

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
FEN FAKÜLTESİ  
İSTATİSTİK BÖLÜMÜ

---

META ANALİZ

---

Bitirme Projesi Raporu

---

Bilal Latif ÖZDEMİR  
Tuğba Ceren BAYRAK

Mayıs, 2019



# Rapor Deęerlendirme

Meta analiz başlıklı bitirme projesi raporu tarafımdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Bitirme Projesi raporu olarak kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi İdil YAVUZ



# Teşekkür

Tüm çalışma süresince, yönlendiriciliği, katkıları ve yardımları ile yanımızda olan danışmanımız Dr.Öğr.Üyesi İdil YAVUZ'a ve böyle bir çalışmayı yapmamız için bize fırsat tanıyan Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü'ne teşekkür ederiz.

Bilal Latif ÖZDEMİR  
Tuğba Ceren BAYRAK



# Özet

Meta analiz, aynı soruya cevap arayan birden fazla çalışmanın sentezlenmesinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Analizlerin analizi olarak da adlandırılır. Aynı sorunun üzerinde duran bireysel çalışmaların sonuçlarının meta analiz ile birlikte yorumlanması istatistikel gücü artırır ve bireysel çalışmalardan elde edilemeyecek yeni sonuçlar elde edilmesini sağlar. Bu çalışmada meta analiz yönteminde kullanılan kavramlar incelenmiş ve uygulama adımları üzerinde durulmuştur. Literatürde bilgisayar destekli eğitimin (BDE) akademik başarıya etkisi alanında pek çok bireysel çalışma yapıldığı görülmüştür. Bu projede 2002-2014 yılları arasında ilköğretim öğrencilerinin başarıları üzerindeki etkisini araştıran tezlerin meta analizinden oluşan bir çalışma seçilmiştir. Bu çalışma meta analize BDE uygulanan bir deney ve bir kontrol grubunu akademik başarı açısından karşılaştıran tezleri dahil etmiştir. Bu projede bu çalışma günümüze kadar yapılan yeni tezler eklenerek güncellenip, etki büyüklüğünün nasıl değiştiği incelenmiş, heterojenlik ve yayın yanlılığı kontrolleri yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** meta analiz, etki büyüklüğü, bilgisayar destekli eğitim





# Abstract

Meta Analysis is used statistical method to synthesize multiple studies that seeking/searching answer to the same question. It is called analysis of the analyzes. Interpretation of the results of individual studies on the same problem with meta analysis increases statistical power and provides new results that cannot be obtained from individual studies. In this study, the concepts used in the meta analysis are examined and the application steps are emphasized. In the literature, it has been observed that many studies have been done in the field of computer-based education (CBE) effect on academic achievement. In this project, a meta-analysis of the theses that examined the effect on the success of the primary school students' was selected between 2002-2014. This study included theses that compare the applied CBE a experiment and a control group in terms of academic achievement. In this project, this study was updated by adding new theses until today, how the effect size changed were examined , and heterogeneity and publication bias checks were made.

**Keywords:** meta analysis, effect size, computer-based education



# İçindekiler

<b>Giriş</b>	<b>4</b>
<b>Bölüm 1: Etki Büyüklüğü</b>	<b>5</b>
1.1 Kategorik Değişkenlerde Etki Büyüklüğü	5
1.1.1 Risk Oranı	5
1.1.2 Odds Oranı	6
1.1.3 Risk Farkı	7
1.2 Sayısal Değişkenlerde Etki Büyüklüğü	7
1.2.1 Korelasyon	7
1.2.2 Ortalamaya Bağlı	8
1.2.3 Standardize Edilmiş Ortalamalar Arası Fark (d ve g)	9
<b>Bölüm 2: Etki Büyüklüklerinin İstatistiksel Olarak Birleştirilmesi</b>	<b>13</b>
2.1 Sabit Etki Modeli	13
2.2 Rasgele Etki Modeli	14
<b>Bölüm 3: Heterojenlik</b>	<b>17</b>
3.1 Cochran'ın Q İstatistiği	17
3.2 $T^2$ İstatistiği	18
3.3 $I^2$ İstatistiği	19
<b>Bölüm 4: Yayın Yanlılığı</b>	<b>21</b>
4.1 Huni Diyagramı	22
4.2 Kırp & Doldur	23
4.3 Fail Safe n (FSN)	24
4.3.1 Rosenthal'ın Güvenli N Yöntemi	24
4.3.2 Orwin'in Güvenli N Yöntemi	24
<b>Bölüm 5: Türkiye'de Bilgisayar Destekli Eğitimin Akademik Başarıya Etkisi Meta Analiz Uygulaması</b>	<b>27</b>
5.1 Uygulama	30
<b>Sonuç</b>	<b>35</b>
<b>Kaynaklar</b>	<b>37</b>

<b>Ek A: İlk Ek Başlık . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>Ek B: İkinci Ek Başlık . . . . .</b>	<b>41</b>

# Şekil Listesi

1	Meta Analizin Adımları . . . . .	4
2	Orman Grafiği . . . . .	4
2.1	Sabit Etki Modeli . . . . .	13
2.2	Rasgele Etki Modeli . . . . .	14
3.1	$I^2$ , Q ve $T^2$ ilişkisi . . . . .	20
4.1	Örnek Log Risk Oranı Huni Diyagramı . . . . .	23
4.2	Kırp & Doldur . . . . .	24
5.1	Güncellenme Öncesi Meta Analiz Çıktısı . . . . .	30
5.2	Güncelleme Sonrası Meta Analiz Çıktısı . . . . .	30
5.3	Orman Grafiği . . . . .	31
5.4	Orman Grafiği . . . . .	32
5.5	Orman Grafiği . . . . .	32
5.6	Kırp & Doldur Grafiği . . . . .	33
5.7	Kırp & Doldur Analizi . . . . .	33
5.8	Güncelleme Öncesi Fail Safe N Analizi . . . . .	34
5.9	Güncelleme Sonrası Fail Safe N Analizi . . . . .	34



# Tablo Listesi

1.1	2x2'lik Olumsuzluk Tablosu . . . . .	5
5.1	Güncellenmiş Veri Seti . . . . .	28
5.2	Güncellenmiş Veri Seti . . . . .	29
3	. . . . .	39





# Giriş

## Meta Analiz Nedir?

Bir çok bilim dalında dünyanın farklı yerlerinde araştırmacılar aynı konular üzerinde çalışmaktadır. Bu çalışmaların kendi içerisinde ortaya koyduğu sonuçların yanında sentezlenmeleriyle ortaya çıkacak olan sonuçlar da önemli anlam ifade etmektedir. Bilimin temeli çok sayıda çalışmanın sonuçlarından bilgi birikimi sağlanmasına dayandığı ve tek bir çalışma sorunların çözümünde yetersiz kaldığı için çalışmaların sentezlenmesi amacıyla meta analiz yöntemleri ortaya çıkmıştır. Meta analiz aynı konu üzerinde yapılan birden fazla çalışmanın birleştirilmesinde kullanılan istatistiksel yöntemidir. Çalışma sonuçlarının birleştirilmesi ilk kez 1930'larda başlamış ve 1970'lerde ilginin artmasıyla özellikle sağlık sektöründe ilk uygulamaları yapılmıştır. İlk olarak Glass (1976) bu çalışmalara "Meta Analiz" adını vermiştir. Hedges & Olkin (1986) ve Petitti et al. (2000) tarafından meta analizin istatistiksel yöntemleri tanımlanmıştır. Meta analizin istatistiksel olarak kazandırdıkları Abramson & Abramson (2001) tarafından şöyle açıklanmıştır:

1. Eğer bireysel çalışmalar benzer bulgulara sahip ise, elde edilmiş sonuçların geçerliliği kuvvetlenecektir.
2. Bireysel çalışmalar istatistiksel anlamlılık ile sonuçlanmak için çok küçük örnekleme sahip olabilir, fakat meta analiz çalışmaların bulgularını birleştirerek bunun üstesinden gelebilir.
3. Bireysel bir çalışmanın gözlenen sonucunun bir artefakt veya şans bulgusu olduğunu açıklayabilir.
4. Eğer bireysel çalışmalar farklı bulgulara sahip ise, bu farklılıklar için sebepleri araştırmak yeni hipotezlerin formüle edilmesine veya yeni bilgilere götürebilir.
5. Eğer bireysel çalışmalar benzer bulgulara sahip ise, onları birleştirmek çalışılan diğer ilişkilerin gücünü veya bir müdahalenin etkisini daha iyi tahmin etmeyi sağlayabilir.
6. Farklı çalışmalarda uygulanmış çeşitli müdahalelerin etkilerini kıyaslamak mümkün olabilir.
7. Farklı çalışmalarda uygulanmış bir müdahalenin çeşitli etkilerini kıyaslamak mümkün olabilir.

Meta analizin işleyişi için öncelikle bir konu belirlenmesi ve literatür taramasının yapılması gerekir. Bu aşamaları, çalışmayla ilgili kriterlerin belirlenmesi, kodlama takip eder. Kodlama aşamasından sonra analiz için her bir çalışmanın etki katsayının hesaplanması, heterojenlik testi, heterojenlik testine göre genel etkinin hesaplanması ve yorum ile meta analiz tamamlanır.

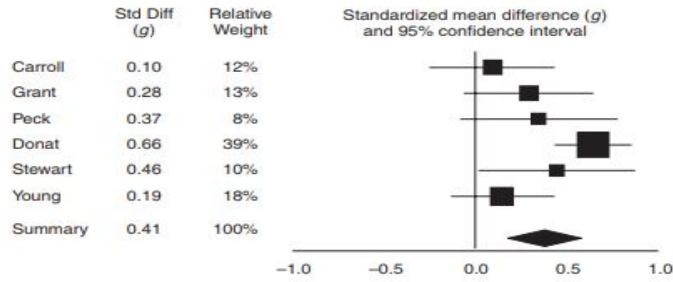


Şekil 1: Meta Analizin Adımları

### Orman Grafiği

Orman Grafiği meta analizde çok kullanılan bir grafik türüdür. Her bir çalışmanın etki büyüklüğü, güven aralığı, genel etki büyüklüğü ve çalışmaların örneklem genişliği hakkında bilgi veren bir grafiktir. Meta analize dahil edilen tüm çalışmaları orman grafiği ile görmek mümkündür.

Orman grafiğinin yatay ekseninde etki büyüklüğü, dikeyde ise çalışmalar yer alır. En altında bulunan karo genel etki büyüklüğünü, enine uzunluğu etki büyüklüğünün güven aralığını gösterir. Her bir siyah kutu çalışmaların meta analizdeki ağırlıklarını, bıyıklar ise her bir çalışmanın güven aralığını gösterir. Sıfır çizgisinin sağında kalan çalışmalar pozitif etkiyi, solunda yer alan çalışmalar negatif etkiyi ve çizgiyi kesen çalışmalar da istatistiksel olarak anlamlı sonuçlanmayan analizleri temsil eder.



Şekil 2: Orman Grafiği

# Bölüm 1

## Etki Büyüklüğü

Etki büyüklüğü, iki değişken arasındaki ilişki miktarını veya iki grup arasındaki farklılığın miktarını ölçen bir değerdir. Meta analiz için çalışmaya dahil edilen her çalışmanın etki büyüklüğü bulunur ve çalışmalar birleştirilir. Etki büyüklüğü veri biçiminin kategorik değişken veya sayısal değişken olmasına göre farklılık gösterir.

### 1.1 Kategorik Değişkenlerde Etki Büyüklüğü

#### 1.1.1 Risk Oranı

Risk oranı, 2x2'lik tablolarda kullanılır ve iki riskin oranını vermektedir. Risk oranları için hesaplamalar logaritmik ölçeklerle yürütülmektedir. Ölçümlere logaritmik dönüşüm yapıldığı için yorum aşamasında orjinal haline çevrilmelidir (Borenstein et al., 2011).

Tablo 1.1: 2x2'lik Olumsuzluk Tablosu

	<i>OlayGörülme</i>	<i>OlayGörülmem</i>	<i>N</i>
<i>Deney</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>n<sub>1</sub></i>
<i>Kontrol</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>n<sub>2</sub></i>

Risk Oranı için kullanılacak formül:

$$RiskOrani = \frac{\frac{A}{n_1}}{\frac{C}{n_2}} \quad (1.1)$$

Logaritmik Risk oranı için:

$$LogRiskOrani = \ln(RiskOrani) \quad (1.2)$$

Varyans:

$$V_{logriskorani} = \frac{1}{A} - \frac{1}{n_1} + \frac{1}{C} - \frac{1}{n_2} \quad (1.3)$$

Standart Hata:

$$SE_{logriskorani} = \sqrt{(V_{logriskorani})} \quad (1.4)$$

Logaritmik risk oranlarından orjinal risk oranlarına dönüşüm için:

$$RiskOrani = \exp(LogRiskOrani) \quad (1.5)$$

$$LL_{RiskOrani} = \exp LL_{(LogRiskOrani)} \quad (1.6)$$

$$UL_{RiskOrani} = \exp UL_{(LogRiskOrani)} \quad (1.7)$$

### 1.1.2 Odds Oranı

Odds oranı 2x2'lik tablolarda kullanılır ve iki oddsun oranını vermektedir. Odds oranları için hesaplamalar logaritmik ölçeklerle yürütülmektedir. Ölçümlere logaritmik dönüşüm yapıldığı için yorumdan önce orjinal haline çevirilmelidir (Borenstein et al., 2011).

Odds Oranı için Kullanılacak Formül:

$$Odds_1 = \frac{\frac{A}{n_1}}{\frac{B}{n_1}} = \frac{A}{B} \quad (1.8)$$

$$Odds_2 = \frac{\frac{C}{n_2}}{\frac{D}{n_2}} = \frac{C}{D} \quad (1.9)$$

$$OddsOrani = \frac{Odds_1}{Odds_2} = \frac{AD}{BC} \quad (1.10)$$

Logaritmik Odds Oranı İçin:

$$LogOddsOrani = \ln(LogOddsOrani) \quad (1.11)$$

Varyans:

$$V_{LogOddsOrani} = \frac{1}{A} + \frac{1}{B} + \frac{1}{C} + \frac{1}{D} \quad (1.12)$$

Standart Hata:

$$SE_{LogOddsOrani} = \sqrt{LogOddsOrani} \quad (1.13)$$

Logaritmik olasılık oranlarından orjinal odds oranlarına dönüşüm için:

$$OddsOrani = \exp(LogOddsOrani) \quad (1.14)$$

$$LL_{OddsOrani} = \exp LL_{(LogOddsOrani)} \quad (1.15)$$

$$UL_{OlasilikOrani} = \exp UL_{(LogOlasilikOrani)} \quad (1.16)$$

### 1.1.3 Risk Farkı

Risk farkı iki risk arasındaki farklılığı ifade eder. Dönüşümlü veriler yerine ham veriler kullanılır (Borenstein et al., 2011).

Risk Farklılığı İçin Kullanılacak Formül:

$$RiskFarki = \frac{A}{n_1} - \frac{C}{n_2} \quad (1.17)$$

Varyans:

$$V_{RiskFarki} = \frac{AB}{n_1^3} + \frac{CD}{n_2^3} \quad (1.18)$$

Standart Hata:

$$SE_{RiskFarki} = \ln(V_{RiskFarki}) \quad (1.19)$$

## 1.2 Sayısal Değişkenlerde Etki Büyüklüğü

### 1.2.1 Korelasyon

Korelasyon, iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ölçen bir istatistiktir. İki sürekli değişken arasındaki korelasyonun rapor edildiği çalışmaların korelasyonlarını etki büyüklüğü olarak kabul eder. Popülasyon değişkenleri  $\rho$  ile gösterilmektedir, tahmini  $r$ 'dir. Bu bölümdeki tüm formüller Borenstein et al. (2011) kitabından alınmıştır.

$r$ 'nin Varyansı:

$$V_r = \frac{(1 - r^2)^2}{n - 1} \quad (1.20)$$

Varyansın korelasyona bağlı olmasından dolayı, meta analiz çalışmalarında korelasyon katsayısı birleştirilememektedir. Fisher  $z$  ölçeğine dönüştürülerek meta analiz uygulanır. Logaritmik dönüşümler ve Fisher  $z$  dönüşümü tekrar orijinaline çevrilmelidir.

$r$ 'nin Fisher  $z$ 'ye dönüştürülmesi:

$$z = 0.5 * \ln\left(\frac{1 + r}{1 - r}\right) \quad (1.21)$$

$z$ 'nin Varyansı:

$$V_z = \frac{1}{n - 3} \quad (1.22)$$

$z$ 'nin Standart Hatası:

$$SE_z = \sqrt{V_z} \quad (1.23)$$

Korelasyon Değerlerine Dönüşüm İçin:

$$r = \frac{e^{2z} - 1}{e^{2z} + 1} \quad (1.24)$$

### 1.2.2 Ortalamaya Bağlı

Çalışmada tedavi ve kontrol grubu olmak üzere iki grubun ortalama, standart sapma ve örneklem genişlikleri raporlanmışsa, ortalamalar arası fark, standartlaştırılmış ortalamalar arası fark veya yanıt oranı kullanılır.

#### Ortalamalar Arası Fark (D)

Ortalamaların ve standart sapmaların raporlandığı ve iki grubun ortalamalar arası farkının bulunduğu çalışmalarda kullanılır.

Tahminlenmek istenen parametre:

$$\Delta = \mu_1 - \mu_2 \quad (1.25)$$

#### Bağımsız Gruplar İçin D Hesaplanması

$\bar{x}_1$  ve  $\bar{x}_2$ 'nin örneklem ortalamaları olduğunda 2 bağımsız grubun ortalamalar arası farkını ( $\Delta$ ) şu şekilde tahminleriz:

$$D = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \quad (1.26)$$

Büyük harf D ham ortalamaların farkı ve küçük harf d standartlaştırılmış ortalamaların farkı olarak kullanılmaktadır.  $s_1$  ve  $s_2$  grupların standart sapmaları ve  $n_1$  ve  $n_2$ 'nin örneklem genişliklerini temsil etmektedir. İki popülasyonun standart sapmaları eşit olduğu varsayımında (bir çok parametrik testte eşit oldukları kabul edilir),  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ , D'nin varyansı:

$$V_D = \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} s_{pooled}^2 \quad (1.27)$$

$$s_{pooled} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (1.28)$$

İki kitlenin standart sapmalarının aynı olmadığı varsayımında ise D'nin varyans formülü:

$$V_D = \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \quad (1.29)$$

Her iki durumda da D'nin standart hatası V'nin kareökü alınarak bulunur.

$$SE_D = \sqrt{V} \quad (1.30)$$

#### Eşleştirilmiş Gruplar İçin D Hesaplanması

Önceki bölümde iki bağımsız çalışma için D hesaplaması üzerinde durulmuştu. Diğer bir kullanılan çalışma tasarımı ise eşleştirilmiş gruplar olarak adlandırdığımız katılımcı çiftlerinden oluşan gruplar üzerinde yapılan çalışmalardır. Bir şekilde eşleştirilmiş katılımcılar (kardeşler, aynı sınıf öğrencileri gibi) iki farklı gruba eşlenerek atanır.

Eşleştirilmiş gruplarda analiz birimleri çiftlerden oluşur ve her çiftin aldığı değer hata terimi ve test istatistiği üzerinde etkilidir. Etkinin büyüklüğü çiftler arasındaki korelasyona dayanır ve korelasyon arttıkça varyans/değişkenlik azalır.

$\Delta$ 'nın örneklem tahmini ortalamalar farkı (D)'dir. Eğer tüm örneklem çiftleri için fark değerimiz varsa,  $\bar{x}_{fark}$  bize farklar ortalamasını ve  $s_{fark}$  de farklar standart sapmasını verir.

$$D = \bar{x}_{fark}, \quad (1.31)$$

$$V_D = \frac{s_{fark}^2}{n} \quad (1.32)$$

n: veri çiftlerinin sayısı olmak üzere;

$$SE_D = \sqrt{V_D} \quad (1.33)$$

Diğer bir durum olarak her bir grubun ortalama ve standart sapmaları mevcut ise;

$$D = \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \quad (1.34)$$

$$V_D = \frac{s^2_{fark}}{n} \quad (1.35)$$

$$SE_D = \sqrt{V_D} \quad (1.36)$$

eşitlikleri kullanılır. Bu durumda farkın standart sapmasını her iki grubun standart sapmasından yola çıkarak buluruz.

$$s_{fark} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 - 2 * r * s_1 * s_2} \quad (1.37)$$

Buradaki r değeri eşleştirilmiş gruplar arasındaki korelasyon katsayısı olup eğer  $s_1 = s_2$  ise formül sadeleşerek aşağıdaki şekli alır.

$$s_{fark} = \sqrt{2 * s_{pooled}^2 (1 - r)} \quad (1.38)$$

Her iki durumda da r'nin 1'e yaklaşması farkların standart hatasını azaltır ve  $r = 0$  olması halinde farkların standart hatası iki bağımsız grup bölümündeki gibi eşit olacaktır.

### 1.2.3 Standardize Edilmiş Ortalamalar Arası Fark (d ve g)

Ham ortalama fark yalnızca meta analizdeki tüm çalışmalar aynı ölçeği kullanyorsa makul bir seçenektir. Eğer farklı çalışmalar çıktığı değerlendirilmek için farklı enstürmanlar kullanıyorsa (farklı hız birimlerindeki ölçümler km-mil gibi) ölçümün ölçeği çalışmadan çalışmaya değişiklik göstereceği için ham ortalama farklarını direkt olarak birleştirmek anlamlı olmayacaktır. Bu gibi durumlarda Gene Glass (1976) her çalışmadaki ortalama farkı çalışmalar arasında karşılaştırabilecek bir endeks (standartlaştırılmış ortalama farkı) oluşturmak için çalışmanın standart sapmasına bölmeyi önermiştir. Aynı yaklaşım daha önce Cohen (2013) tarafından istatistiksel güç analizindeki etkilerin büyüklüğünün tanımlanması ile bağlantılı olarak önerilmiştir.

Kitle İçin Standartlaştırılmış Ortalamalar Arası Fark:

$$\delta = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma} \quad (1.39)$$

### Bağımsız Gruplardan Oluşan Çalışmalarda d ve g Hesaplanması

İki Bağımsız Gruptan Oluşan Çalışmalarda Standartlaştırılmış Ortalamalar Fark Olan Cohen'in d Tahmini:

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_{pooled}} \quad (1.40)$$

Grupların Ortak Havuzlanmış Standart Sapması:

$$s_{pooled} = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (1.41)$$

d'nin Varyansı:

$$V_d = \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2} + \frac{d^2}{2(n_1 + n_2)} \quad (1.42)$$

d'nin Standart Hatası:

$$SE_D = \sqrt{V_d} \quad (1.43)$$

Küçük örneklerde Cohen'in d'si yanlışlığa sebep olabilir. Bu yanlışlığı kaldırmak için J düzeltme katsayısı kullanılabilir Hedges (1981). Bu düzeltme katsayısıyla Hedges'in g tahmini bulunabilir.

Düzeltme Katsayısı:

$$J = 1 - \frac{3}{4df - 1} \quad (1.44)$$

Formül içerisindeki df değeri  $S_{pooled}$ 'u tahmin için kullanılan serbestlik derecesi olup  $n_1 - n_2 - 2$  hesabı ile bulunmaktadır. Hedges g için:

$$g = J * d \quad (1.45)$$

$$V_g = J^2 * V_d \quad (1.46)$$

$$SE_g = \sqrt{V_g} \quad (1.47)$$

eşitlikleri kullanılır.

### Eşleştirilmiş Gruplar İçin d ve g Hesaplaması

Eşleştirilmiş grupları kullanan çalışmalardan standartlaştırılmış ortalamalar arası fark tahmin edilebilir:

$$d = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{s_{pooled}} \quad (1.48)$$

Standart Sapma:

$$s_{pooled} = \frac{s_{fark}}{\sqrt{2(1 - r)}} \quad (1.49)$$



d'nin Varyansı:

$$V_d = \left(\frac{1}{n} + \frac{d^2}{2n}\right)2(1-r) \quad (1.50)$$

d'nin Standart Hatası:

$$SE_d = \sqrt{V_d} \quad (1.51)$$

### Tepki Oranı

Sonucun sıfır olması mümkün olmayan ya da bir fiziksel ölçekte ölçülebilen araştırmalarda iki grubun ortalamalar oranı bulunabilir Hedges et al. (1999). Her bir çalışmanın tepki oranı bulunarak tüm tepki oranları birleştirilir. Tepki oranlarında hesaplamalar logaritmik bir ölçekle yapıldığı için yorum aşamasında gerçek değerlere dönüşüm yapılmalıdır.

Tepki Oranı Formülü:

$$R = \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2} \quad (1.52)$$

Logaritmik Tepki Oranı Formülü:

$$\ln(R) = \ln\left(\frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2}\right) = \ln(\bar{x}_1) - \ln(\bar{x}_2) \quad (1.53)$$

Logaritmik Tepki Oranı Varyansı:

$$V_{\ln R} = s_{pooled}^2 \left( \frac{1}{n_1(\bar{x}_1)^2} + \frac{1}{n_2(\bar{x}_2)^2} \right) \quad (1.54)$$

Standart Hata:

$$SE_{\ln R} = \sqrt{V_{\ln R}} \quad (1.55)$$

Tepki Oranlarına Dönüşüm İçin:

$$R = \exp(\ln R) \quad (1.56)$$

$$LL_R = \exp(LL_{\ln R}) \quad (1.57)$$

$$UL_R = \exp(UL_{\ln R}) \quad (1.58)$$



## Bölüm 2

# Etki Büyüklüklerinin İstatistiksel Olarak Birleştirilmesi

Model çalışılan konuya bağlı olarak model seçimi gerçekleştirilir. Her çalışma için bulunan etki büyüklüklerini birleştirmek için iki model vardır:

- 1- Sabit Etki Modeli
- 2- Rasgele Etki Modeli

### 2.1 Sabit Etki Modeli

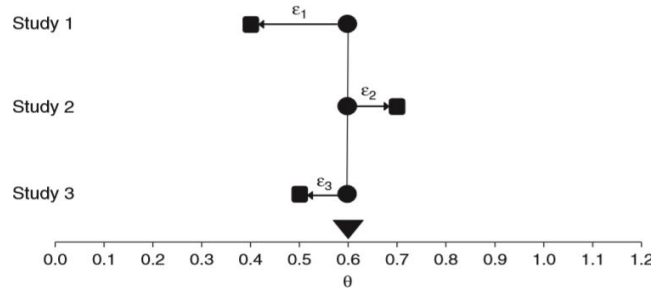
Çalışmaların aynı hedef parametreyi tahminlediğini, çalışmalar arası değişimin yalnızca örnekleme hatasından kaynaklandığını varsayar (Borenstein et al., 2011).

**SabitEtkiModeli:**  $Y_i = \mu + \epsilon_i$

$Y_i$ : Her çalışmanın etki büyüklüğü

$\mu$ : Çalışmaların hedef parametreleri

$\epsilon_i$ : Çalışmaların örneklem hatası



Şekil 2.1: Sabit Etki Modeli

Şekil 3.1’de alttaki üçgen genel etki büyüklüğünü, daireler hedef parametreleri ve kareler ise yapılan örnekleme hatası ( $\epsilon_i$ ) ile ulaşılan tahmin değerlerini gösterir (Borenstein et al., 2011).

Sabit etki modelinde ağırlıklandırma işlemi yapılırken, örneklem genişliği büyük olan çalışmaların meta analizdeki katkısının daha yüksek olması istenir.

Bu yüzden ağırlıklandırma işlemi her çalışmanın kendi varyansına ters orantılı olacak şekilde bulunur. Etki büyüklüklerinin birleştirilmesinde kullanılan tüm formüller için Borenstein et al. (2011)'den yararlanılmıştır:

$W_i$ : Her çalışmanın meta analizdeki ağırlığı

$V_{Y_i}$ : Her çalışmanın varyansı

$$W_i = \frac{1}{V_{Y_i}} \quad (2.1)$$

Birleştirilmiş etki büyüklüğü hesaplaması:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i * Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad (2.2)$$

Birleştirilmiş etki büyüklüğünün varyansı:

$$V_M = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad (2.3)$$

Birleştirilmiş etki büyüklüğü için %95 güven düzeyinde alt ve üst limitler:

$$LL_M = M - 1.96 * SE_M \quad (2.4)$$

$$UL_M = M + 1.96 * SE_M \quad (2.5)$$

## 2.2 Rasgele Etki Modeli

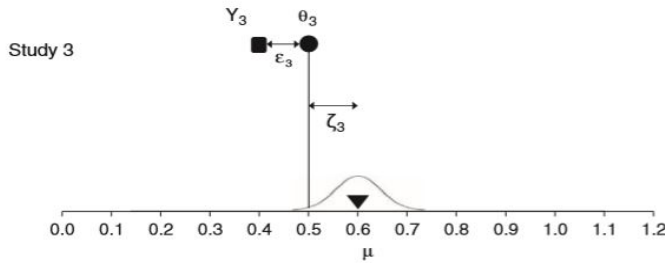
Rasgele etki modeli her çalışmanın kendine has hedef parametresi olduğunu, örneklem hatasının ( $\epsilon_i$ ) yanı sıra çalışmalar arası değişkenlikten kaynaklanan bir hata da ( $\zeta_i$ ) yapıldığını varsayar.

**RasgeleEtkiModeli:**  $Y_i = \mu + \zeta_i + \epsilon_i$

$Y_i$ : Her çalışmanın etki büyüklüğü

$\zeta_i$ : Çalışmalar arası varyans

$\epsilon_i$ : Çalışmaların örneklem hatası



Şekil 2.2: Rasgele Etki Modeli

Şekil 3.2’de üçgenle gösterilen gerçek etkiden çalışmalar arası varyans ( $\zeta_i$ ) ile hedef parametre olan daireye ulaşılmış, yapılan örnekleme hatası ( $\epsilon_i$ ) ile de kare ile gösterilen etki büyüklüğü bulunmuştur. Parametrelerin artık bir dağılımı olduğu görülür.

Rasgele etki modeline çalışmalar arası varyanstan kaynaklanan hata da dahil olduğu için ağırlıklandırma işlemi yapılırken değişkenliğe çalışmaların gerçek parametrelerinin varyansı olan  $\tau^2$  eklenir.

$\tau^2$  hesaplanışı:

$T^2$ ,  $\tau^2$ 'nin tahminleyicisi olmak üzere;

$$T^2 = \frac{Q - df}{C} \quad (2.6)$$

$$Q = \sum_{i=1}^k \left( \frac{Y_i - M}{S_i} \right)^2 \quad (2.7)$$

$$C = \sum W_i - \frac{\sum W_i^2}{W_i} \quad (2.8)$$

Ağırlıklandırma işlemi çalışmaların varyansının tersi ile yapılır. Rasgele etki modelinde gösterimler yıldız ile güncellenmiştir.

$$W_i^* = \frac{1}{V_{Y_i}^*} \quad (2.9)$$

Çalışmaların varyansı:

$$V_{Y_i}^* = V_{Y_i} + T^2 \quad (2.10)$$

Birleştirilmiş etki büyüklüğü:

$$M^* = \frac{\sum_{i=1}^k W_i^* * Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i^*} \quad (2.11)$$

Birleştirilmiş etki büyüklüğü için %95 güven düzeyinde alt ve üst limitler:

$$LL_{M^*} = M - 1.96 * SE_{M^*} \quad (2.12)$$

$$UL_{M^*} = M + 1.96 * SE_{M^*} \quad (2.13)$$

## Bölüm 3

# Heterojenlik

Heterojenlik meta analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki değişkenlik olarak ifade edilmektedir. Etki büyüklüklerinin bir çalışmadan diğer çalışmaya değişimleri, her bir çalışma farklı örneklemlemlerle çalışıldığı ve farklı örneklemlemlere dair bilgi verdiği için beklenen bir durumdur. Heterojenlik analizi ile ulaşılmak istenen nokta etki büyüklüklerinin değişiminin örnekleme hatası ile açıklanıp açıklanamayacağıdır. Etki büyüklüklerinin dağılımının homojen veya heterojen olma durumlarına göre etki büyüklüğü birleştirme yöntemleri farklılık gösterecektir. Heterojenlik testi sonucunun yanlış yorumlanması ile elde edilecek sonuçlar istatistiksel olarak güvenilir olmayabilir.

Etki büyüklüklerinin güven aralıkları ile grafik üzerinde gözlemlenmesi, birleştirilmiş etki büyüklüğünün model seçiminde homojenliği yakalayıp yakalamadığımıza karar verme aşamasında kolaylık sağlayacaktır. Güven aralıkları, tahminlerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ve kesinliğini göstermektedir. Eğer her bir çalışmanın tahmin etmeye çalıştığı hedef parametre aynı ise etki büyüklükleri daha dar bir alana dağılacaktır. Örneklem genişliği fazla olan çalışmaların güven aralıkları dar olup, örneklem genişliği az olan çalışmaların ise güven aralıkları geniş olacaktır (Abramson & Abramson, 2001).

Heterojenlik söz konusu ise meta analizde iki değişkenlik kaynağı üzerinde durulur. Bunlar çalışmalar arası değişkenlik olarak bilinen örnekleme hatası ve çalışmalar arası değişkenliktir. Meta analize dahil edilen her bir çalışma bireysel olarak farklı örneklemlemlerle çalıştığı için örnekleme hatası daima mevcut olacaktır. Çalışmalar arası değişkenlik ise farklı hedef parametrelerin tahminlenmeye çalışması durumunda gözlemlenir (Huedo-Medina et al., 2006).

### 3.1 Cochran'ın Q İstatistiği

Cochran'ın Q istatistiği çalışmalar arasında heterojenliğin olup olmadığını test etmek için en yaygın kullanılan yaklaşım olarak bilinmektedir. Cochran tarafından 1954'de (k-1) serbestlik derecesine sahip ki kare dağılımından gelen Ki Kare test istatistiğidir. Literatürde standart  $\chi^2$  testi olarak da geçmektedir (Cochran, 1954).  $H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \dots = \theta_k$  Tüm çalışmaların etki büyüklüğünün eşit olduğunu belirten  $H_0$ 'a karşılık "en az bir etki büyüklüğü farklıdır" veya "en az bir varyans farklılık göstermektedir"  $H_1$

ile test edilir. Q hesabı ise şöyledir:

$$Q = \sum_{i=1}^k W_i (Y_i - M)^2 \quad (3.1)$$

Yukarıdaki formülde  $W_i$  her bir çalışmanın ağırlığını,  $Y_i$  her bir çalışmanın etki büyüklüğü değerini ve  $M$  ise genel etki büyüklüğünü göstermektedir. Diğer bir ifadeyle:

$$Q = \sum_{i=1}^k \left( \frac{Y_i - M}{s_i} \right)^2 \quad (3.2)$$

şeklinde hesaplanır.

Tüm çalışmaların bir ortak etkiyi paylaştıkları ve tüm varyansların çalışmaların örnekleme hatası nedeniyle olduğu varsayımıyla Q'nun beklenen değeri belirlenir. Q standart bir ölçüm olması nedeniyle beklenen değeri çalışmaların verilerinin metrik ölçümlerine bağlı değildir, sadece serbestlik derecesine bağlıdır. (Borenstein, Hedges, Higgins, & Rothstein, 2011)

$$df = k - 1 \quad (3.3)$$

Q gözlenen ağırlıklı kareler toplamı olduğu için beklenen değeri ağırlıklı kareler toplamı'nın beklenen değeri olmasından dolayı aradaki fark varyans fazlalığını göstermektedir.

Q'nun olasılık dağılımı  $(k-1)$  ile  $\chi^2$  dağılır ve Q değeri  $(k-1)$  ile karşılaştırılarak test edilir.

Heterojenliğin testinde Q istatistiğinin kullanılması düşük güce sahip olduğundan tek başına kullanılması önerilmez. Q istatistiği meta analize dahil edilen çalışma sayısından etkilenmekte ve çalışma sayısı arttıkça Q artmaktadır. Meta analize dahil edilen çalışma sayısı fazla olduğunda testin gücü artmakta, çalışma sayısı az olduğunda ise zayıf olmaktadır. Buna bağlı olarak eğer meta analize dahil edilen çalışma sayısı çok fazla ise aslında önemsiz olan küçük bir heterojenlik testin hassasiyetinin artmasından dolayı araştırmacıyı heterojenliğin olduğu sonucuna ulaştıracak, aksi durumda da çalışma sayısının azlığından araştırmacıyı yanlış yönlendirecektir. Yani dahil edilecek çalışma sayısının değişkenliği heterojenlik kararı aşamasında yorumumuzun yanlışlığına sebep olacaktır.

## 3.2 $T^2$ İstatistiği

$T^2$  çalışmalar arasındaki varyans olarak ifade edilir ve rasgele etki büyüklüğü modelindeki gibi tahmin edilir.  $\tau^2$ 'nin tahmini DerSimonian ve Laird yönteminden yararlanılarak şu şekilde hesaplanır:

$$T^2 = \frac{Q - df}{C} \quad (3.4)$$

Formüldeki C'nin hesabı ise:

$$C = \sum_{i=1}^k w_i - \frac{\sum_{i=1}^k w_i^2}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (3.5)$$



$T^2$ 'nin dağılımı normal dağılıma uymamaktadır ve %95 güven aralığı hesabı:

$$L = \exp(0.5 * \ln(\frac{Q}{k} - 1.96 * B)) \quad (3.6)$$

$$U = \exp(0.5 * \ln(\frac{Q}{k} + 1.96 * B)) \quad (3.7)$$

Buradaki B değeri, Cochran Q istatistiğinin çalışma sayısından büyük veya küçük oluşuna göre farklı formüllerle hesaplanmaktadır. Eğer  $Q > k$  ise:

$$B = 0.5 * \frac{\ln(Q) - \ln(k - 1)}{\sqrt{2Q} - \sqrt{(2k - 3)}} \quad (3.8)$$

Eğer,  $Q \leq k$ :

$$B = \sqrt{\frac{1}{2(k - 2)[1 - (\frac{1}{3(k - 2)^2})]}} \quad (3.9)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. % 95 Güven aralığı değerleri:

$$LL_{\tau^2} = \frac{(k - 1) * (L^2 - 1)}{C} \quad (3.10)$$

$$UL_{\tau^2} = \frac{(k - 1) * (U^2 - 1)}{C} \quad (3.11)$$

$\tau^2$  alt ve üst sınır değerlerinden herhangi biri 0'dan küçükse o değer yerine 0 atanır. Alt sınır değeri 0'dan büyükse  $\tau^2$  değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilir. Bununla birlikte,  $T^2$  değeri Q temelli olduğundan ve Q'nun örnekleme dağılımı daha iyi bilindiğinden anlamlılık için tercih edilecek yöntem Q testi olmalıdır ve  $H_0$  hipotezi reddedildiğinde yani heterojen olduğunda kullanılacak olan heterojenlik ölçümü  $T^2$  değeri olmalıdır (Borenstein et al., 2011).

### 3.3 $I^2$ İstatistiği

$I^2$  ile parametrelerin etki büyüklüğü katsayısı ile aynı ölçekte sapmaları ölçer. Higgins ve arkadaşları 2003 yılında ölçümün heterojenliği gözlenen varyansın hangi oranda etki büyüklüğünün gerçek varyansını yansıttığını ortaya koymak üzere  $I^2$  istatistiğini kullanmayı önermişlerdir.  $I^2$ 'nin hesabı ise şöyledir:

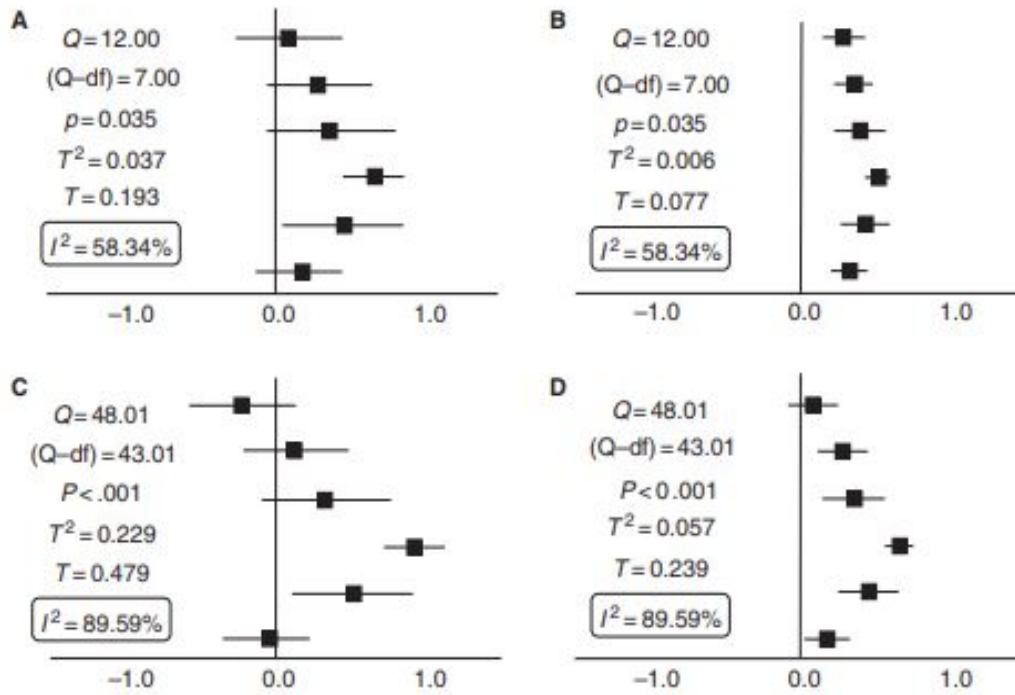
$$I^2 = \left( \frac{Q - df}{Q} \right) * \%100 \quad (3.12)$$

Bu aynı zamanda toplam değişimdeki değişim fazlalığı olarak da ve gerçek değişimin (çalışmalar arası varyansın (Ç.A.V)) toplam değişime oranının yüzdelik gösterimi olarak da bilinir. Diğer bir gösterimi ise şu şekildedir:

$$I^2 = \left( \frac{\text{Ç.A.Varyans}}{\text{ToplamVaryans}} \right) * \%100 = \left( \frac{\tau^2}{\tau^2 + V_Y} \right) * \%100 \quad (3.13)$$

Burada  $V_Y$  sabit değil çalışmadan çalışmaya, çalışmalar içindeki varyans ile değişmekte olduğundan  $I^2$  betimleyici bir istatistiktir ve herhangi bir ölçüme dair tahmini yoktur.

Verilen herhangi bir df için  $I^2$  değeri  $Q$  ile birlikte değişmektedir. Çalışmalar içindeki dağılım ile gözlenen dağılım arasındaki orana bağlıdır (Borenstein et al., 2011). Aşağıdaki görselde A ve B’de serbestlik dereceleri 5,  $Q$  değeri ise 12’dir. Bu nedenle her iki grafik de aynı  $I^2$  değerine (%58.34) sahiptir. A’nın B’den daha büyük bir  $T^2$  değerine sahip olmasının  $I^2$  değeri üzerinde bir etkisi yoktur. Yine C ve D şekillerinde de aynı  $Q$  ve df değerlerinin sahip olmasından dolayı güven aralıklarının ve konumların değişiminden  $I^2$  değeri etkilenmemektedir.



Şekil 3.1:  $I^2$ ,  $Q$  ve  $T^2$  ilişkisi

$I^2$  güven aralıklarının kesiştiği konumları yansıtır gerçek konumlara veya gerçek etkilerin yayılımına bağlı değildir. Bu nedenle çalışma bulguları arasındaki tutarsızlığın ölçüsü olarak  $I^2$ 'yi göstermek daha uygundur.

$I^2$  hakkındaki en önemli nokta bu istatistiğin çalışma sayısından doğrudan etkilenmemesi ve % ile gösterimi ile araştırmacıya karar aşamasında kolaylık sağlamasıdır.  $I^2$ 'nin sıfıra yakın olduğu durumlarda hemen hemen tüm gözlenen değişimin gerçek olduğu ve heterojenlik olmadığı söylenebilir. Aksine  $I^2$ 'nin yüksek değerlerinin değişimin nedeni hakkında doğru yorumlar yapılabilecektir.  $I^2$  genel olarak %25-%50 arası değerlerinde düşük, %50-%70 arası değerlerinin orta ve %75-%100 değerlerinin güçlü heterojenliği işaret olduğu söylenir.

## Bölüm 4

# Yayın Yanlılığı

Meta analizi çalışması konusuyla örtüşen tüm çalışmaları bünyesine dahil etmeyi hedefler. Fakat tüm çalışmaları bulmak genellikle mümkün değildir. Gözden kaçan çalışmaların hangileri olduğunu ya da sonuçlarının ne olduğunu bilmenin bir yolu yoktur. Meta analiz, analizdeki çalışmaların sentezlenmesinde her ne kadar hassas çalışıyor olsa da meta analize dahil edilen çalışmaların genelinin literatürü tam olarak kapsamıyor olması durumu söz konusuysa, sonuçta ortaya koyulan sonuçlar da yanlı olacaktır. Bazı bulgular yüksek etki büyüklüğü sonucuna sahip çalışmaların, düşük etki büyüklüğü sonucuna sahip çalışmalara göre yayınlanmasının daha olası olduğunu göstermektedir. Literatürdeki bu yöndeki genel eğilim nedeniyle meta analize dahil edilen çalışmaların sonucunda ulaşılacak olan sonuç da yanlı olacaktır. Bu durum yayın yanlılığı olarak adlandırılmaktadır.

Yayın yanlılığının temel sebebi dergilerin istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçlara sahip çalışmaları reddetme eğiliminde olmalarıdır. Bu eğilim basılı literatürde kapsamı yanlışlaştırmaktadır ve ardından bu yanlılık literatüre dayalı olan meta analizlere de taşınmaktadır.

Rendina-Gobioff (2006)'da çalışmada gözlenen etki büyüklüğü ve varyansın yayınlanma olasılığı üzerindeki etkisini nasıl açıkladığını ortaya koymuştur. İstatistiksel anlamlılık sadece uygulamanın etki büyüklüğüne değil aynı zamanda çalışmanın örneklem büyüklüğü ile ters orantılı olan varyansına da bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Birçok araştırmacı örneklem büyüklüğüne bağlılığının istatistiksel testlerin zayıflıklarından bir tanesi olduğunu kabul etmekte ve bu durum pratikte hiç anlamlı olmamasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı olan sonuçların oluşmasına sebep olabilmektedir (Borenstein et al., 2011). Fakat yayın yanlılığına sebep olan durum bu değil, istatistiksel testlerin etki büyüklüğüne de bağlı olması sebebiyle, istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçların küçük etki büyüklüğü değerlerine sahip olma eğiliminde olmalarıdır. Yani, küçük etki büyüklüğüne sahip olmaları daha muhtemel olan istatistiksel olarak anlamlı olmayan sonuçlara sahip olan çalışmaların yayınlanma olasılığı daha düşük olduğu için, sadece yayınlanmış çalışmaları içeren her hangi bir meta-analiz, muhtemelen abartılmış bir ortalama etki büyüklüğü değerine işaret edecektir.

Yayınlanmayan çalışmalar anlamsız olmasının yanında genellikle önemli sonuçlar içeren çalışmalardır. Raflarda kalmış yayınlanmamış, yayından dönmüş çalışmalara

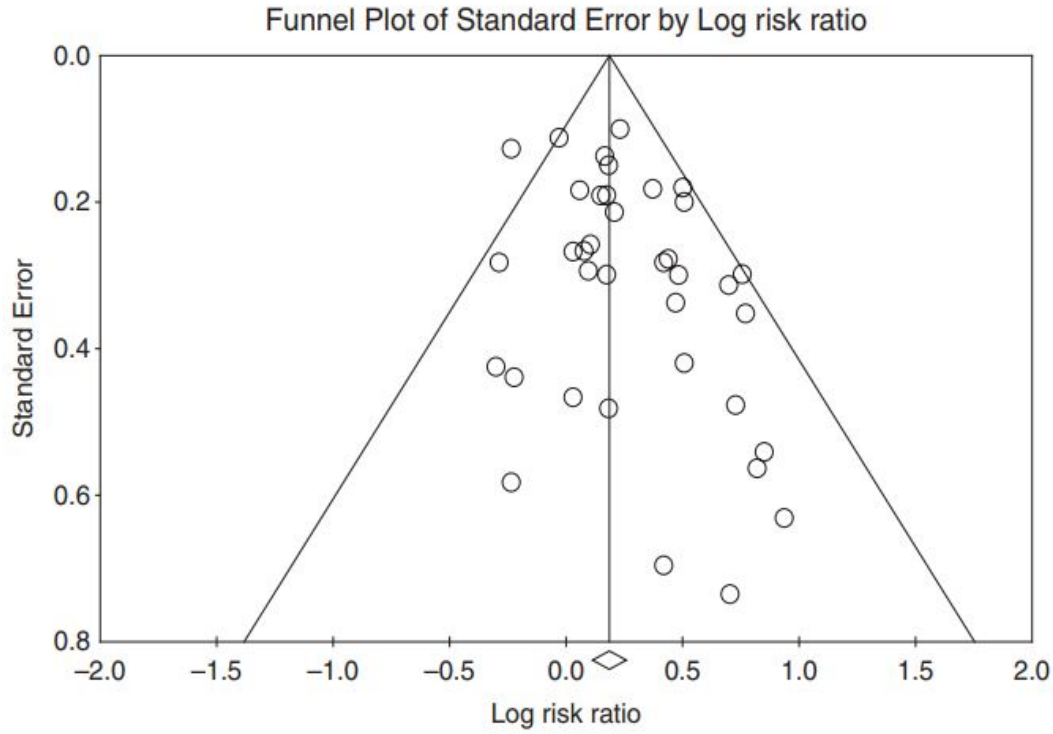
ve birçok yapılan teze ulaşmak pek mümkün olmamaktadır. Bu çalışmalar tekrar niteliğinde olduğu için veya yayın değerinde olmadığı için raflarda kalmış olabilirler. Birçok araştırmacı, araştırdığı konuda olumsuz, anlamsız sonuç elde etmiş çalışmalarını literatüre kazandıramayıp bir kenara atar. Bu tarz kayıp çalışmalar meta analizin güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Meta analizin sonucunun değişmesine yol açabilecek, değerlendirmeye alınan çalışmaların genel eğilimlerini değiştirebilecek kaç araştırmanın bulunması gerektiğini tahmin etmek Meta analiz sonuçlarının güvenilirliğini göstermek açısından önem arz etmektedir (Rothstein et al., 2005).

Yayın yanlılığının saptanmasında bir çok yöntem vardır. Meta analiz çalışmasında yayın yanlılığı kontrolü için en yaygın kullanılan görsel yöntem ise huni grafiğidir.

## 4.1 Huni Diyagramı

Huni diyagramı meta analiz çalışmasında yayın yanlılığı hakkında bilgi sahibi olmak için çalışma sayısı ve etki büyüklüğü arasındaki ilişkiyi ortaya koyan görsel bir yöntemdir.

Huni diyagramının X ekseninde meta analize dahil edilen her bir çalışmanın etki büyüklüğü değerleri yer alırken Y ekseninde ise her bir etki büyüklüğü değerinin standart hatası ters bir sıralamayla ölçeklendirilmiş şekilde yer alır. Geniş örneklem genişliklerine sahip çalışmaların küçük standart hatalara sahip oldukları için yukarıda ve genel etki büyüklüğü etrafında konumlanması beklenirken, küçük örneklem genişliklerine sahip çalışmaların yüksek standart hatalarından dolayı grafiğin altına yayılmış şekilde görünmesi beklenmektedir. Noktaların genel dağılımı sonucu ortaya çıkması beklenen görüntü huni şeklini aldığı için bu diyagram huni diyagramı olarak adlandırılır.



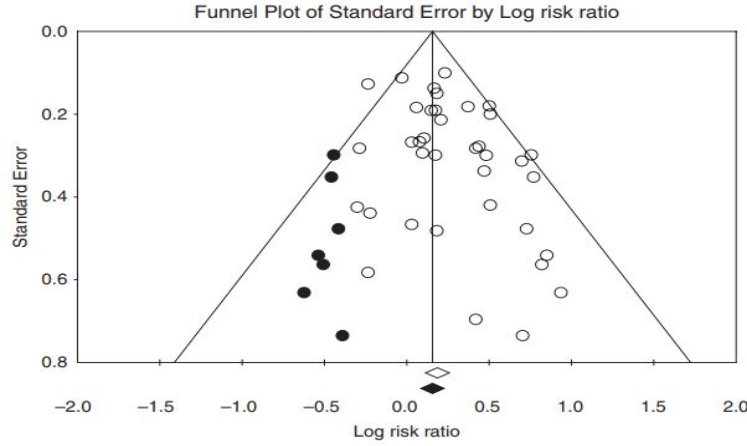
Şekil 4.1: Örnek Log Risk Oranı Huni Diyagramı

Diyagram içinde çalışmaların sembolize ettiği noktaların dağılımlarının genel etki büyüklüğü etrafında kabaca bir tabirle simetrik dağılması beklenir. Simetrik bir görüntü sağlandığı sürece yayın yanlılığı şüphesi olmazken, genellikle yayın yanlılığından şüphelendiren asimetrinin sebebi huninin sol alt kısmında yani yüksek sapmaya sahip anlamsız çalışmaların olması gerektiği konumda ki nokta/çalışma eksiklikleridir. Huni diyagramı X ve Y eksenindeki parametrelerin konumlandırılma durumları yönteme ve paket programlara göre farklılık göstermekle birlikte standart hatanın ters sıralamayla konumlandırılması asimetri tespitini kolaylaştırmaktadır. Huni grafiği ile yapılan çıkarımlar sadece görselliğe dayalı göreceli çıkarımlar olduğundan sayısal olarak istatistiksel anlamlılığı yoktur. Diğer taraftan huni diyagramını doğru yorumlayabilmek için meta analize dahil edilen çalışma sayısının belli bir seviyenin üzerinde olmalıdır ki örüntü huni şeklini alsın ve eksiklikler doğru tespit edilsin.

## 4.2 Kırp & Doldur

Huni diyagramında yayın yanlılığı belirteci olan asimetri, kırp & doldur yönteminin temelidir. Bu yöntem diyagramdaki asimetriyi simetriye çevirmek için nerelerde eksik noktalar olduğunu belirleyip simetrik bir görüntüye sahip olmak için o bölgelere gerekli sayıda nokta eklemesi yapar. Ekleme yapılan bu noktalar gözden kaçmış olabilecek çalışmaları sembolize eder ve noktaların konumlarına göre bu hayali noktalar için gerekli etki büyüklüğü ve standart hata değerlerini oluşturur. Huni diyagramı üzerinden giden bu yöntem görselde simetriyi yakalayacak çalışmaları belirledikten sonra bu

hayali çalışmalarla modeli tekrar kurar ve "eğer böyle çalışmalar varsa ve araştırmacının gözünden kaçtıysa, aslında genel etki büyüklüğü ne olurdu?" sorusuna cevap niteliğinde model çıktılarını güncelleyip araştırmacıya sunar.



Şekil 4.2: Kırp & Doldur

Kırp & Doldur sonucunda elde edilen yeni genel etki büyüklüğü değeri ile orjinal modelin genel etki büyüklüğü arasında ciddi bir fark varsa yayın yanlılığı maruziyeti olduğu sonucuna ulaşılır. Eğer bu aradaki fark gözardı edilebilecek kadar küçükse yayın yanlılığı şüphesi yok sayılabilir.

### 4.3 Fail Safe n (FSN)

#### 4.3.1 Rosenthal'ın Güvenli N Yöntemi

Rosenthal'ın FSN'i meta analiz sonucunda ortaya koyulan etkiyi anlamsız kılmak için meta analize eklenmesi gereken yeni çalışma sayısı olarak tanımlanabilir (Rosenthal, 1979). FSN değeri meta analizdeki çalışma sayısına kıyasla oldukça büyükse, sonuçların yayın yanlılığına karşı dirençli olduğunu savunur. Ters durumda yani FSN değeri küçük olduğunda yayın yanlılığına maruz kalındığı sonucuna ulaşılır. Yayın yanlılığı şüphesinden yeterince uzaklaşabilmek için FSN'nin ne kadar büyük olması gerektiğiyle ilgili kesin bir değer bulunmasa da Mullen, Muellerleile ve Bryant (2001), Rosenthal'ın önerisini baz alarak,  $N/(5k+10)$  ( $k$ = meta analizdeki toplam çalışma sayısı) değerinin 1'i geçmesi durumunda, meta-analizin sonuçlarının gelecekteki çalışmalar için yeterince dirençli görüldüğü sonucuna ulaşılabileceğini önermişlerdir.

#### 4.3.2 Orwin'in Güvenli N Yöntemi

Rosenthal'ın FSN'i yayın yanlılığını nicel bir şekilde tespit etmenin bir yolunu sunuyor olsa da istatistiksel anlamlılığa bağlı olması ve kayıp çalışmaların ortalama etki büyüklüğünün sıfır varsayılması sebebiyle eleştirilen bir yöntemdir (Rothstein et al., 2005). Orwin'in FSN'i pratik anlamlılığa bağlı olarak hesaplanmakta ve araştırmacılara

sadece kayıp çalışmaların etki büyüklüğünü değil aynı zamanda kayıp çalışmaların eklenmesiyle genel etki büyüklüğünün azalacağı hedef etki büyüklüğü değerini de belirleme şansı vermektedir (Orwin, 1983).





## Bölüm 5

# Türkiye’de Bilgisayar Destekli Eğitimin Akademik Başarıya Etkisi Meta Analiz Uygulaması

Meta analiz çalışması, Bilal Sunğur ve Özcan Palavan tarafından Lefke Üniversitesi’nde 2002-2014 yılları arasında uygulanmış olup, bu çalışmanın 2014’ten günümüze kadar olan çalışmalarla kümülatif meta analiz olarakta bilinen güncellemesi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sınırlılıkları şunlardır; Türkiye’de yapılan yüksek lisans ve doktora tezlerini, deney ve kontrol grubuna sahip çalışmaları, okul öncesi, ilkokul ve ortaokul öğrencilerini, analizde örneklem genişliği, ortalama ve standart sapmanın rapor edildiği çalışmaları kapsamaktadır.

2002-2014 seneleri arasında ulaşılmış 60 çalışma ile yapılmış meta analizin bu sınırlılıklara bağlı olarak 2014-2019 yılları arasında uygun bulunan 16 çalışma ile güncellemesi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.1: Güncellenmiş Veri Seti

<i>Çalışmalar</i>	Hedges g	Standart Hata
<i>Aktümen, 2002</i>	0.350	0.281
<i>Tabuk, 2003</i>	0.751	0.242
<i>Çubuk, 2004</i>	0.771	0.265
<i>Hançer, 2004</i>	1.946	0.316
<i>Öz, 2004</i>	1.309	0.343
<i>Taşkin, 2004</i>	0.484	0.255
<i>Kara, 2005</i>	1.312	0.421
<i>Obut, 2005</i>	1.633	0.274
<i>Akpınar, 2006A</i>	1.427	0.275
<i>Akpınar, 2006B</i>	1.131	0.280
<i>Atam, 2006</i>	0.690	0.240
<i>Daşdemir, 2006</i>	0.764	0.276
<i>Demirel, 2006</i>	0.706	0.242
<i>Efendioğlu, 2006</i>	0.813	0.234
<i>Hüçüptan, 2006</i>	0.825	0.164
<i>Karaoğlu, 2006</i>	2.806	0.345
<i>Kurt, 2006</i>	3.180	0.358
<i>Kuş, 2006</i>	0.712	0.258
<i>Olgun, 2006</i>	0.571	0.170
<i>Tutaysakgir, 2006</i>	1.568	0.292
<i>Zaman, 2006</i>	3.781	0.597
<i>Gökcül, 2007</i>	1.072	0.329
<i>Kahraman, 2007</i>	0.884	0.132
<i>Kahvecioğlu, 2007</i>	1.402	0.248
<i>Kaplan, 2007</i>	1.086	0.316
<i>Orhan, 2007</i>	1.202	0.471
<i>Takunyaci, 2007</i>	0.476	0.237
<i>Çağiran, 2008</i>	0.994	0.271
<i>Döl, 2008</i>	-0.393	0.293
<i>Karaduman, 2008</i>	1.528	0.277
<i>Karakuş, 2008</i>	0.668	0.215
<i>Kaya, 2008</i>	0.923	0.327
<i>Oğuz, 2008</i>	0.904	0.272
<i>Pilli, 2008</i>	0.746	0.276
<i>Tankut, 2008</i>	1.912	0.377
<i>Tavukcu, 2008</i>	0.769	0.182
<i>Yiğit, 2008</i>	0.038	0.296
<i>Alkan, 2009</i>	1.193	0.334

Tablo 5.2: Güncellenmiş Veri Seti

<i>Çalışmalar</i>	Hedges g	Standart Hata
<i>Derviş, 2009</i>	0.987	0.201
<i>Erdoğan, 2009</i>	0.337	0.260
<i>Karademir, 2009</i>	1.500	0.219
<i>Yildiz, 2009</i>	0.788	0.301
<i>Hangül, 2010</i>	0.643	0.278
<i>Helvacı, 2010</i>	2.194	0.309
<i>Özkök, 2010</i>	4.760	0.541
<i>Şen, 2010</i>	-0.335	0.329
<i>Zobar, 2010</i>	0.357	0.275
<i>Aydost, 2011</i>	2.124	0.334
<i>İçel, 2011</i>	1.041	0.331
<i>Kesicioğlu, 2011</i>	2.916	0.518
<i>Öztürk, 2011</i>	12.529	1.368
<i>Öztürk, 2011</i>	0.561	0.260
<i>Tayan, 2011</i>	2.347	0.341
<i>Kol, 2012</i>	3.934	0.440
<i>Özer, 2012</i>	0.671	0.298
<i>Uzunkoca, 2012</i>	0.739	0.264
<i>Balkan, 2013</i>	0.711	0.333
<i>Gençoğlu, 2013</i>	-0.855	0.372
<i>Uzun, 2013</i>	0.468	0.345
<i>Sari, 2014</i>	0.590	0.333
<b>Ozturk, 2014</b>	0.390	0.184
<b>Asici, 2014</b>	0.596	0.225
<b>Uzun, 2014</b>	1.088	0.332
<b>Kuslu, 2015</b>	1.510	0.309
<b>Inan, 2015</b>	0.504	0.250
<b>Ozcan, 2015</b>	0.619	0.290
<b>Hayal, 2015</b>	0.791	0.256
<b>Ceylan, 2015</b>	1.263	0.301
<b>Orcanli, 2015</b>	0.720	0.281
<b>Ozcan, 2016</b>	0.349	0.357
<b>Selcuk, 2016</b>	0.542	0.263
<b>Çoban, 2017</b>	0.744	0.267
<b>Yavuz, 2017</b>	1.583	0.372
<b>Alkar, 2017</b>	1.818	0.396
<b>Danaci, 2018</b>	0.932	0.195
<b>Tecimer, 2018</b>	4.171	0.423

## 5.1 Uygulama

Tüm uygulamalar R programında yapılmıştır (Viechtbauer et al., 2010). Çalışmalarda okul, öğrenci, ders gibi farklılıklar olduğu için sabit etki modeli yerine rasgele etki modeli tercih edilmiştir. Standartlaştırılmış ortalamalar arası farklar için Hedges’in g’si kullanılmıştır. Her çalışma için etki büyüklükleri ve varyansları hesaplanıp etki büyüklükleri birleştirilmiştir.

```
Random-Effects Model (k = 60; tau^2 estimator: REML)

tau^2 (estimated amount of total heterogeneity): 1.2203 (SE = 0.2439)
tau (square root of estimated tau^2 value):      1.1047
I^2 (total heterogeneity / total variability):    94.21%
H^2 (total variability / sampling variability):   17.27

Test for Heterogeneity:
Q(df = 59) = 478.6551, p-val < .0001

Model Results:

estimate      se      zval      pval      ci.lb      ci.ub
1.2303  0.1488  8.2656  <.0001  0.9386  1.5221  ***

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Şekil 5.1: Güncellenme Öncesi Meta Analiz Çıktısı

Güncelleme yapmadan önceki (Şekil 5.1) meta analiz ile bulunan tahmin değeri (estimate) 1.23 iken, yapılan güncelleme sonrasında (Şekil 5.2) meta analiz ile bulunan tahmin değeri 1.1888’e düşmüştür. Fakat literatürde kabul gören Rosenthal & Rosnow (1991)’ın öncesinde 0.80’in üstünde olan tahmin değerleri yüksek etki büyüklüğü, 0.5 orta etki büyüklüğü, 0.2 düşük etki büyüklüğü olarak kabul edildiği için tahmin değeri hala bilgisayar destekli eğitimin akademik başarıya pozitif etkisini olduğunu söylüyor.

Analiz sonucunda bulunan  $I^2$  değeri %50 ’nin üzerinde olduğu için heterojenliğin olduğunu, rasgele etki modeli kullanmanın uygun olduğunu belirtmektedir.

Güncelleme sonrasında tahminin standart hatası azalmıştır, dolayısıyla güven aralığında daralma mevcuttur, güncelleme sonrasında istatistiksel güç artmıştır.

```
Random-Effects Model (k = 76; tau^2 estimator: REML)

tau^2 (estimated amount of total heterogeneity): 1.0286 (SE = 0.1843)
tau (square root of estimated tau^2 value):      1.0142
I^2 (total heterogeneity / total variability):    93.23%
H^2 (total variability / sampling variability):   14.78

Test for Heterogeneity:
Q(df = 75) = 572.6096, p-val < .0001

Model Results:

estimate      se      zval      pval      ci.lb      ci.ub
1.1888  0.1221  9.7399  <.0001  0.9496  1.4280  ***

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

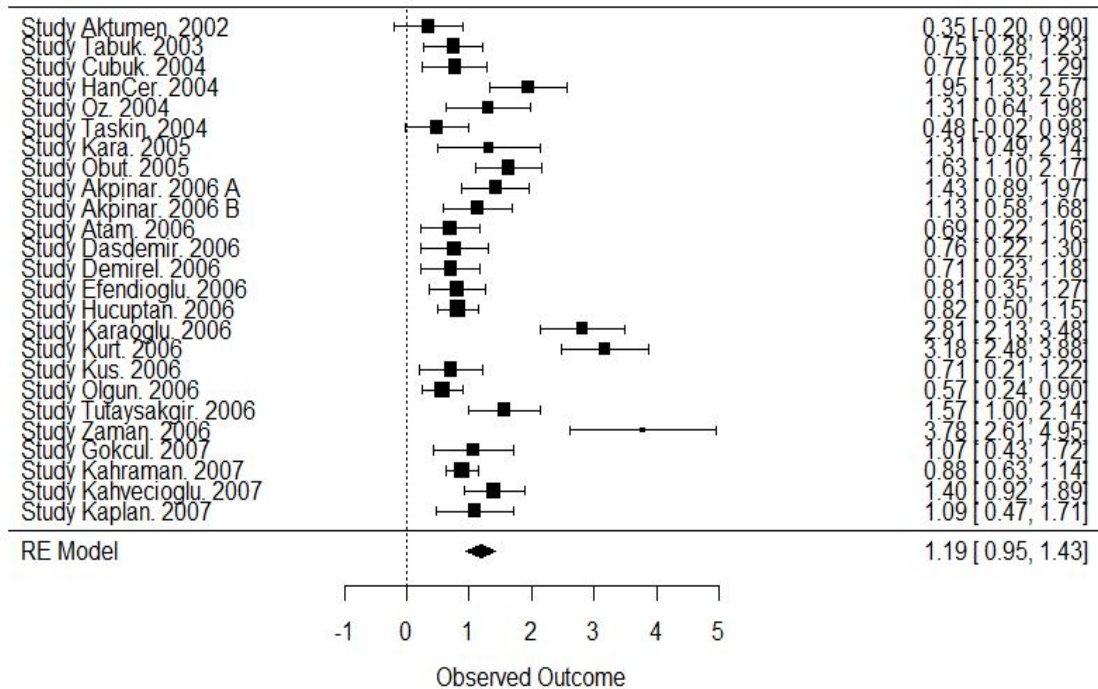
Şekil 5.2: Güncelleme Sonrası Meta Analiz Çıktısı

Orman grafiği analize eklenen bütün çalışmaları gösterir. (Orman grafiğinin okunabilirliği için 3 parça halinde sunulmuş olup, genel etki büyüklüğü 3 grafiğin ortak etki büyüklüğüdür. (Şekil 5.3) (Şekil 5.4) (Şekil 5.5)

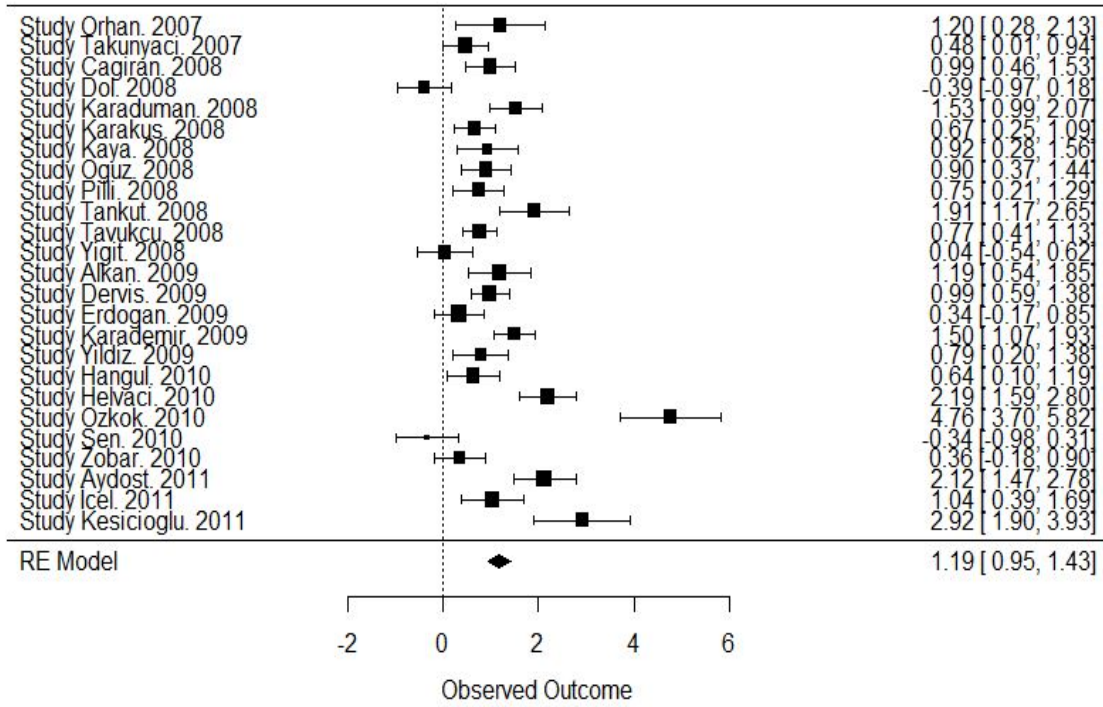
Bu grafikte örneğin; Zaman (2006) adlı çalışma BDE'nin akademik başarıya pozitif etkisinin olduğunu söylüyor. Etkisinin güven aralığı dar olduğundan (standart hatası küçük olduğundan) meta analizdeki ağırlığı büyüktür. Erdoğan (2009) adlı çalışma sıfır çizgisini kestiği için istatistiksel olarak anlamlı değildir yani BDE'nin akademik başarıya etkisinin olmadığını gösterir. Meta analizde ağırlığı büyük ve güven aralığı dardır. Gençoğlu (2013) adlı çalışma da sıfır çizginin solunda kaldığı için BDE'nin akademin başarıya etkisinin negatif olduğunu gösterir.

Genel etki büyüklüğünü sembolize eden karo tüm etki büyüklüklerinin birleştirilmesinden bulunduğu için güven aralığı her bir çalışmanın bireysel güven aralığından daha dardır. Karo sıfırın sağında yer aldığı ve uçları sıfırı kesmediği için birleştirme sonucunda BDE'nin akademik başarıya anlamlı pozitif etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

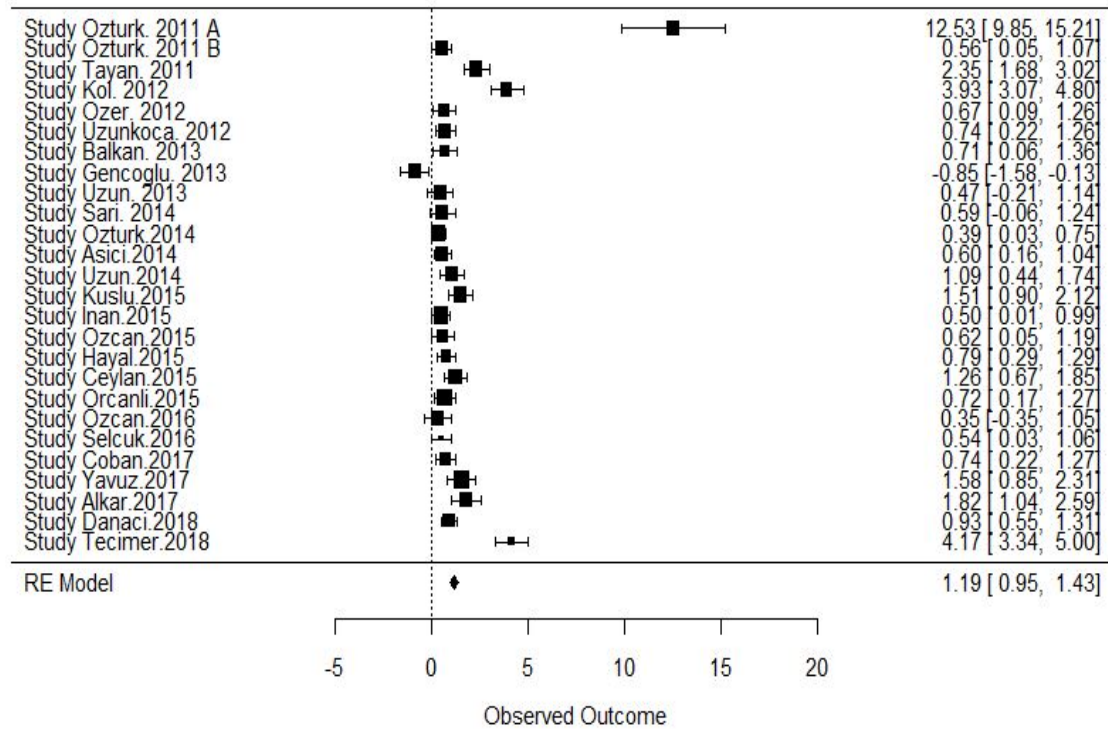
Burada her bir çalışmayı sembolize eden karelerin büyüklükleri çalışmaların meta analizdeki ağırlıklarını göstermekte olup kare büyüklükleriyle güven aralıklarının ters orantılı değiştiği görülmektedir. Bu durumda en geniş güven aralığına sahip olan Ozturk 2011 A isimli çalışma meta analize en az etkisi olan çalışmadır ve Kahraman 2007 adlı çalışma da en düşük standart hataya sahip olup en dar güven aralığını sunan çalışmadır.



Şekil 5.3: Orman Grafiği



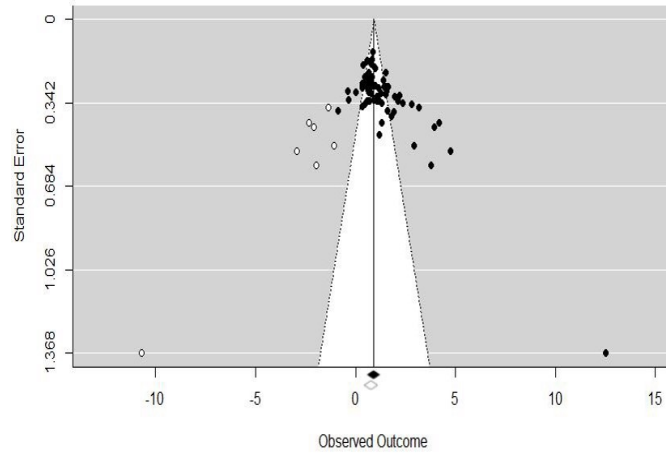
Şekil 5.4: Orman Grafiği



Şekil 5.5: Orman Grafiği

Yayın yanlılığı kontrolü için ilk olarak kırp & doldur grafik çıktısı (Şekil 5.6) incelenmiştir. Kırp & doldur ile eklenen yapay çalışmalar sonucundaki değişime kırp & doldur analiz çıktısında (Şekil 5.7) bakılmıştır.

Şekil 5.6'da huni grafiğini simetrik hale getirmek için 7 çalışma daha eklenmiş, eklenen bu yapay 7 çalışma ile gerçek etki büyüklüğünden (koyu renkli karo), yapay etki büyüklüğüne (saydam karo) ulaşılmıştır fakat iki etki büyüklüğü arasındaki fark çok küçük olduğu için yayın yanlılığı yoktur.



Şekil 5.6: Kırp & Doldur Grafiği

Şekil 5.7'da eklenen 7 yapay çalışma sonucunda toplam 83 çalışmayla yeniden yapılan meta analiz çıktısında tahmin değeri 0.9275'e ulaşmıştır. Bu değer, istatistiksel olarak anlamsız 7 çalışma daha analizde olsaydı BDE'nin hala pozitif etkili olacak olduğunu göstermektedir.

```
Estimated number of missing studies on the left side: 7 (SE = 4.0000)
Test of H0: no missing studies on the left side: p-val = 0.0039

Random-Effects Model (k = 83; tau^2 estimator: REML)

tau^2 (estimated amount of total heterogeneity): 2.5813 (SE = 0.4228)
tau (square root of estimated tau^2 value): 1.6066
I^2 (total heterogeneity / total variability): 97.02%
H^2 (total variability / sampling variability): 33.56

Test for Heterogeneity:
Q(df = 82) = 879.0503, p-val < .0001

Model Results:

estimate      se      zval      pval      ci.lb      ci.ub      ***
0.9275      0.1808      5.1304      <.0001      0.5732      1.2819

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Şekil 5.7: Kırp & Doldur Analizi



Şekil 5.8’de yayın yanlılığı için FSN çıktısı güncelleme öncesinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan 350 çalışma daha modelde olsaydı analizin sonucu zayıflardı sonucuna ulaşmamızı sağlarken, şekil 6.9’da FSN’in güncelleme sonrasında istatistiksel olarak anlamlı olmayan 422 çalışma daha olsaydı analizin sonucu zayıflardı sonucunu sunuyor. Güncelleme işlemi sonrasında artan FSN değeri güncelleme işleminin meta analizin yayın yanlılığına karşı güçlendirmiş olduğunu gösteriyor.

Fail-safe N calculation using the Orwin Approach

Target Effect size: 0.2000

Fail-safe N: 350

Şekil 5.8: Güncelleme Öncesi Fail Safe N Analizi

Fail-safe N calculation using the Orwin Approach

Target Effect size: 0.2000

Fail-safe N: 422

Şekil 5.9: Güncelleme Sonrası Fail Safe N Analizi



# Sonuç

Gelişen teknoloji ve ulaşılabilirliğin artması ile beraber bir konu üzerine birden fazla yapılmış analize rastlanabilir. Genetiğin, kültürün, cinsiyetin kısacası verinin dünya üzerinde farklılaşması yapılan analizlerin farklı sonuçlanmasına neden oluyor. Analizden analize değişen bu fark faydayı reddetmeyle ya da gereksiz bilgiyi kullanmayla sonuçlanabiliyor. Bu durumda akla ilk gelen analizlerin birleştirilmesi yani analizlerin analizi olan "meta analiz" oluyor.

Meta analiz benzer tüm çalışmaları sentezlerken ulaştığı yüksek örneklem genişliği sayesinde ortaya koyduğu sonuçların istatistiksel gücünü artırmaktadır. Bunun yanı sıra analiz sonucunda sentezlenen çalışmalardaki heterojenliğin kaynağı da belirlenmektedir. Araştırmacıya tek ve genel bir sonuç vaadeden meta analiz sayesinde, yeni araştırma konuları da ortaya çıkabilir.

Çalışmamız bünyesinde 60 çalışmalık mevcut bir meta analiz güncelleme sonrasında 76 çalışmaya ulaşarak daha yüksek bir örneklem genişliğine ulaşmıştır. Yüksek örneklem genişliğinin bir getirisi olarak ortaya koyduğu genel etkinin standart hatası 0.1488'den 0.1221'e düşmüş ve bu da daha dar bir güven aralığı yani istatistiksel olarak daha yüksek bir güce ulaşmamızı sağlamıştır. Yayın yanlılığı kontrolleri sonuçları ise güncelleme sonrasında yayın yanlılığına karşı meta analizin güçlendiği sonucuna ulaşmamızı sağlamıştır.



# Kaynaklar

- Abramson, J. H., & Abramson, Z. (2001). *Making sense of data: a self-instruction manual on the interpretation of epidemiological data*. Oxford university press.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Cochran, W. G. (1954). The combination of estimates from different experiments. *Biometrics*, 10(1), 101–129.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational researcher*, 5(10), 3–8.
- Hedges, L., & Olkin, I. (1986). Book review: meta analysis: a review and a new view. *Educational Researcher*, 15(8), 14–16.
- Hedges, L. V. (1981). Distribution theory for glass's estimator of effect size and related estimators. *journal of Educational Statistics*, 6(2), 107–128.
- Hedges, L. V., Gurevitch, J., & Curtis, P. S. (1999). The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology*, 80(4), 1150–1156.
- Huedo-Medina, T. B., Sánchez-Meca, J., Marín-Martínez, F., & Botella, J. (2006). Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or  $i^2$  index? *Psychological methods*, 11(2), 193.
- Orwin, R. G. (1983). A fail-safe n for effect size in meta-analysis. *Journal of educational statistics*, 8(2), 157–159.
- Petitti, D. B., et al. (2000). *Meta-analysis, decision analysis, and cost-effectiveness analysis: methods for quantitative synthesis in medicine*. 31. OUP USA.
- Rendina-Gobioff, G. (2006). Detecting publication bias in random effects meta-analysis: An empirical comparison of statistical methods.
- Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychological bulletin*, 86(3), 638.

- Rosenthal, R., & Rosnow, R. L. (1991). *Essentials of behavioral research: Methods and data analysis*, vol. 2. McGraw-Hill New York.
- Rothstein, H. R., Sutton, A. J., & Borenstein, M. (2005). Publication bias in meta-analysis. *Publication bias in meta-analysis*, (pp. 1–7).
- Viechtbauer, W., et al. (2010). Conducting meta-analyses in r with the metafor package. *J Stat Softw*, 36(3), 1–48.

# Ek A

## İlk Ek Başlık

İlk ek

Tablo 3: Tablo başlığı

$n$	$m = 2$			$m = 3$			$m = 4$		
	$\rho = 1.00$	$\rho = 0.75$	$\rho = 0.50$	$\rho = 1.00$	$\rho = 0.75$	$\rho = 0.50$	$\rho = 1.00$	$\rho = 0.75$	$\rho = 0.50$
1	0.751	0.816	0.798	0.570	0.621	0.651	0.484	0.562	0.565
2	0.548	0.582	0.581	0.432	0.471	0.483	0.351	0.408	0.426
3	0.460	0.485	0.492	0.355	0.386	0.403	0.291	0.332	0.349
4	0.405	0.429	0.433	0.307	0.338	0.354	0.252	0.284	0.304
5	0.362	0.379	0.410	0.276	0.292	0.334	0.224	0.252	0.290
6	0.330	0.342	0.369	0.253	0.266	0.296	0.203	0.225	0.258
7	0.311	0.314	0.334	0.230	0.245	0.276	0.186	0.208	0.243
8	0.290	0.296	0.324	0.215	0.229	0.261	0.173	0.195	0.225
9	0.272	0.282	0.301	0.202	0.217	0.243	0.161	0.183	0.212
10	0.258	0.267	0.297	0.192	0.210	0.242	0.151	0.167	0.208



# Ek B

## İkinci Ek Başlık

İkinci ek