j\ k) \begin{pmatrix} i \\ j \\ k \end{pmatrix} = i^2 + j^2 + k^2 = 1 + 0 + 0 = 1 \rightarrow C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{i} \\ \sqrt{j} \\ \sqrt{k} \end{pmatrix} \rightarrow C_K = \begin{pmatrix} \sqrt{x} \\ \sqrt{y} \\ \sqrt{z} \end{pmatrix}$$

Öğrencinin tüm cevapların toplamı da 'ısı sıcaklık ilişkisi' için TZM bileşke vektörüdür. Örnek olması için, K öğrencisine ait tesadüfi (uydurma) cevaplarla elde edilen bulgular Tablo 2'de gibi olsun.

Tablo 2. Birim Vektörlerinin Rastgele Bulgulara Göre Dağılımı

Soru	Seçenek Sayısı	Cevabın Niteliği			Öğrenci Cevabı	Cevap Vektörü	Bileşke Cevap Vektörü
		Bilimsel	Hatalı	Null			
1	4	A	C, D	B	C	(0 1 0)	
2	3	B	A	C	B	(1 0 0)	
3	8	G	A, B, D, E, F	C, H	H	(0 0 1)	
4	5	E	A, B, C,	D	E	(1 0 0)	(3 3 1)
5	5	C	A, D, E	B	C	(1 0 0)	
6	5	B	A, D, E	C	D	(0 1 0)	
7	6	A	B, C, D, E,	F	D	(0 1 0)	

Tablo 2'ye göre, K öğrencisinin 'ısı sıcaklık ilişkisi' TZM bileşke vektör değerleri (3 3 1) şeklindedir. Bileşke vektör, her bir soruya verilen cevapların toplanmasıyla belirlenir.

$$r_x = (x \ y \ z) \rightarrow r_x = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \rightarrow r_x = (3 \ 3 \ 1)$$

Burada TZM' nin varlığını veya yokluğunu yansıtacak olasılık değerinin en fazla 1 çıkması ya da 1'i geçmemesi için  $(x, y, z)$  vektör bileşenlerine ait birim vektörün düzenlenmesine dikkat edilmelidir. Bunun için birim vektörlerle ilgili aşağıdaki işlemlerinin hatırlatılması uygun olabilir.

Örnek

$$u = (a, b, c)$$

$$\|u\| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$$

$$\frac{u}{\|u\|} = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \cdot (a \ b \ c)$$

$$u = (1, 2, 3)$$

$$\|u\| = \sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2} = \sqrt{14}$$

Burada  $\sqrt{14}$  birim vektörün boyu olur.

$$\frac{u}{\|u\|} = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 2^2 + 3^2}} \cdot (1 \ 2 \ 3)$$

$$u_i = \left( \frac{1}{\sqrt{14}}, \frac{2}{\sqrt{14}}, \frac{3}{\sqrt{14}} \right) \text{ Birim vektördür.}$$

Burada TZM bileşke vektörü olan  $(x, y, z)$  vektörüne ait  $(i, j, k)$  birim vektörünün boyu, yukarıdaki örnek işlemde farklı olarak, cevaplanan soru sayısının kareköküne eşit olmalıdır. Çünkü her bir sorunun TZM oluşumuna katkısı eşittir. Yukarıda tanımlanan  $r_x = (3, 3, 1)$  örneği standart bir vektör olarak değerlendirilmiş olsa, birim vektör boyu  $\sqrt{19}$  olurdu.

$$\sqrt{3^2 + 3^2 + 1^2} = \sqrt{19}$$

Ancak bu şekilde bir hesaplamada  $(x, y)$  bileşenlerini oluşturan sorulara ait cevapların TZM'ye etkisi artırılmış olacaktır. Bu sebeple, incelenen örnekteki  $r_x = (3 \ 3 \ 1)$  vektörünün birim vektör boyu, cevaplanan soru sayısının kareköküne yani  $\sqrt{7}$ 'ye eşittir. O halde TZM bileşke vektörünün tanımlanmasında, her sorunun etkiyen katkısını dikkate alan aşağıdaki denklem kullanılmalıdır.

$$C_K = \frac{1}{\sqrt{ss}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{x} \\ \sqrt{y} \\ \sqrt{z} \end{pmatrix}$$

Denklemden  $ss$  soru sayısını gösterir. Eğer cevaplanmayan, boş bırakılan soru varsa işlemde  $ss$  değeri boş bırakılan soru sayısı kadar eksiltir. Amaç TZM'ye tüm soruların etkisini eşitlemektir. Buna göre incelenen örnekteki TZM bileşke vektörü aşağıdaki gibidir.



$$C_K = \frac{1}{\sqrt{7}} \cdot \begin{pmatrix} \sqrt{3} \\ \sqrt{3} \\ \sqrt{1} \end{pmatrix}$$

Olasılığın genişliği için, bir vektörün kendisiyle iç çarpımının normun karesine eşit olduğunu tekrar hatırlar ve elde edilen genel  $C_K$  denklemi kendisiyle çarpılırsa bir  $D_K$  matrisi elde edilir.

$$D_K = C_K \cdot C_K = \frac{1}{SS} \cdot \begin{bmatrix} x & \sqrt{xy} & \sqrt{xz} \\ \sqrt{yx} & y & \sqrt{yz} \\ \sqrt{zx} & \sqrt{zy} & z \end{bmatrix}$$

Elde edilen matris hedef konu, kavram veya olgu hakkındaki TZM yoğunluk matrisi olacaktır. Anlaşıldığı gibi matris simetrik bir matristir. Buda elementlerinin gerçel sayılar olduğunu gösterir. Matrise TZM belirleme konusunda anlam yüklenirken, diyagonal elemanlara bakılır. Bunun için incelenmesi gereken durumlar aşağıda sıralanmıştır:

- Bilimsel bir bilişsel yapılanmanın söylenebilmesi için birinci diyagonal elemanın ( $C_{11} = \frac{1}{SS} \cdot x$ ) 1 ya da 1'e yakın olması diğerlerinin 0 ya da 0'a yakın olması gerekir.
- İkinci diyagonal elemanın ( $C_{22} = \frac{1}{SS} \cdot y$ ) 1 ya da 1'e yakın olması diğerlerinin 0 ya da 0'a yakın olması gerekir. Bu durum bilişsel yapılanmada hedef konuya dair tekrar eden bilimsel olmayan hataların olduğunu ifade eder. Tutarlı veya tutarsız öğrenci yanlışlarının varlığına ışık tutar.
- Hedef konuyla ilgili null cevaplar olarak nitelenen anlamsız cevapların çoğunlukta olması durumundaysa bilişsel yapılanmanın nitelik kazanmadığı bir durum belirir. Bunun için matriste üçüncü diyagonal elemanın ( $C_{33} = \frac{1}{SS} \cdot z$ ) 1 ya da 1'e yakın olması diğerlerinin 0 ya da 0'a yakın olması gerekir.
- Üç diyagonal elemanın birbirine yakın değerlere sahip olması durumu da bilişsel yapılanmada karmaşanın ve tutarsızlığın mevcudiyetini gösterir. Öğrencinin bilimsel, hatalı ya da null nitelikte cevapların üçüne de meyilli olduğunu anlatır.

İncelenen örnekteki K öğrencisi için TZM yoğunluk matrisi aşağıdaki gibi olur.

$$D_K = C_K \cdot C_K = \frac{1}{7} \cdot \begin{bmatrix} 3 & \sqrt{9} & \sqrt{3} \\ \sqrt{9} & 3 & \sqrt{3} \\ \sqrt{3} & \sqrt{3} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,43 & 0,43 & 0,25 \\ 0,43 & 0,43 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,14 \end{bmatrix}$$

Buna göre K öğrencisinin bilişsel yapılanmasında karmaşanın hâkim olduğu değerlendirilmesi yapılır. Yoğunluk matrisinin yukarıda sunulan dört ölçütten hareketle de öğrenci TZM'si isimlendirilir.

**Tablo 3.** Yoğunluk Matrisine Göre TZM İsimleri

İsmlendirme	Açıklama
Bilimsel Model	Birinci diyagonal elemanın 1 olması gerekir.
Bilimsel Baskın Model	Birinci diyagonal elemanın 1'e yakın olması gerekir.
Bilimsel Olmayan Model	İkinci diyagonal elemanın 1 ya da 1'e yakın olması gerekir.
Tutarsız (Karma) Model	Üç diyagonal elemanın birbirine yakın değerlere sahip olması gerekir.
İlkel Baskın Model	Üçüncü diyagonal elemanın 1'e yakın olması gerekir.
İlkel Model	Üçüncü diyagonal elemanın 1 olması gerekir.

Tablo 3'te sunulan TZM isimlendirmeleri, literatürde yaygın olarak kullanılan 'bilimsel, sentez ve ilkel zihinsel modeller' (Vosniadou & Brewer, 1994; Kurnaz & Değermenci, 2012) isimlendirmeleriyle örtüşmektedir. Farklı olarak burada sentez model, bilimsel olmayan ve tutarsız modeller olarak detaylandırılmaktadır. Örnek olarak incelenen K öğrencisinin bilişsel yapılanması Tutarsız Temellendirilmiş Zihinsel Model niteliğindedir.

İlave olarak, hedef olgu, kavram ya da konu hakkında belirlenen 'bilimsel olmayan, tutarsız ve ilkel TZM' niteliklerinin ortaya çıkarılması için öğrencilerin seçtiği seçeneklerdeki alternatif fikirler, kavram yanlışları ve ilişkisiz cevaplar hakkında karşılaştırmaların ve/veya sınıflamaların yapılması öğrenme durumlarını daha detaylı yordamayı sağlar. O halde TZM belirleme çalışmalarında, hatalı tercihlerin hangi TZM ile örtüştüğüne yönelik öğrenme durumlarına da bakılması gerekir. Bu TZM'nin anlaşılabilirliğini ve işe koşulmasını artıracaktır.

TZM bireysel olduğundan tüm analizler incelenen öğrenciye ait olacaktır. Ancak tüm öğrencilerin TZM'lerinin belirlenmesinde sonra, öğrenme ortamında ortak TZM eğiliminin ne olduğu da belirlenebilir. TZM eğilimini belirleme öğrenme ortamının etkinliğini bütüncül olarak değerlendirme ve tasarlayana kolektif bir bakış açısına hitap edecek ilave tedbirler alma imkânı verecektir.

## Son Tahlil ve Öneriler

Özetle, zihinsel modelleri belirlemek uzmanlık gerektirdiği kadar fazla zaman ayırmayı da gerektiren bir araştırma konu alanıdır. Açık uçlu soruların ya da görsellerin analizine dayanan zihinsel model belirleme süreci, tüm paydaşlar tarafından aynı şekilde gerçekleştirilecek yapılandırılmış sistematik bir yaklaşımda değildir. Zihinsel model belirleme sürecinin yapılandırılmış sistematik bir yaklaşımda olmaması, nitel değerler dizisinde bir zenginlik olmakla birlikte öğretim süreçlerinde daha hızlı ve sistematik yaklaşımlara da ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu anlamda önerilen TZM ile paydaşlara öğrencinin bilişsel yapısını anlamak için daha pratik bir analiz imkânı sunulmaktadır.

İlgili literatürde alternatif fikirler ve kavram yanlışları hakkında yapılmış çalışmaların TZM belirleme testlerinde birlikte kullanılmasının zorunluluğu, beraberinde dolaylı olarak, alternatif fikirler ve kavram yanlışlarını bir bütün halinde kullanmayı sağlayan testlerin gelişmesini de sağlayacaktır. Ancak burada kullanılan test ifadesinin geleneksel başarı belirleyen test anlamında kullanılmadığı tekraren hatırlatmak yerinde olacaktır. Burada test öğrenme durumlarını belirlemeyi sağlayan veri toplama aracı anlamındadır. Gelecek yıllarda, farklı olgu, kavram ve konulara yönelik geliştirilecek TZM belirleme testleriyle, özellikle öğretmenlerin öğrencinin bilişsel yapısını anlamasına hizmet edecek bir konu alanı geliştirecektir.

Çoktan seçmeli sorulardan oluşan başarı testlerinde sadece doğru ve yanlış olarak kodladığımız seçeneklerde hatalı cevaplarında analiz süreçlerine alınması mümkün olabilecektir. Ayrıca hızlı kararların alınması gerektiği öğrenme ortamlarında TZM belirleme sürecinin daha yönlendirici olmasının özellikle genç araştırmacılara ve öğretmenlere verimli şekilde hizmet edeceğine de inanılmaktadır.

Nihai olarak TZM teorisine dair yeni bakış açılarıyla yaklaşan farklı çalışmalara ihtiyaç da olduğu düşünülmekle birlikte, bu çalışmada sunulanların konu alanındaki araştırmacılar tarafından kullanılması ve irdelenmesi önerilmektedir.

## ORCID ve İletişim

Mehmet Altan KURNAZ  <http://orcid.org/0000-0003-2824-4077>, E-posta: [altan.kurnaz@gmail.com](mailto:altan.kurnaz@gmail.com)

## Kaynaklar

- Arslan, A. S., & Arslan, S. (2010). Mathematical Models in Physics: A Study with Prospective Physics Teacher, *Scientific Research and Essays*, 5 (7), 634-640.
- Artaud, M. (2004). Contributions from the Anthropological Theory of Didactics. In W. Blum and H.W. Henn (Eds), *Pre-Conference Volume of ICMI Study 14: Applications and Modelling in Mathematics Education*, Dortmund: Universität Dortmund, pp.17–22.
- Artigue, M., Didactical design in mathematics education. In C. Winsløw (Ed.), *Nordic research in mathematics education*, 7–16, Rotterdam, 2009.
- Bao, L. (1999). Dynamics of student modeling: A theory, algorithms, and application to quantum mechanics (PhD Thesis). University of Maryland.
- Bruning, R. H., Schraw, G. J. & Norby, M. M. (2014). Bilişsel psikoloji ve öğretim. (Trans Eds: Z. N. Ersözülü, R. Ülker). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Borges, A. T. ve Gilbert, J. K., (1999). Mental models of electricity, *International Journal of Science Education*, 21,1 .95-117.

- Chevallard, Y., (1989) Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel, Actes du séminaire de Didactique des Mathématiques et de l'Informatique, LSD-IMAG, Grenoble, 211–236.
- Clement, J., (1993) Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics, *Journal for Research in Science Teaching*, 1241-1257.
- Gentner, D. & Stevens, A., L. (1983). *Mental models*. East Sussex: Taylor & Francis
- Gilbert, J. K. Pietrocola, M., Zylbersztajn, A. & Franco, C. (2000). Science and education: Notions of reality, theory and model. J. K. Gilbert ve C. J. Boulter (Eds.), in *Developing models in science education*, (pp.19-40). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and modelling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115-130.
- Gilbert, S. 2011: "Models-Based Science Teaching: Understanding and Using Mental Models", Virginia: NSTA Press.
- Glas, E. (2002). Klein's model of mathematical creativity. *Science and Education*, 11, 95–104.
- Gobert, J. D. ve Buckley B. C., (2000) Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education, *International Journal of Science Education*, 22,9.891- 894.
- Gökdere, M & Çalık, M. (2010). A cross-age study of Turkish students' mental models: An "Atom" concept. *Didactica Slovenica-Pedagoska Obzorja*, 25(2): 185-199.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1–11.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002), Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics, *Science Education*, 86,1 106-121.
- Furlough, C. S., & Gillan, D. J. (2018). Mental Models: Structural Differences and the Role of Experience. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 12(4), 269-287.
- Hanke, U., (2008) Realizing Model-Based Instruction - The Model of Model-Based Instruction, In D. Ifenthaler, P. Pirnay-Dummer ve J. M. Spector (Eds.), *Understanding Models for Learning and Instruction* (pp. 175-186). Springer Science+Business Media, LLC.
- Harrison, A.G., ve Treagust, D.F., (2000) Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry, *Science Education*, 84. 352-381.
- Hubber, P. (2006). Year 12 students' mental models of the nature of light. *Research in Science Education*, 36(4), 419–439.
- Ingham, A. M., & Gilbert, J. K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, 13, 193–202.
- Itza-Ortiz, S. F., (2004) Rebello, S. ve Zollman, D., Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism, *European Journal of Physics*, 25 .81–89.
- İyibil, Ü., (2010) Farklı Programlarda Öğrenim Gören Öğretmen Adaylarının Temel Astronomi Kavramlarını Anlama Düzeylerinin Ve İlgili Kavramlara Ait Zihinsel Modellerinin Analizi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models*. Cambridge: Harvard University.
- Jones, N. A., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental models: Interdisciplinary synthesis of theory and methods. *Ecology and Society*, 16(1), 46.
- Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A., (2009) Using the Anthropological Theory of Didactics in Physics: Characterization of the Teaching Conditions of Energy Concept and the Personal Relations of freshmen to this Concept, *Journal of Turkish Science Education*, 6,1 72-88.
- Kurnaz, M. A. ve Sağlam Arslan, A., (2010) Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy concept, *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 5 233-242.
- Kurnaz, M. A. (2011). Enerji konusunda model tabanlı öğrenme yaklaşımına göre tasarlanan öğrenme ortamlarının zihinsel model gel işimine etkisi (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi.

- Kurnaz, M. A. (2012). FENE 528 Öğrenmeyi ve Bilgiyi Modelleme Dersi. Yayınlanmamış Ders Notları, Kastamonu Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Kurnaz, M. A. & Değermenci, A. (2012). 7. Sınıf Öğrencilerinin Güneş, Dünya ve Ay İle İlgili Zihinsel Modelleri. *İlköğretim Online*, 11 (1) , 2-15 .
- Kurnaz, M. A., & Ekşi, C. (2015). An analysis of high school students' mental models of solid friction in physics. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 15(3), 787-795.
- Moseley, C, Desjean-Perrotta, B. & Utey, J. (2010). The draw an environment test rubric (DAET-R): Exploring pre-service teachers' mental models of the environment. *Environmental Education Research*, 16(2), 189-208.
- Nersessian, N. (1995). Should physicists preach what they practice? *Science and Education*, 4, 203–226.
- Sağlam Arslan, A. & Devecioğlu, Y. (2010). Student Teachers Level of Understanding and Model of Understanding about Newton s Laws of Motion. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(1), Article 7.
- Şengören, S. K. (2010). Turkish Students' Mental Models Of Light To Explain The Single Slit Diffraction And Double Slit Interference Of Light: A Cross – Sectional Study. *Journal of Baltic Science Education*, *Journal of Baltic Science Education*, 9(1), 61-71.
- Tversky, B., (1993) Cognitive maps, cognitive collages, and spatial mental models. In A. U. Frank and I. Campari (Eds.), *Spatial information theory: A theoretical basis for GIS*, Springer-Verlag, Berlin.
- Vosniadou, S., ve Brewer, W. F., (1992) Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood, *Cognitive Psychology*, 24 535-585.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. F., (1994) “Mental Models of the Day/Night Cycle.” *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Yüzbaşıoğlu, M. K., (2015). Ses konusuyla ilgili öğrenci zihinsel modellerinin incelenmesi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, KÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Yüzbaşıoğlu, M. K., & Kurnaz, M. A. (2020). Ses hakkında öğrenci zihinsel modellerinin belirlenmesi. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (AUJEF)*, 4(3), 254-275.
- Winslow, C. (2005). Research and development of university level teaching: the interaction of didactical and mathematical organisations. For CERME-4.
- Winslow, C., (2006). Research and development of university level teaching: the interaction of didactical and mathematical organisations. In: M. Bosch (ed.) *European Research in Mathematics Education IV. Proceedings of the Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, Barcelona, 1821-1830.

## Etik Beyan

Yapılan bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir.