

## **Problem Çözümlerinde Bir Analiz Metodu Olarak Prakseolojik Organizasyonun Kullanımı: Bir Dinamik Problemi Örneği**

Burak Kağan TEMİZ<sup>1</sup>, Ahmet YAVUZ<sup>2</sup>

### **ÖZ**

Bu çalışma, fizik problem çözme etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir üç farklı analiz metodunun (doğru-yanlış, kontrol listesi ve praxeolojik analiz) karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu karşılaştırmayı yapmak için mekanikte sıklıkla karşılaşılan rutin bir problem olan, sistemin ivmesi hesaplama problemi ile pek karşılaşılmayan tek bir parçanın ivmesini bulma problemleri seçilmiştir. Bu problemleri içeren Dinamik Soru Seti 2013-2014 eğitim-öğretim yılında, İç Anadolu Bölgesi'ndeki bir üniversitede öğrenim gören 40 lisans öğrencisine uygulanmıştır. Bu öğrencilerin tamamı, Newton mekaniği konularını içeren Genel Fizik 1 dersini almış ve çalışmaya gönüllü katılmıştır. Öğrenci çözümleri üç farklı analiz yöntemi ile değerlendirildiğinde farklı bulgular elde edilmiştir. Doğru-yanlış analizi, öğrencilerin ivme hesaplama görevlerinde bir takım güçlükler yaşadığını göstermiş, ancak bu güçlüklerin nedenini ortaya koyamamıştır. Kontrol listesi, çözüm süreci hakkında çok daha detaylı bilgiler vermiş olmasına rağmen güçlüklerin altında yatan yapıları saptayamamıştır. Praxeolojik analiz ise, öğrencilerin çözümlerinde kullandıkları teknik ve işlem tiplerini belirleyerek teşhise yönelik bir yaklaşım sunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Fizik Öğretimi, problem çözme, kontrol Listesi, Praxeolojik Analiz.

## **Praxeological Organisation as an Analysis Tool for Problem Solving: An Example of Dynamics Problem**

### **ABSTRACT**

This study aims to compare three analyses methods that can be used for analysing physics problem solving activities. These analyses tools are wrong-right, check list and praxeological analysis. For this study two types of problem were used. First is a routine problem about acceleration calculation problem that students encounter in mechanics and the second is a type of problem rarely seen about calculating acceleration of an object in multi-objects systems. Questions set called as Dynamic Question Set were administrated to 40 undergraduate students in 2013-2014 academic year in Central Anatolia region. Participants are voluntary and took General Physics I course. Three analyses tool were given different findings. An analysis according to wrong-right axis indicated that students had difficulties for calculating acceleration however this analysis tool was not able to indicate where difficulty arises. Checklist as an analysis tool gave detailed information about problem solving process however it is not able to show underlying reasons related to students' difficulties. While praxeological analysis showed how students considered a type of problem and what problem solving strategy they activated. Then praxeological analysis offered an approach for diagnosing students' difficulties.

**Keywords:** Physics Education, problem solving activities, checklist, Praxeological Analysis

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Niğde Üniversitesi, bktemiz@nigde.edu.tr

<sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Niğde Üniversitesi, ayavuz@nigde.edu.tr

## GİRİŞ

Fizik öğretiminde, problem çözme etkinlikleri, hem teorik düzeydeki fizik yasalarının öğretiminde hem de öğrenci kazanımlarının değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Bolton & Ross, 1997; Hobden, 1998; Osborne & Gilbert, 1980). Bu bağlamda fizik eğitiminde geleneksel problem çözme etkinliklerinde sonucunda genellikle öğrencinin cevabına bakılarak, konuyu kavrayıp kavramadığına karar verilmektedir. Literatür incelendiğinde, farklı bilgi türlerini bir arada kullanmayı gerektiren çeşitli problem türlerine rastlanmaktadır. Bunlar genel olarak zorluk-kolaylıklarına göre, yapılarına göre ve içeriklerine göre sınıflandırılmaktadır (Mayer ve Witrock, 1996; Jonassen, 2010). Fizik öğretiminde yapılan problem çözme etkinlikleri, genellikle tek çözümü olan, iyi yapılandırılmış kâğıt kalem problemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Dumas-Carré & Goffard, 1997; Heler, Keith ve Anderson, 1992). Kâğıt-kalem testleri, çok sayıda öğrenme çıktısını etkili bir şekilde ölçülebilmesi, puanlandırma ve sonuçların kaydedilmesinde kolaylık sağlaması nedeniyle okullarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gronlund,1998). Öğrenciler kâğıt üzerinde teorik karşılaştıkları fizik problemlerine genellikle matematiksel formüller ve işlemleri beceriyle uygulayarak nicel sonuçlar elde etmektedir.

Öğrencilerin problem çözme etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler; problemde verilen görevlerin niteliğine ve değerlendirmenin hangi amaçla yapıldığına göre değişmektedir. Öğrencilerin kâğıt üzerinde gerçekleştirdikleri fizik problemlerinin çözümleri değerlendirilirken hangi metodun kullanılacağına sonuç, çözüm süreci veya ikisinin birden değerlendirilmesine göre karar verilir. Bazı araştırmacılar problem çözmeyi, performans değerlendirme kapsamına girebilecek görevler arasında saymaktadır (Ogan-Bekiroğlu, 2004). Performans değerlendirme için, kontrol listeleri, dereceli puanlama anahtarları (bütünsel ve analitik) gibi çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bir işin yapılışında gösterilmesi gereken davranışlar ve bitmiş üründe bulunması istenilen özelliklerin “var-yok” ilişkisi içinde düşünüldüğü kontrol listeleri daha çok süreci ölçmeye elverişlidir. Birçok durumda performansın mükemmellik derecesi, işin hiç yapılamadığı ve en mükemmel şekilde yapıldığı noktaları birleştiren çizginin herhangi bir yerindedir. Böyle durumlarda performansın farklı mükemmellik derecelerini belirtmek için dereceleme ölçekleri kullanılır (Tekin, 1996; Gronlund,1998).

Kriter ölçeği (rubrik) ise öğrenci performansını tanımlayan kriterleri ve farklı seviyelerdeki performansı bu kriterlerle birlikte puanlamaya yarayan rehberdir. Kriter ölçeği kabul edilebilir ya da kabul edilemez performans sınırlarını gösteren açıkça belirlenmiş ölçütler grubudur. Kriter ölçeği, biçimsel ve amaca uygun olarak bütünsel (holistic), analitik ya da ikisinin bileşimi olarak hazırlanır (Korkmaz, 2004). Analitik kriter ölçeği kriterler ölçeğinin performansın değişik

düzelere bölünmüş ölçütlerinden oluşan şeklidir. Analitik kriter ölçęi bir çalışmanın ya da ürünün farklı boyutlarına farklı notlar vermek amacıyla oluşturulur. Analitik kriter ölçęiyle değerlendirme yapılırken, üründen çok süreçle ilgilenilir. Bütünsel kriter ölçęi süreçten ziyade sonuçla ilgilidir. Bütünsel puanlamada; analitik puanlamadan farklı olarak sonuca ulaşmak için aşılın bireysel basamaklarla değil toplam performans ya da sonuçla ilgilenilir. Analitik kriter ölçęi, belirli ölçütleri anlatan, daha keskin ve özel tanımları içerirken, bütünsel kriterler ölçęi ise performansın düzeyi hakkında daha geniş tanımları içerir (Korkmaz, 2004; Gronlund,1998).

Öğrencilerin problem çözümlerinin analizinde kullanılabilir bir diğer yöntem de prakseolojik organizasyondur. Terim olarak prakseoloji, eylem analizine karşılık gelmekte olup Yunanca “Praxis” ve “Logos” kelimelerinden türetilmiştir. Praxis uygulamayı, logos ise bu uygulamaya ilişkin mantıksal açıklamaları ifade eder. Diğer bir ifadeyle logos, praxis’in nedenlerini açıklar. Eylem bilim olarak ta nitelendirebileceğimiz Prakseolojik analiz (Chevallard, 1992, 1997, 2006), problem çözümlerinde harekete geçirilen bilimsel bilginin farklı türdeki yapılarını ve bu yapılar arasındaki organizasyonu açıklamayı sağlamaktadır (Yavuz, 2009). Prakseolojik organizasyon veya kısaca prakseoloji terimi, Matematik eğitimi alanında ilk defa Chevallard (1992) tarafından kullanılmıştır. Bir fizik konusunu işlemek, bir fizik problemini çözmek belirli bir prakseolojinin harekete geçirilmesi anlamına gelmektedir.

En genel anlamda prakseolojik analiz “Ne?”, “Nasıl?”, “Niçin?” sorularına yanıt aramayı hedeflemektedir. Prakseolojiyi, problem çözüm analizlerinde diğer yöntemlerden ayırt eden en önemli farklılık sadece nelerin yapıldığına odaklanmayıp, neden yapıldığının da dikkate alınması şeklinde özetlenebilir. Bir problemin nasıl çözüldüğünün bilinmesi ve analiz edilmesi kadar, niçin benzer şekilde çözüldüğünün de ortaya konulması gerekmektedir. Çözüm stratejilerini yöneten bu öğelerin bilinmesi, öğrencinin karşılaştıkları güçlüklerin daha iyi algılanmasını sağlar ve etkili öğretim metotlarının yapılandırılmasına olanak sunabilir.

Fizik öğretiminde, öğrencilerin problem çözme etkinlikleri, sadece sonucun doğruluğuna, gidiş yoluna (çözüm sürecine) veya her ikisine birden bakılarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda yukarıda kısaca anlatılan analiz yöntemlerinden hangisi daha etkilidir? Acaba bu metotların avantaj ve dezavantajları nelerdir? Bu çalışmada bu sorulara cevap aranacak, öğrencilerin fizik problem çözme etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılabilir üç farklı analiz metodunun (doğru-yanlış, kontrol listesi ve prakseolojik analiz) karşılaştırılması yapılacaktır. Bu karşılaştırmayı yapmak için mekanikte sıklıkla rastlanılan rutin bir problem olan sistemin ivmesi hesaplama problemi ile pek rastlanılmayan tek bir parçanın ivmesini bulma problemleri seçilmiştir.

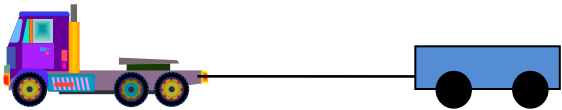
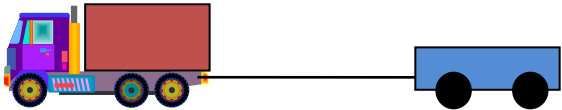
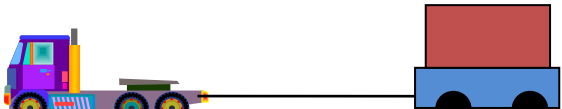
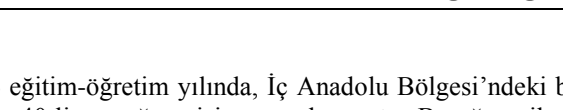
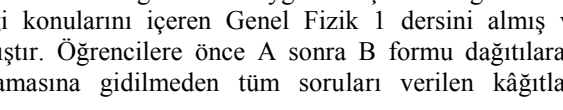

## YÖNTEM

Bu çalışmada betimsel araştırma yöntemlerinden, karşılaştırmalı araştırma deseni kullanılmıştır (Çepni, 2012). Bu bağlamda öğrencilerin fizik problem çözme etkinliklerinin değerlendirilmesinde kullanılacak üç farklı analiz metodunun (doğru-yanlış, kontrol listesi ve prakseolojik analiz) kullanımından elde edilen bilgiler karşılaştırılmıştır. Çalışma grubu lisansta Genel Fizik 1 dersini almış öğrenciler arasından seçilmiştir.

### Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada analiz karşılaştırması için seçilen fizik problemleri, Yavuz ve Temiz (2013) tarafından geliştirilen Dinamik Soru Seti (DSS)'deki ivme hesaplama problemleridir. DSS toplam sekiz ivme hesaplama problemi içeren iki formdan (DSS-A ve DSS-B) oluşmaktadır. İki formda yer alan sorular da Tablo 1'de tanımlanmış düzenekler hakkındadır. Tüm sorularda, kamyonun ve vagonun kütleleri, kamyon motorunun çekiş kuvveti ve sürtünme kuvvetleri verilmektedir (Ek-1). Öğrencilerden A formunda vagonun ivmesini, B formunda ise sistemin ivmesini hesaplamaları istenmektedir. Aslında mekanik konularını iyi bilen bir öğrenci için "vagonun ivmesini bulunuz" sorusu anlamsızdır. Çünkü böyle bir düzenekte (ip esnemiyorsa) cisimler ortak bir ivme ile birlikte hareket ederler. Dolayısıyla problemde sorulan vagonun ivmesi ile sistemin ivmesi aynı ivmedir.

Tablo 1. DSS'de Yer Alan Düzenekler ve Sorular

Sorular	İşlemler	Düzenekler
DSS-A1	$a_{\text{vagon}}=?$	
DSS-B1	$a_{\text{sistem}}=?$	
DSS-A2	$a_{\text{vagon}}=?$	
DSS-B2	$a_{\text{sistem}}=?$	
DSS-A3	$a_{\text{vagon}}=?$	
DSS-B3	$a_{\text{sistem}}=?$	

### Veri Toplama Süreci

İvme problemi 2013-2014 eğitim-öğretim yılında, İç Anadolu Bölgesi'ndeki bir üniversitede öğrenim gören 40 lisans öğrencisine uygulanmıştır. Bu öğrencilerin tamamı Newton mekaniği konularını içeren Genel Fizik 1 dersini almış ve çalışmaya gönüllü katılmıştır. Öğrencilere önce A sonra B formu dağıtılarak, herhangi bir süre kısıtlamasına gidilmeden tüm soruları verilen kâğıtlara çözmeleri istenmiştir.

## BULGULAR

Çalışmaya katılan 40 öğrencilerin, sekiz soruya ilişkin verdikleri kâğıt üzerindeki cevaplar aşağıda anlatılan üç farklı yöntemle analiz edilmiştir.

### 1. Doğru-yanlış analizi

Bu analiz metodunda öğrenci cevapları, çözümlerin nasıl yapıldığına bakılmaksızın, sadece sonucun doğruluğuna göre değerlendirilmiştir. Öğrenci cevapları doğru-yanlış analizi ile değerlendirildiğinde, Tablo 2’de sunulan veriler elde edilmiştir.

Tablo 2. Doğru-Yanlış Analizi Sonuçları

Görev:	Vagonun ivmesini hesaplama						Sitemin ivmesini hesaplama					
Soru:	DSS-A1		DSS-A2		DSS-A3		DSS-B1		DSS-B2		DSS-B3	
İstatistik	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Doğru	9	20,5	10	22,7	8	18,2	36	81,8	37	84,1	36	81,8
Yanlış	35	79,5	34	77,3	36	81,8	8	18,2	7	15,9	7	15,9
Boş	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	2,3
Toplam	44	100	44	100	44	100	44	100	44	100	44	100

Öğrenci cevapları sonuçların doğruluğuna göre analiz edildiğinde, öğrencilerin sistemin ivmesinin bulma görevlerinde daha başarılı oldukları görülmektedir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu (%80’nin üzerinde oranlarda) sistemin ivmesini doğrulukla hesaplamaktadır. Ancak aynı düzenekte sadece tek bir parçanın (örneğin vagonun) ivmesi sorulduğunda bu başarılı tablo değişmektedir. Aynı öğrencilerin büyük bir çoğunluğu vagonun ivmesini bulma görevlerinde başarısız olmaktadır. Doğru-yanlış analizi, öğrencilerin ivme hesaplama görevlerinde bir takım güçlükler yaşadığını göstermektedir. Öğrencilerin benzer bir problemin iki görevinden, birinde çok başarılı diğerinde ise çok başarısız oldukları bu ilginç durumun nedenini açıklayamamaktadır.

### 2. Kontrol listesi analizi

Kontrol listesi ile metodunda, öğrencilerin ulaştıkları sonucun doğruluğundan ziyade, çözüm sürecinde takip ettikleri yolu incelemek amaçlanmaktadır. Kontrol listeleri, performansın en önemli ve gözlenebilir yanlarını içermektedir. Tekin (1996)’ya göre kontrol listesi geliştirebilmek için öncelikle ölçme konusu olan işin veya performansın bütün kritik yanlarının tanımlanması gerekir. Bu gereği karşılamak amacıyla öncelikle iki parçalı bir düzenekte ivme bulma problemini çözmenin alt birimleri belirlenmiştir. Bu alt birimler belirlenirken çeşitli fizik ders kitaplarında (Giancoli, 2008; Serway & Jewett, 2009; Young & Freedman, 2010) önerilen problem çözme basamaklarından yararlanılmıştır. Buna göre bir ivme bulma problemi; serbest cisim diyagramı çizme, sistem seçimi-Newton’un 2. yasasını uygulama ve ivme hesaplama basamaklarından oluşmaktadır. Uzman

görüşleri de alınarak bu dört ana kategori için toplam 22 kriter belirlenerek Tablo 3'de verilen kontrol listesi oluşturulmuştur.

Tablo 3. İki Parçalı Bir Düzenekte İvme Hesaplama Problemi Kontrol Listesi

Kategoriler	Kriterler	
Serbest Cisim Diyagramı çizme	1. Birinci parçaya etki eden; F kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	2. Sürtünme kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	3. İpteki gerilme kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	4. Ağırlık kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	5. Yüzeyin normal kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	6. İkinci parçaya etki eden; Sürtünme kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	7. İpteki gerilme kuvvetini kuvveti gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	8. Ağırlık kuvvetini gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
	9. Yüzeyin normal kuvvetini gösterilmiş	<input type="checkbox"/>
Sistem seçimi ve Newton'un 2. Yasasını uygulama	10. Bütün düzenek tek bir sistem olarak seçilmiş	<input type="checkbox"/>
	11. Tüm sistem için tek bir $F=ma$ bağıntısı yazılmış	<input type="checkbox"/>
	12. $\sum M=$ Tüm parçaların toplam kütlesi alınmış	<input type="checkbox"/>
	13. $\sum F=$ Sistemin uçlarına etki eden kuvvetlerin bileşkesi alınmış	<input type="checkbox"/>
	14. Her bir parça ayrı ayrı sistemler olarak seçilmiş	<input type="checkbox"/>
	15. Birinci parça için $F=ma$ bağıntısı yazılmış	<input type="checkbox"/>
	16. Birinci bağıntıda $\sum M= 1.$ Parçanın kütlesi alınmış	<input type="checkbox"/>
	17. Birinci bağıntıda $\sum F= 1.$ parçaya etki eden kuvvetlerin hareket yönündeki bileşkesi alınmış	<input type="checkbox"/>
	18. İkinci parça için bir $F=ma$ bağıntısı yazılmış,	<input type="checkbox"/>
	19. İkinci bağıntıda $\sum M= 2.$ Parçanın kütlesi alınmış	<input type="checkbox"/>
İvme Hesaplama	20. İkinci bağıntıda $\sum F= 2.$ parçaya etki eden kuvvetlerin hareket yönündeki bileşkesi alınmış	<input type="checkbox"/>
	21. Yazılan denklem(ler) çözümlenerek ivme doğru hesaplanmış	<input type="checkbox"/>
	22. İvmenin birimi doğru belirtilmiş.	<input type="checkbox"/>

Tablo 3'de iki parçalı bir düzenekte ivme hesaplama görevleri için geliştirilen kontrol listesi ile öğrenci cevapları değerlendirildiğinde Tablo 4'de verilen bulgular elde edilmiştir.

Tablo 4. Kontrol Listesi ile Analiz Sonuçları

Kategoriler	Kriter No	DSS-A1		DSS-A2		DSS-A3		DSS-B1		DSS-B2		DSS-B3	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
		Serbest Cisim Diyagramı çizme	1	24	55	23	52	21	48	26	59	23	52
2	32		73	28	64	21	48	28	64	23	52	26	59
3	0		0	0	0	0	0	1	2,3	2	4,5	6	14
4	4		9,1	5	11	2	4,5	3	6,8	4	9,1	1	2,3
5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,3
6	30		68	28	64	27	61	30	68	26	59	26	59
7	3		6,8	0	0	0	0	3	6,8	3	6,8	2	4,5
8	4		9,1	5	11	2	4,5	3	6,8	3	6,8	3	6,8
9	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	12		27	10	23	10	23	39	89	38	86	37	84
Sistem seçimi ve Newton'un 2. Yasasını uygulama	11	12	27	10	23	10	23	39	89	38	86	37	84
	12	12	27	10	23	9	21	39	89	38	86	37	84
	13	9	21	10	23	8	18	35	80	36	82	35	80
	14	31	71	33	75	33	75	5	11	6	14	6	14
	15	2	4,5	4	9,1	2	4,5	4	9,1	5	11	4	9,1
	16	2	4,5	4	9,1	2	4,5	4	9,1	4	9,1	4	9,1
	17	0	0	0	0	0	0	1	2,3	1	2,3	1	2,3
	18	30	68	30	68	32	73	3	6,8	2	4,5	3	6,8
	19	30	68	30	68	30	68	2	4,5	2	4,5	3	6,8
	20	0	0	0	0	0	0	1	2,3	1	2,3	1	2,3
İvme Hesaplama	21	9	21	10	23	8	18	36	82	37	84	36	82
	22	8	18	9	21	10	23	8	18	11	25	9	21

Geliştirilen kontrol listesi, bir ivme bulma probleminin çözümünde takip edilen; serbest cisim diyagramı çizme, sistem seçimi-Newton'un 2. yasasını uygulama ve ivme hesaplama basamaklarından oluşmaktadır. Öğrencileri çözümleri bu basamaklar için değerlendirildiğinde;

- Genel olarak öğrencilerin serbest cisim diyagramı çizme basamağını fazla önemsemedikleri görülmektedir. Çözümlerde nadiren görülen serbest cisim diyagramlarında ise en sık gösterilen kuvvetlerin sürtünme kuvvetleri olduğu görülmektedir. Hareket doğrultusuna dik olan kuvvetlerden ağırlığın nadiren, yüzeyin normal kuvvetinin ise hiç çizilmediği tespit edilmiştir. İpteki gerilme de nadiren gösterilen bir diğer kuvvettir.
- Sistem seçimi ve Newton'un 2. Yasasını uygulama basamağında öğrencilerin iki farklı yaklaşımda çözüme gittikleri görülmektedir. Bazı öğrenciler bütün düzeneği tek bir parça olarak ele alma eğiliminde iken bazıları ise düzenekteki her bir parça için ayrı ayrı işlem yapma eğilimindedir. Düzeneği tek bir parça olarak ele alma eğilimine daha çok sistemin ivmesini bulma görevinde rastlanılmaktadır. Vagonun ivmesini bulma görevinde ise vagonun sistem olarak seçildiği sıklıkla görülmektedir. Her bir parçayı ayrı bir sistem olarak alan öğrencilerin, seçtikleri parçaya etki eden bileşke kuvveti belirlerken hata yaptıkları görülmektedir.
- İvme hesaplama basamağında ise öğrencilerin büyük bir kısmının sistemin ivmesini doğru hesapladığı, ancak vagonun ivmesini hatalı hesapladığı görülmektedir. Ayrıca sonuç ifade edilirken ivme biriminin doğrulukla belirtilme oranının da düşük olduğu görülmektedir.

### 3. Prakseolojik Analiz

Prakseolojik organizasyonun temelinde işlem tipi (type of task) bulunmaktadır. İşlem tipi çözülecek bir problem türü veya gerçekleştirilecek bir eylem türü olarak düşünülebilir. Her şey işlem tipi olarak adlandırılabilir. Kapıyı açmak, kitap okumak, yemek yapmak, fizik dersi işlemek, fizik problemi çözmek birer işlem tipidir. İşlem tipi eylemi gerçekleştirecek olan kişiye ne yapılması gerektiği hakkında ilk bilgiyi sunmaktadır. Sorulan bir sorunun Newton'un ikinci yasası ile çözüleceğini kavramak işlem tipinin ne olduğunu kavramaya eş değerdir. İşlem tipinin doğru olarak belirlenmesi çözümün (veya eylemin) doğru olarak gerçekleştirilmesi adına ilk adımın atılması anlamına gelir.

İşlem tipinin belirlenmesinde soyut ve genel durumlar tercih edilmelidir. Örneğin Newton'un ikinci yasasını kullanarak bir mekanik problemini çözmek bir işlem tipidir. Araştırma kapsamında öğrencilere sorulan "sistemin ivmesini hesaplayınız" yukarıda ifade edilen işlem tipine dâhil olan bir sorudur.

Bir eylemi yerine getirmek, bir problemi çözmek belirli bir yöntemin bilinmesini gerektirir. Bu yöntem prakseolojide "teknik" olarak adlandırılır. Teknik işlem tipinin "nasıl" gerçekleşeceğini tanımlar. Kontrol listesinde belirtilen her bir madde aslında problemin nasıl çözüleceğini dolaylı olarak tanımlamaktadır. Bu listeden de anlaşılacağı üzere teknik bir alt-işlemler (sub-tasks) bütünü olarak düşünülebilir. İşlem tipi ve teknik birlikte praxisi yani pratik bloğu veya uygulama bloğunu oluşturur.



Tekniğin oluşturulmasında detaya girmekten ziyade anahtar kavramlar etrafında anahtar eylemler belirlenip genel bir çerçeve oluşturulabilir. Bu durum tekniğin daha anlaşılır olmasını sağlamaktadır. Bu şekilde oluşturulan teknik, yukarıda belirtilen kontrol listesi örneğindeki gibi ilk bakışta gerekli olacak detaylardan arınmış daha anlaşılır bir tablo sunacaktır. Newton'un ikinci yasasının ( $F=ma$ ) uygulanmasındaki anahtar kavramlar sistem, net kuvvet, kütle, ivme ve hareket denklemdir. Bu anahtar kavramlar kullanılarak Yavuz ve Temiz (2013) tarafından oluşturulan örnek bir pratik blok Tablo 5'de verilmektedir. Gerektiği durumlarda her bir ana eylem için tekrar bir teknik tanımlanabilir. Örneğin sisteme etki eden net kuvvetlerin nasıl belirleneceğine ilişkin ayrı bir teknik daha açık bir şekilde oluşturulabilir.

Tablo 5. Newton'un İkinci Yasasının Kullanımına İlişkin Örnek Bir Pratik Blok

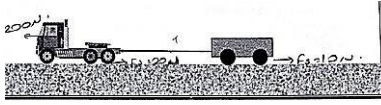
İşlem Tipi:		Newton'un ikinci yasasını kullanarak iki parçadan oluşan bir düzende ivme bulma problemini çözmek
Teknik	İşlem 1	Sistemin tanımlanması
	İşlem 2	Sistemin kütlelerinin belirlenmesi
	İşlem 3	Sisteme etki eden net kuvvetin hesaplanması
	İşlem 4	Sistemin ivmesinin belirlenmesi
	İşlem 5	Sistem için hareket denkleminin yazılması

Teknik, açıkça veya örtülü gerçekleştirilen işlemleri tanımlar. Kontrol listesi analizinden farklı olarak prakseolojik analizde, teknik içerisinde yer alan işlemlerin mutlak surette açık bir şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği önemsizdir. Dolayısı ile prakseolojik analizlerde var veya yok (1 veya 0) şeklinde bir analiz söz konusu değildir. Analizler teknikte yer alan işlemlerin nasıl yapıldığını betimleyecek şekilde gerçekleştirilir. Örneğin “Öğrenci sistemi nasıl seçiyor?”, “Öğrenci sisteme etki eden kuvvetleri nasıl ifade ediyor?”, “Sistemin kütlelerini nasıl algılıyor?”, şeklindeki sorular yardımı ile öğrencini çözümü betimlenebilir. Bu şekilde gerçekleştirilen bir analiz, bir ivme bulma problemi için öğrenci çözümlerini üç kategoride toplamayı sağlayabilmektedir. Bu kategoriler Yavuz ve Temiz (2013) tarafından Uzman, Pratik ve Odak teknik isimleri ile belirtilmiştir. Aşağıda verilen Tablo 6 bu üç tekniğe ilişkin detayları açıklamaktadır.

Tablo 6. İki Parçadan Oluşan Bir Düzenekte İvme Bulma Problemini için Teknikler ve Alt İşlemleri

Alt-işlemler (ai)	Teknikler		
	Uzman Teknik	Pratik Teknik	Odak Teknik
ai1: Sistemin tanımlanması	Düzenekteki her bir parça ayrı ayrı sistem olarak seçilir.	Düzenegün bütünü sistem olarak seçilir.	Odaklanılan parça (ivmesi istenilen) sistem olarak seçilir.
ai2: Sistemin kütlelerinin belirlenmesi	Birinci sistemin kütlesi $m_1$ , 2. Sistem kütlesi de $m_2$ olarak belirlenir.	Bütün sistemin kütlesi $\sum m$ (toplam kütle) olarak belirlenir.	Sadece hareketine odaklanılan (ivmesi istenilen) parçanın kütlesi belirlenir.
ai3: Sisteme etki eden net kuvvetin hesaplanması	$m_1$ 'e etki eden net kuvvet ve $m_2$ 'ye eden net kuvvet ayrı ayrı ifade edilir.	Net kuvvet, sistemin uçlarına etki eden kuvvetlerin toplanmasıyla hesaplanır.	Sadece odak parçaya etki eden net kuvvet hesaplanır.
ai4: Sistemin ivmesinin belirlenmesi	Birinci ve ikinci parçaların ivmelerinin aynı olduğu belirtilir.	Sadece tek bir ivme (sistemin ivmesi) belirtilir.	Odaklanılan parçanın ivmesi ayrı olarak belirtilir.
ai5: Sistem için hareket denkleminin yazılması	Newton'un ikinci yasası hem $m_1$ ve hem de $m_2$ için ayrı ayrı yazılır.	Newton'un ikinci yasası sistem için tek bir kez yazılır.	Newton'un ikinci yasası sadece odak kütle için yazılır.

Uzman Teknik: Bu tekniğin uzman teknik olarak adlandırılmasının nedeni sistem seçiminin, seçilen sisteme etki eden kuvvetlerin belirlenmesinin, Newton'un ikinci yasasının sistem için yazılmasının tüm dinamik problemleri için geçerli olmasıdır. Yavuz ve Temiz (2013)'e göre uzman tekniğe genellikle üniversite fizik ders kitaplarında rastlanılmaktadır. Bu tekniği örneklendirmek için Şekil 1'de verilen Ö-1 ve Ö-2'nin çözümleri analiz edilecektir.



Kamyon için  
 $F_{net} \Rightarrow 200 - T - 20 = 2000 \cdot a$   
 $180 - T = 2000 \cdot a$

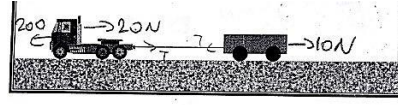
Vagon için  $F_{net} \Rightarrow T - 10 = 250 \cdot a$   
 $180 - T = 2000 \cdot a$   
 $T - 10 = 250 \cdot a$

---

 $T$   
 $170 = 2250 \cdot a$ 

$$a = \frac{17}{225} \text{ m/s}^2$$

Ö-1



$$200 - 20 - T = 2000 \cdot a \quad T - 10 = 250 \cdot a$$

$$180 - T = 2000 \cdot a \quad T = 250a + 10$$

$$180 - 250a - 10 = 2000a$$

$$170 = 2250a$$

$$a = \frac{17}{225}$$

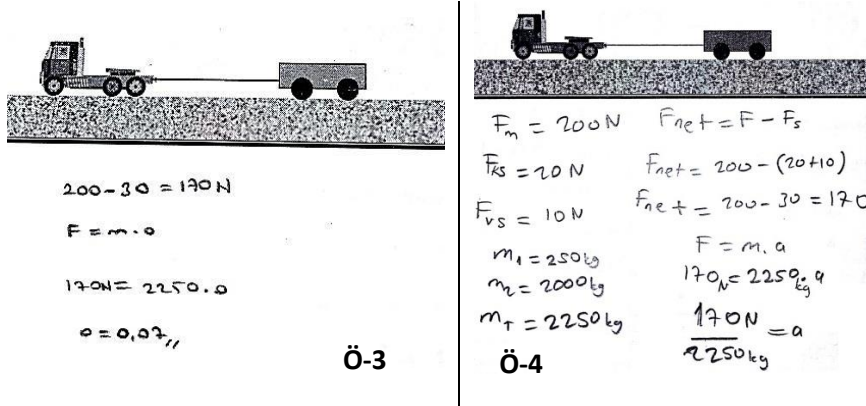
Ö-2

Şekil 1. Sistemin İvmesini Hesaplayan Ö-1 ve Vagonun İvmesini Hesaplayan Ö-2 Çözümleri

Şekil 1'deki çözümler tablo 4'de verilen teknikler ve alt işlemleri dikkate alınarak analiz edildiğinde öğrencilerin; iki farklı sistem seçtikleri anlaşılmaktadır (ai1). Özellikle Ö-1'in "kamyon için" ve "vagon için" ifadeleri seçilen bu sistemleri göstermektedir. Seçilen birinci sistemin (kamyonun) kütlesinin 2000 kg ve 2. Sistemin (vagonun) kütlesinin de 250 kg olarak alındığı görülmektedir (ai2). Kamyona etki eden net kuvveti (180-T) ve vagona etki eden net kuvveti (T-10) ayrı ayrı bulduğu görülmektedir (ai3). Çözümünde tek bir ivme geçmesinden öğrencilerin hem kamyonun hem de vagonun ivmesini aynı aldığı anlaşılmaktadır (ai4). Çözümlerde kamyon ve vagon için iki ayrı hareket denklemini görülmektedir (ai5). Bu alt-işlemler incelendiğinde, Ö-1 ve Ö-2 çözümlerinin uzman tekniğe karşılık geldiği anlaşılmaktadır.

**Pratik Teknik:** Bu tekniğin temelinde birden fazla hareketliden oluşan mekanik düzende, düzeneğin tümünü tek bir sistem (tek bir parça) gibi düşünmek yatmaktadır. Cisimlerin ip ile birbirine bağlı olduğu durumlarda bu tekniği kullanırken ipteki gerilme kuvvetleri sisteme göre bir iç kuvvet haline dönüşmekte ve Newton'un ikinci yasasının yazımında hesaba katılmamaktadır. Yavuz ve Temiz (2013)'e göre pratik teknik daha ziyade lise fizik ders kitaplarında kullanılmakla birlikte nadir de olsa üniversite ders kitaplarında da görülmektedir.

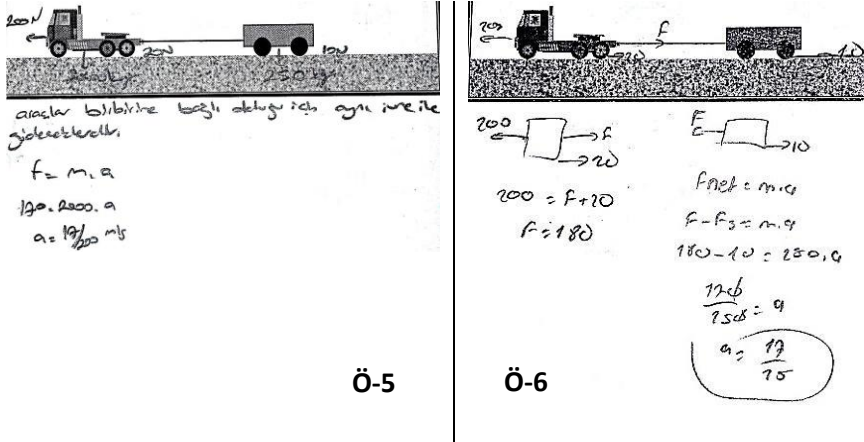
Şekil 2'de verilen örnek çözümlerden Ö-3 ve Ö-4'ün pratik tekniğe karşılık gelmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Sistemin İvmesini Hesaplayan Ö-3 Ve Vagonun İvmesini Hesaplayan Ö-4 Çözümleri

Şekil 2'deki çözümler Tablo 4'de verilen tekniklere ve alt işlemlerine göre incelendiğinde öğrencilerin; kamyon ve vagonu bir bütün olarak ele aldıkları anlaşılmaktadır (ai1). Sistemin kütlelerini, toplam kütle olan 2250 kg olarak yazılmıştır (ai2). İpteki gerilme kuvveti, ne matematiksel işlemlerde ne de şekiller üzerinde görülmemektedir. Buradan hareketle öğrencilerin ipteki gerilme kuvvetini, net kuvvet hesabında bir iç kuvvet olarak düşündükleri ve hesaba katılmadıkları anlaşılmaktadır. Öğrenciler net kuvveti, sistemin uçlarına etki eden kuvvetleri toplayarak ( $200 - 20 - 10 = 170 \text{ N}$ ) hesaplamaktadır (ai3). Çözümde tek bir ivme belirtmiştir (ai4). Seçilen sistem için  $a = F_{net} / \sum m = 170 / 2250$  ifadesi ile verilen tek bir hareket denklemi yazılmıştır (ai5). Bu alt-işlemler incelendiğinde, Ö-3 ve Ö-6 çözümlerinin “pratik teknik” olarak kodlanmasına karar verilmiştir.

**Odak Teknik:** Bu teknik öğrencilerin birden fazla parçadan oluşan düzeneklerde, ivme hesaplama problemlerini çözerken, sadece ivmesi sorulan parçaya odaklanıp diğer parçaların, kuvvetçe ve kütlece sisteme olan etkilerini göz ardı ettiği hatalı tekniktir (Yavuz ve Temiz, 2013). Bu tekniği kullanan öğrenciler hatalı sistem seçimi sonucunda doğru cevaba ulaşamamaktadır. Şekil 3'de verilen örnek çözümlerden Ö-5 ve Ö-6'nın odak tekniğe karşılık gelmekte olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Sistemin İvmesini Hesaplayan Ö-5 Ve Vagonun İvmesini Hesaplayan Ö-6 Çözümleri

Şekil 3'deki çözümler Tablo 4'de verilen tekniklere ve alt işlemlerine göre incelendiğinde; vagonun ivmesini bulma görevi üzerinde çalışan Ö-6'nın sistem olarak odak parçayı seçtiği anlaşılmaktadır (ai1). Ö-6,  $F=ma$  ifadesinde sadece hareketine odaklandığı parçanın (vagonun) kütlelerini (250 kg) belirtmektedir (ai2). Bu da öğrencinin vagonun ivmesini bulma işlem basamağında kamyonun etkisini dikkate almadan sadece vagona odaklandığının bir göstergesidir. Öğrenci odaklandığı parçaya (vagona) etki eden net kuvveti hesaplarken; önce kamyon için hareket yönündeki kuvvetten (200 N) harekete zıt yöndeki kuvveti (20N) çıkararak ipteki gerilme kuvvetini oldukça hatalı bir şekilde bulmaktadır (200-20=180 N denklemi). Daha sonra da 180-10=170N denklemine ulaşıldığı üzere, bu kuvvetten vagona etki eden sürtünme kuvvetini çıkararak odak parçaya etki eden net kuvveti bulmaktadır (ai3). Çözümde  $a$  sembolü kullanarak ifade edilen (vagonun ivmesi) tek bir ivme ifadesi geçmektedir (ai4). Seçilen odak parça (vagon) için  $a=F_{\text{netodak}}/M_{\text{odak}}=170/250$  ifadesi ile verilen tek bir hareket denklemi yazmıştır (ai5).

Sistemin ivmesini bulma görevi üzerinde çalışan Ö-6'nın ise sistem olarak sadece kamyonu seçtiği anlaşılmaktadır (ai1). Ö-6,  $F=ma$  ifadesinde sadece hareketine odaklandığı parçanın (kamyonun) kütlelerini (2000 kg) belirtmektedir (ai2). Öğrenci odak parçaya etki eden net kuvveti 170 N bulmaktadır (ai3). Çözümde tek bir ivme olduğu belirtilmektedir (ai4). Seçilen sistem için  $a=F_{\text{netodak}}/M_{\text{odak}}=170/2000$  ifadesi ile verilen tek bir hareket denklemi yazmıştır (ai5). Tüm bu alt-işlemler incelendiğinde, Ö-5 ve Ö-6'nın "odak teknik" olarak kodlanmasına karar verilmiştir.

Araştırmaya katılan tüm öğrencilerin çözümleri yukarıda açıklanan üç farklı teknik çerçevesinde analiz edilerek kodlandığında tablo 7'de verilen sonuçlara ulaşılmaktadır. Buna göre öğrencilerin çoğunluğunun (yaklaşık %75) "Vagonun ivmesini hesaplayınız" şeklindeki DSS-A sorularına verdiği cevaplarda odak

teknîği kullandıkları görülmektedir. Buna karşılık “Sistemin ivmesini hesaplayınız” şeklindeki DSS-B sorularına verdikleri cevaplarda ise öğrencilerin büyük çoğunluğunun (yaklaşık %85) pratik tekniği kullandıkları gözlemlenmiştir.

Tablo 5. Öğrenci Çözümlerini Prakseolojik Analize Göre Dağılımları

Teknikler	$a_{\text{vagon}}=?$				$a_{\text{sistem}}=?$							
	DSS-A1		DSS-A2		DSS-A3		DSS-B1		DSS-B2		DSS-B3	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Uzman Teknik	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	2,3	1	2,3	1	2,3
Pratik Teknik	12	27,3	10	22,7	10	22,7	39	<b>88,6</b>	38	<b>86,4</b>	37	<b>86,0</b>
Odak Teknik	32	<b>72,7</b>	33	<b>75,0</b>	33	<b>75,0</b>	4	9,1	5	11,4	5	11,6
Diğer	0	0,0	1	2,3	1	2,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Toplam	44	100	44	100	44	100	44	100	44	100	43	100

Tablo 7’de verilen bulgular öğrencilerin sistemin ivmesini ve vagonun ivmesini hesaplamada farklı teknikler kullandıklarını göstermiştir. Öğrenciler sistemin ivmesini hesaplamayı ayrı bir işlem tipi, vagonun ivmesini hesaplamayı ayrı bir işlem tipi olarak kabul etmektedir. Bu bulguya dayanarak öğrencilerin DSS-A ve DSS-B sorularını çözmeye iki ayrı praxeolojiyi harekete geçirdikleri söylenebilir. Öğrenciler sistemin ivmesini hesaplamada genellikle pratik praxeolojiyi, vagonun ivmesini hesaplamada ise genellikle odak praxeolojiyi harekete geçirmektedirler. Bu sonuç, doğru-yanlış analizinde ortaya konulan, ancak açıklanamayan ilginç durumun (sistemin ivmesini hesaplama da yüksek başarı, vagonun ivmesini hesaplamada yüksek başarısızlık durumunun) nedenini açıklamaktadır.

### Veri Analiz Araçlarının Güvenirlik Çalışmaları

Açık uçlu maddeler içeren bir ölçme aracı kullanmanın en zayıf yönü değerlendirmedeki subjektifliktir. Yani aynı ölçüm sonuçlarının farklı kişilerce farklı değerlendirilmesidir. Öğrencilerin ivme hesaplama görevlerini değerlendirmek için kullanılan analiz araçlarının güvenirliliği, hakemler arası tutarlık metodu ile sınanmıştır. Bu amaçla DSS’nin A ve B formunu eksiksiz cevaplayan 20 öğrenci seçilmiştir. Seçilen bu öğrencilerin kağıtları iki hakem tarafından yukarıda anlatılan analiz yöntemleri kullanılarak puanlanmıştır. Hakemlerin aynı öğrencilerin aynı maddelerine verdikleri puanlar/kodlar, Kappa testi yapılarak karşılaştırılmış ve uyuma oranları incelenmiştir. Yapılan hakemler arası tutarlık analizlerinin sonuçları Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Hakemler Arasındaki Uyuşma Oranları (Kappa)

Soru No	Kontrol listesi	Prakseolojik Analiz
DSS A-1	0,948	0,780
DSS A-2	0,958	0,623
DSS A-3	0,962	0,780
DSS B-1	0,953	0,780
DSS B-2	0,974	1
DSS B-3	0,962	1

Şencan (2005)'a göre Kappa katsayısı, 0,40 ile 0,75 arasında ise makul bir uyuşma, 0,75'den büyük ise mükemmel bir uyuşma olduğu anlamına gelir. Bu bağlamda, Tablo 8'de sunulan Kappa uyuşma katsayıları, puanlama araçlarının hakemler arası tutarlılık güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Problem çözümlerinin doğru-yanlış ekseninde kodlanması diğer bir değişle analizlerin bütüncül yöntemlerle yapılması araştırmacıya öğrenci çözümlerinde bir sorunun olup olmadığını net bir şekilde göstermesi açısından önemlidir. Bütüncül puanlama yöntemleri puanlamanın daha kolay yapılabilmesi, bir puanlayıcıdan diğerine tutarlılığın daha yüksek olması, beklenen doğru yanıt örüntülerinin öğrenciye daha rahat açıklanabilmesi, puana dönüştürme ve soru bazında analizlerin kolay yapılabilmesi gibi avantajlar sunmaktadır (Berberoğlu, 2006). Öğrencilerin DSS-A ve DSS-B sorularına verdikleri cevaplar doğru-yanlış ekseninde kodlandığında, vagonun ivmesini bulma görevinde bir güçlük yaşandığı göze çarpmaktadır. Dolayısı ile bu analizler genel bir tablo sunmaktadır. Fakat analiz bu güçlüğün nedenini açıklamaktan uzaktır. Doğru-yanlış analizi, öğrencinin performansı hakkında oldukça yüzeysel bilgi vermektedir. Bu değerlendirmeye göre 0 alanlar veya 1 puan alanlar arasında herhangi bir farklılık yokmuş gibi görünmektedir. Alınan puanlar öğrencilerin problemi ele alma, anlama ve çözme tarzlarını ayırt edememektedir.

Bütünsel puanlama yöntemleri öğrencinin gösterdiği performansın bütününe tek bir puan vermektedir. Analitik puanlama araçları ise öğrenci performansının çeşitli boyutlarındaki başarı düzeyleri hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir (Kutlu, Doğan ve Karakaya, 2008). Dolayısıyla kontrol listesi, çözüm süreci hakkında doğru-yanlış ekseninde kodlamaya oranla çok daha detaylı bilgiler vermektedir. Kontrol listesi ile yapılan analizler problem çözümünde hangi basamata sorunun olduğu hakkında bilgiler vermektedir. Örneğin, dinamik problemleri için hazırlanan bir kontrol listesi öğrencinin çözüm sürecinde, serbest cisim diyagramı çizilip çizmediği, hangi kuvvetleri gösterdiği, sistemi bir bütün olarak mı yoksa parça olarak mı ele aldığı hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Kontrol listesi ile analiz, problem çözümlerinin nicelleştirilmesi adına önemli katkılar sunmaktadır. Ancak elde edilen toplam puanlara bakıldığında yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Örneğin kontrol listesi

değerlendirmesine göre, daha yüksek puan öğrenciler ivmeyi doğru hesaplayamadıkları görülmüştür. Ayrıca kontrol listesi analizleri sorunun altında yatan esas nedeni ortaya çıkarma konusunda başarılı olamamaktadır. Örneğin dinamik problemi örneğinde öğrencilerin neden sistemin ivmesini hesaplamada başarılı, parçanın ivmesini hesaplamada ise başarısız olduklarını açıklayamamaktadır.

Prakseolojik analiz, problem çözüm sürecinin nitel olarak betimlenmesi ve buna bağlı olarak açıklanmasına katkı sağlamaktadır. Prakseolojik analiz, öğrencilerin çözümlerinde kullandıkları teknik ve işlem tiplerini belirleyerek daha ayırt edici bir yaklaşım sunmaktadır. Örneğin şekil 1, 2 ve 3’de verilen Ö1 ve Ö2 uzman, Ö3 ve Ö4 pratik, Ö5 ve Ö6 ise pratik tekniği kullanmaktadır. Grubun geneli incelendiğinde ise öğrencilerin büyük bir kısmı sistemin ivmesini hesaplarken pratik, parçanın ivmesini hesaplarken ise odak tekniği kullanmaktadır. Bu analiz metodunda prakseolojilerin belirlenmesi ile kategorilere oluşturulabilir, elde edilen nicel veriler rahatlıkla sunulabilir.

Kontrol listesi yöntemi ile gerçekleştirilen analiz net olarak var olan veya olmayan eylemlerin öğrenci çözümü üzerinde tanımlanmasına dayanmaktadır. Buna göre belirlenen kriter uygun bir şekilde ifade edildiği takdirde öğrenci çözümünde ya vardır veya yoktur (Tekin, 1996). Buna karşılık prakseolojik analiz, problem çözme sürecini nitel olarak betimleme amacı taşımaktadır. Bu nedenle problem çözümlerine daha genel bir çerçeveden daha kapsamlı bir şekilde bakmaktadır.

Kontrol listesi yöntemi ile yapılan analiz sonucunda belirlenen bazı kriterlerin öğrenci çözümlerinde yeterince yer almadığı görülmüştür. Örneğin öğrencilerin serbest cisim diyagramı çizimlerini fazla önemsemedikleri ortaya çıkmıştır. Serbest cisim diyagramları çizimi fizik eğitimi literatüründe üzerinde durulan önemli bir konudur (Heller, 1992). Fakat öğrencideki sorun bundan daha büyük çaptadır. Prakseoloji, öğrencideki sorunun sistemde yer alan ve soruda ivmesi istenen parçalara odaklanma şeklinde olduğunu ortaya koymayı sağlamıştır.

Problem çözme etkinlikleri kontrol listesi yöntemi kullanılarak yapılan analiz edildiğinde, öğrencilerin neleri yapıp neleri yapmadığı konusunda bilgi sahibi olunabilir. Kontrol listesine analizi ile öğrencinin eksikleri belirlenebilir, böylece öğretmenler veya araştırmacılar neler yapılması gerektiğine karar verebilir. Prakseoloji analiz ise, bu neden arayışını bir üst çerçeveye taşımakta ve öğrenciyi hatalı sonuca veya çözüme iten nedenleri kontrol listesi gibi detaya inmeden genel bir çerçevede ele alıp anlamlandırmaya olanak sağlamaktadır. Bu durumu “bir eylem (doğru veya hatalı) olarak gerçekleştiriliyorsa bunun mutlaka bir nedeni vardır” şeklinde özetleyebiliriz.

Bu çalışmada prakseolojik organizasyon bir değerlendirme metodu olarak kullanılırken, “işlem tipi” ve “teknik” seviyesine varan bir analiz yapılmıştır. Uygulama bloğu, beceri bloğu veya pratik blok olarak adlandırabileceğimiz işlem tipi ve teknik bir prakseolojinin minimal görünen yüzü olarak da adlandırılabilir (Chevallard, 2006). Bir prakseolojik organizasyonda, “Bir eylem



(doğru veya hatalı) olarak gerçekleştiriliyorsa bunun mutlaka bir nedeni olmalıdır” prensibi gereği eylemlerin nedenlerini açıklayıcı bir üst düzey daha bulunmaktadır. Bu üst düzey bilgi bloğu olarak adlandırılmaktadır. Bu blok “teknoloji” ve “teori” isimli iki ögeyi içermektedir. Burada “teknoloji”, tekniğin anlaşılıp kavranılmasını sağlayan, bir işlem tipinin doğru ve tutarlı olarak gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini sınavan ve tekniğin ispatı niteliğinde olan öğelerdir (Chevallard, 1997). Şayet teknik bir praxeolojinin görünen kısmı olarak, bir ürün olarak kabul edilirse arka planda bu ürünü ortaya çıkaracak olan mutlak surette bir teknolojiye ihtiyaç olacaktır. Teknolojinin teknik için yüklendiği görevi, “teori” teknoloji için yapar. Yani teori, teknolojinin ispatı olarak görülebilir. Teori, teknolojiye göre daha kapsamlı ve daha genel kurallar dizisidir. Örneğin ivme hesaplama problemlerinde ortaya konulan uzman veya pratik tekniklerde yer alan işlemlere ilişkin açıklayıcı bilgiler teknolojiye karşılık gelecektir. Bunlara ilişkin teorik öğeler ise Newton yasalarının ifadelerinden ve hatta Newton mekaniğine ilişkin paradigmalardan oluşacaktır (Yavuz, 2009). Bu araştırmada kağıt-kalem çözümleri analiz edildiğinden bu üst düzey öğelere değinilmemiştir. Öğrencilerle birebir görüşmeler gerçekleştirilip uyguladıkları yöntemlere ilişkin teknolojik öğeler ortaya konulup tartışılabilir.

## KAYNAKLAR

- Bolton, J., & Ross, S. (1997). Developing students' physics problem-solving skills. *Physics Education*, 32, 176.
- Berberoğlu, G. (2006). *Sınıf içi ölçme ve Değerlendirme teknikleri*. İstanbul: Morpa Kültür Yayınları, 85-89.
- Çepni, S. (2012). *Araştırma ve Proje Çalışmalarına Giriş*. Pegem Akademi. 74-90.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 12/1, 73-112.
- Chevallard, Y. (1997). Familiale et problématique, la figure du professeur. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 17(3), 17-54.
- Chevallard, Y. (2006). Steps towards a new epistemology in mathematics education. In *Research in Mathematics Education (CERME 4)* (pp. 21-30). Universitat Ramon Llull, Barcelona. Retrieved from [http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php?id\\_article=95](http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/article.php?id_article=95)
- Dumas-Carré, A., & Goffard, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris: Armand Colin/Masson.
- Gronlund, N.E. (1998). *Assessment of Student Achievement*. Allyn & Bacon.
- Heller, P., Keith, R. & S.Anderson. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1.Group versus individual problem solving. *Am. J. Phys.* 60, 627-636.
- Heller, P. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *Am. J. Phys.*, 60, 637-644.
- Hobden, P. (1998). The Role of Routine Problem Tasks in Science Teaching. *International Handbook of Science Education*, 1, 219.
- Jonassen, D. H. (2010). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.
- Korkmaz, H. (2004). *Fen ve Teknoloji Eğitiminde Alternatif Değerlendirme Yaklaşımları*. Ankara: Yeryüzü Yayınevi, 35-36.

- Kutlu, Ö., Karakaya, İ. ve Doğan, D. C. (2008). *Ölçme ve Değerlendirme Performansa ve Portfolyoya Dayalı Durum Belirleme*. Ankara: PegemAkademi Yayınevi, 47-84.
- Mayer, R. E., and Wittrock, M. C. (1996). *Problem-solving transfer*. In D. C. Berliner and R. C. Calfee (eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 47–62). NewYork: Macmillan.
- Ogan Bekiroğlu, F. (2004). *Ne kadar Başarılı? Klasik ve Alternatif Ölçme-Değerlendirme Yöntemleri ve Fizikte Uygulamalar* (1. baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Osborne, R. J., & Gilbert, J. K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, 15, 376.
- Şencan, H. (2005). *Sosyal ve Davranışsal Ölçümlerde Güvenirlik ve Geçerlilik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Tekin, H. (1996). *Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme*. Ankara: Yargı Yayınları. 286-290.
- Yavuz, A. (2009). Problem Çözümlerine Prakseolojik Yaklaşım. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(2), 93–106.
- Yavuz, A., Temiz, B. (2013). *MEPÇİS<sup>1</sup> (Mekanik Problem Çözümlerini İyileştirme Stratejileri 1): Kinematik Algular ve Newton Dinamiği Problem Çözümleri*. Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Birimi, EBT2011/1 proje raporu. Niğde.

## SUMMARY

In physics education, problem solving activities are frequently used both for teaching physics laws and evaluating students' acquisition (Bolton & Ross, 1997; Hobden, 1998; Osborne & Gilbert, 1980). In physics education literature, various methods were developed for evaluating students' problem solving activities. These methods change according to students' tasks into problem solving activities and researchers' intentions and purposes. Students' paper-pencil problem solutions are usually evaluated whatever researchers' would evaluate result of problem solving and problem solving process and procedures.

This study aims to compare three analysis methods that could be used for evaluating physics problem solving activities. These are wrong-right analysis, checklist and praxeological analysis. Wrong-right analysis only focuses on result of problem solving without considering how students solved problem. While checklist analysis focuses on measuring problem solving procedures and processes. And a praxeological analysis allows researchers to identify what is a problem, how that is solved and why that is considered as reasonable. As term, praxeology means analysis of human action. In Greek, praxis means practice and logos means rationality related to a practice.

Acceleration calculation problems in Dynamics Question Set (DQS) developed by Yavuz and Temiz (2013) were used for comparing different analysis methods. DQS consists of two forms about motion of a set-up including a trailer pulled by a truck. Form B of DQS focuses on a routine problem in newtonian dynamics. This problem consists of calculating system acceleration. While form A of DQS includes a problem non frequently encountered in physics teaching. This problem requires to calculate only acceleration of a component in multi-object systems. In reality, acceleration of a system (that is whole objects in device) and acceleration of a component are the same for an expert provided that rope that relies truck and trailer are not extensible. DQS was administrated to 40 undergraduate students enrolled in 2013-2014 academic years in a university of the central Anatolia region. All students are voluntaries and took General Physics I course. Students were asked first DQS-A form and then DQS-B form. No time limit was imposed on students.

The majority of students (80% of students) correctly calculated acceleration of system. The situation change when it comes to calculate trailer's acceleration. Students who correctly calculated acceleration of system did not calculate acceleration of a component (trailer's acceleration). Wrong-right analysis clearly and quickly showed that students have some difficulties for calculating acceleration of a component task however this analysis method does not aim to explain reason of this interesting case.

Checklist method aims to investigate way that students follow when solving problem rather than result that students obtained. In this study a checklist about calculating acceleration in set-up consisting of two objects was developed by

authors. Sub-dimensions were identified according to problem solving procedures into physics textbooks (Giancoli, 2008; Serway & Jewett, 2009; Young & Freedman, 2010). Accordingly, an acceleration calculation problem consist of drawing free-body diagram, identifying system, applying Newton's second law and calculating value of acceleration. A checklist including 22 items in four dimensions was constructed with expert opinions.

Checklist analysis showed that students did not pay attention to drawing free-body diagram. It was seen that forces drew by students and most often encountered in solutions are friction forces. Students did not draw forces perpendicular to motion direction including weight, normal force and tension on the rope. It was observed that students had two strategies for identifying system and applying Newton's second law. Some students considered whole device as a single system while other considered each object as a single system. Considering whole device as a single system was encountered in the task of calculating system acceleration. Considering only a single object as system was encountered in the task of calculating acceleration of a component (i.e., trailer's acceleration calculation). In this case, it was observed that students had difficulties for identifying net forces exerted on selected system. In the step of calculating acceleration, it was seen that students correctly calculated system acceleration however the same students did not able to calculate acceleration of a component. Checklist analysis showed that students did not use unit for calculated quantity (acceleration). Students' solutions were regrouped into three categories developed by Yavuz and Temiz (2013) with a praxeological analysis. These categories are expert technique, practical technique and focused technique. Findings showed that students considered calculating acceleration of system and acceleration of a component as two different tasks. Then, they used two different techniques for two type of tasks. It is concluded that students activated two praxeologies in DQS-A and DQS-B forms. It was observed that students used practical praxeology for calculating acceleration of system and they used focused praxeology for calculating acceleration of a component (trailer's acceleration). This result was able to explain reason of students' difficulty first encountered in wrong-right analysis.

In this study, three methods that could be used for analyzing physics problem solving. These methods are wrong-right analysis, checklist and praxerological analysis. Analysis of students' problem solving according to these three methods gave different findings. Wrong-right analysis showed that students had difficulties for acceleration calculation task. However this analysis did not aim to explain reason of students' difficulties. Although checklist analysis indicated students' difficulties in each sub-tasks of problem solving, this analysis did not also allow researchers to identify reasons of difficulties. While praxeological analysis beyond checklist analysis allow researchers to diagnose students' difficulties with identifying type of task and technique.