

R İLE YAPISAL EŞİTLİK MODELİ¹

Dr. Kamil ÇELİK²
Dr. Hakan ÖZKÖSE³
Dr. Sezin GÜLERYÜZ⁴

ÖZET

Günümüzde bilimsel araştırmaların artması beraberinde bir takım yeni analiz tekniklerinin doğmasına neden olmuştur. Bu analiz tekniklerinden biri de yapısal eşitlik modelidir. Ülkemizdeki çalışmalar incelendiğinde yapısal eşitlik modeli analizlerinde sıklıkla AMOS ve LISREL programlarının kullanıldığı görölmektedir. R programı ile yapılan yapısal eşitlik modeli analizlerine yok denecek kadar az sayıda rastlanmaktadır. R diğer yapısal eşitlik modeli analizi programlarına göre bazı avantajlara sahiptir. Araştırmacılar tarafından kullanılan diğer programların ücretli olmasına rağmen R programının ücretsiz temin edilen açık kaynak kodlu bir program olması, bu programın güçlü yönlerinin başında gelmektedir. R programı sadece yapısal eşitlik modeli analizinde değil, birçok veri analizinde kullanılabilir. Bu çalışmanın amacı R programını temel seviyede tanıtmak ve özellikle sosyal bilimler alanında çalışan araştırmacıların yapısal eşitlik modeli analizlerinde bu programı kullanmalarına katkı sağlamaktadır. Böylece R programının kullanımının yaygınlaştırılması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: R programlama, yapısal eşitlik modeli, R ile yapısal eşitlik modeli

STRUCTURAL EQUATION MODELING WITH R

ABSTRACT

Nowadays, the increase in scientific researches has led to the emergence of a number of new analytical techniques. One of these analysis techniques is the structural equation model. When the studies in our country are examined, it is seen that AMOS and LISREL programs are frequently used in the structural equation model analyzes. There are only a few examples of structural equation model analysis done with the R program R has some advantages over other structural equation modeling programs. Despite the fact that other programs are licensed and chargeable, one of the most forefront advantages is that the R program is the open source and free program. The R program can be used not only for structural equation analysis but also for many data analysis. The purpose of this study is to promote the R program at the basic level and contribute to the use of this program in the analysis of structural equation models for researchers working in the field of social sciences. Thus, it is aimed to spread the use of the R program.

Keywords: R Programming, Structural Equation Modeling, Structural Equation Modeling With R

¹ Bu makale 5-7 Mayıs 2018 tarihleri arasında Antalya'da düzenlenen ASEAD 3. Uluslararası Sosyal Bilimler Sempozyumu'nda sunulan bildirinin geliştirilmiş halidir.

² Bartın Üniversitesi, İİBF, Yönetim Bilişim Sistemleri, kcelik@bartin.edu.tr

³ Bartın Üniversitesi, İİBF, Yönetim Bilişim Sistemleri, hozkose@bartin.edu.tr

⁴ 4Bartın Üniversitesi, İİBF, Yönetim Bilişim Sistemleri, sguleryuz@bartin.edu.tr

GİRİŞ

Bilimsel araştırmalarının en önemli aşamalarından biri veri analizi aşamasıdır. Bu aşamada, elde edilen veriler analiz edilerek araştırma ile alakalı bulgulara ulaşılmaktadır. Ülkemizde yapısal eşitlik modeli kullanılarak yapılan analizlerde çoğunlukla AMOS, Lisrel, MPlus paket programlar kullanılmaktadır. Ücretli olarak satılan bu paket programlar nicel verilerin analizinde birçok kolaylık sağlamaktadır. Bu programlardan farklı olarak, ücretsiz bir biçimde temin edilebilen R programı kullanılarak yapılan yapısal eşitlik modeli analizlerine ise yok denecek kadar az miktarda rastlanmaktadır. Fakat R'ın yapısal eşitlik modeli analizlerinde kullanımı her geçen gün artmaktadır.

R, internet üzerinden ücretsiz olarak temin edilebilen, açık kaynak kodlu ve istatistiksel analizlerde kullanılan bir programdır. Ücretli temin edilen programlarda kullanılan kodlar arka planda bulunmakta ve kullanıcılar tarafından görülmemektedir. Bu programlar kullanıcılara bazı kısa yollardan oluşan bir ara yüz sunmaktadır. Kullanıcı ilgili butonları tıklayarak veya işaretleyerek ihtiyaç duyduğu analizleri gerçekleştirmektedir. Fakat R programı kullanıldığında kullanıcı arka planda çalışan kodları görme imkanına sahip olmaktadır. R, bu özellik sayesinde sürekli gelişmekte ve dinamik bir yapıya sahip olmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle yapısal eşitlik modeline değinilmiştir. Daha sonra R programı hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü aşamada R ile yapısal eşitlik modelinden bahsedilerek çalışma sonlandırılmıştır.

1. YAPISAL EİRİTLİK MODELİ

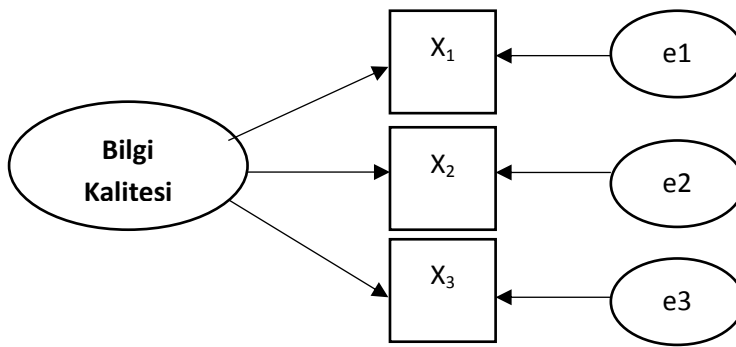
Yapısal eşitlik modeli ikinci nesil veri analizi tekniğidir (Bagozzi ve Fornell, 1982). Regresyon gibi birinci nesil analiz tekniklerine nazaran birden fazla bağımsız ve bağımlı değişken arasındaki ilişkinin modellenmesi ile karmaşık yapıdaki araştırma problemini kapsamlı, sistematik bir şekilde ve tek bir süreçte ele almaktadır (Anderson ve Gerbing, 1988). Bilhassa karmaşık modellerin analizinde başarılı olduğu, birçok analizi tek seferde yaptığı, incelenen modelde yeni düzenlemeler yapılması gerektiğinde tavsiyelerde bulunduğu, ölçüm hatalarını hesaba katıyor olması gibi nedenlerden dolayı çoklukla kullanılmaktadır (Dursun ve Kocagöz, 2010). Bu kadar çok kullanılıyor olmasının temel nedeni, verilen bir modeldeki gözlenen değişkenlere (hem bağımlı, hem bağımsız) ait ölçüm hatalarını hesaba katıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Regresyon analizinde açıklayıcı değişkenlere ait olası ölçüm hataları hesaba katılmamaktadır. Bu durum regresyon analizi sonuçlarının yanlış veya yanıltıcı sonuçlar vermesine yol açabilmektedir (Bayram, 2013).

Yapısal Eşitlik Modeli gizil değişkenler (latent variable) ve gözlenen değişkenler (observed variable) arasındaki nedensel ilişkilerin ve korelasyon ilişkilerinin bir arada bulunduğu modellerin analizde kullanılmaktadır. Bu teknik, özellikle sosyal bilimler alanında yapılan çalışmalarda değişkenler arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesi ve modellerin test edilmesi için sıklıkla kullanılan bir analiz tekniğidir.

Yapısal eşitlik modellemesinin en önemli kavramlarından biri gizil değişkenlerdir. Bu değişkenlere örnek olarak pazarlama literatüründe yer alan kalite algılanışı, müşteri memnuniyeti, tutumlar verilebilmektedir. Bu değişkenlerin ölçülememesinin nedeni doğrudan gözlemlenemediğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle araştırmalarda gizil değişken gözlenen değişkenlerle ilişkilendirilerek işlemsel olarak tanımlanmaktadır (Yılmaz,2004a).

Yapısal eşitlik modellemesi tamamen teoriye dayalıdır ve gizil değişkenler seti arasında bir nedensellik yapısının var olduğunu kabul etmektedir (Yılmaz,2004b). Oluşturulan modelin sağlam bir teorik alt yapıya sahip olması bu yöntemin en önemli konusudur (Dursun ve Kocagöz, 2010).

Şekil 1: Gözlenen ve Gizil Değişkenler

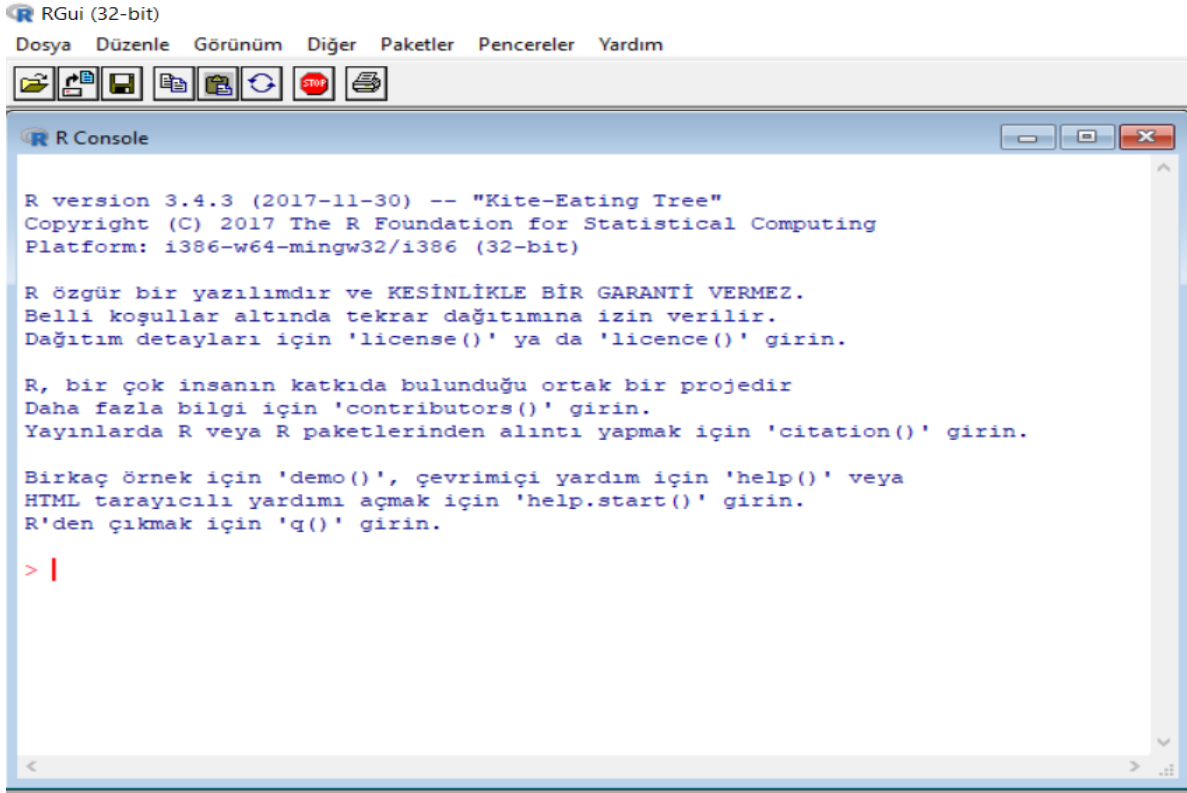


Şekil 1’de görüldüğü gibi X_1 , X_2 ve X_3 değişkenleri gözlenen değişkenler ve bilgi kalitesi ise gizil değişkendir. Buna göre X_1 , X_2 ve X_3 gözlenen değişkenleri bilgi kalitesi gizil değişkeninin göstergeleri olarak tanımlanmaktadır. Buna ek olarak e_1 , e_2 ve e_3 ise hata terimleridir. Hata terimlerinden gözlenen değişkenlere giden tek yönlü oklar, gözlenen değişkenler üzerinde ölçüm hatasının etkisini ifade etmektedir.

2. R PROGRAMININ TEMİNİ VE GENEL YAPISI

R programı internet üzerinden ücretsiz olarak kolaylıkla temin edilebilmektedir. R’ı temin etmek için (<https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>) adresine gidilmelidir. R’ın en son sürümünü indirmek için (Download R 3.5.1 for Windows) butonu tıklanmalıdır. İndirme işleminden sonra dosyanın açılarak kurulumunun yapılması gerekmektedir. Şekil 2’de R yazılımının temel ara yüzü görülmektedir.

Şekil 2: R Programının Temel Ara Yüzü



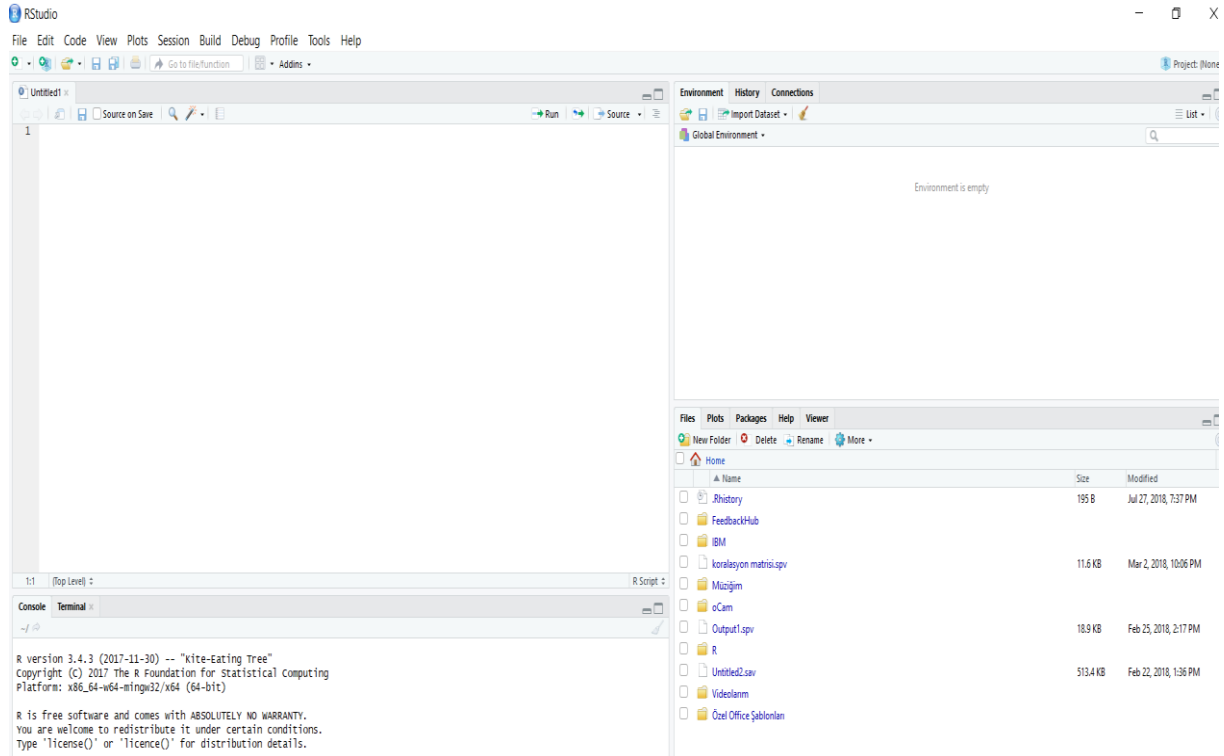
R programının temel komut ve fonksiyonlarına değinmeden önce bazı kavramlara değinilmesi gerekmektedir. Dünya birçok yerinden uzmanlar belirli istatistiksel analizler için kodlar yazarak paketler meydana getirmekte ve bu sayede R programının gelişimine katkı sağlamaktadırlar. Yazılan bu istatistik paketleri ve yazılımın kendisi CRAN (Comprehensive R Archive Network) olarak adlandırılan konumlarda saklanmaktadır. Başka bir deyişle CRAN, bir R kullanıcısının yapacağı istatistiksel analiz için kullanacağı paketin indirildiği sanal bir ortamdır. Dünyanın birçok yerindeki R kullanıcıları bu sanal ortama girdiğinde yavaşlaması, çökmesi veya hacklenmesi durumları söz konusudur. Bu durumların önlenmesi amacıyla tek bir CRAN merkezine sahip olunması yerine, bu merkezin yansısı (kopyası) dünyanın pek çok bölgesine dağıtılmıştır.

R programında CRAN yansısı terimi merkez CRAN ortamının birebir kopyası anlamına gelmektedir. Dünyanın birçok yerinde CRAN yansısı bulunmaktadır. Bir R kullanıcısı kullanacağı istatistiksel paketi ya da programın kendisini indirmek için coğrafi olarak kendisine en kısa mesafede yer alan CRAN yansısını seçmelidir. Örneğin Türkiye’de bulunan bir R kullanıcısı “Turkey” yansısını seçmelidir. Bazı ülkelerde birden fazla CRAN yansısı varken bazı ülkelerde bulunmamaktadır. CRAN yansısı bulunmayan ülkeler kendilerine en yakın mesafede bulunan CRAN yansısını kullanmalıdır (Doğan, C. D., Uluman, M., 2016).

R programı gerekli kod ve fonksiyonların yazılmasıyla çalışan bir istatistiksel programdır. Başka bir ifadeyle programa yapması gerekenler kodlar yardımıyla iletilir. Buna göre R ile yapısal eşitlik modeli analizi yapmak için iki beceri gerekmektedir. Birincisi yapısal eşitlik modeli analizi, ikincisi ise R dilidir. Fakat herkesin bu becerilere sahip olması zor bir durumdur. Bazıları R dilini biliyorken yapısal eşitlik modelini bilmeyebilir, bazıları ise yapısal eşitlik modelini biliyorken R'ı bilmeyebilir. Bu nedenle dünyanın farklı yerlerinde bu becerilere sahip kişiler yapısal eşitlik modeli analizinin yapılabilmesi için “lavaan” paketini meydana getirmiştir. Bu paket CRAN merkezlerinde muhafaza edilmekte ve kullanıcılar tarafından yapısal eşitlik modeli analizleri yapılmadan önce indirilip kurulmalıdır. Fakat yine de temel kodların yazılması gerekmektedir. R programında bu şekilde kodların yazılıyor olması başlangıçta zor gelmektedir. Fakat zaman geçtikçe R programı kullanıcılara kolay gelmekte ve önemli avantajlar sağlamaktadır (Doğan, C. D., Uluman, M., 2016).

R programı indirildikten sonra ayrıca R Studio da ücretsiz olarak indirilebilir. R Studio R ile entegre çalışan bir geliştirme ortamıdır. Kullanıcılar R Studio'ya (<https://www.rstudio.com/>) linkinden ücretsiz olarak erişebilmektedir.

Şekil 3: R Studionun Temel Ara Yüzü



Şekil 3'te R Studio'nun temel ara yüzü görülmektedir. Buna göre sol üst tarafta bulunan alan R kodlarının yazıldığı alandır. Kod yazma alanının hemen üstünde “Source on Save” butonu yer almaktadır. Bu buton kullanıldığında R Studio yeniden başlatıldığında daha önceden çalışılan dosyanın içeriği tekrar yüklenmektedir. Bu sayede sık kullanılan paketler, fonksiyonlar ve class'lar kolaylıkla görülebilmektedir. Sol alt köşede görülen alan ise Console olarak adlandırılmaktadır. Bu alan denemek istenen veri setlerinin ve filtrelerin burada test edilebilmesini sağlamaktadır.

Sağ üst köşede görülen alan “Environment” ve “History” alanları olarak tanımlanmaktadır. “Environment” sekmesinde, Console’da tanımlanan herşey (değişken, liste, data seti vb.) görülebilmektedir. “History” sekmesinde ise Console’da çalıştırılan tüm komutlar listelenmektedir. Eğer kullanıcı işlemlerini bitirdikten sonra Environment’ta herhangi bir şey kaydetmezse, History’de bir şey saklanmamaktadır.

Sağ alt köşede “Files”, “Plots”, “Packages”, “Help” ve “Viewer” sekmeleri yer almaktadır. Bu alana aynı zamanda Misc Paneli de denilmektedir. “Files” sekmesi kullanıcının bilgisayarlarındaki dosyaları göstermektedir. “Plot” sekmesi üretilen grafiklerin görülmesini sağlamaktadır. “Packages” gerekli görülen paketlerin yüklenilmesini sağlamaktadır. “Help” ise aranılan herhangi bir fonksiyonun sahip olduğu özellikler ile ilgili kapsamlı dokümanlar sunmaktadır.

Bu 4 ekranın yerleri “Preferences” kısmından istenildiği gibi değiştirebilir, seçenekler arasından istenilen yazı tipi kullanılarak kodlama yapılabilmektedir.

3. R’İN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Bu bölümde R’in avantajlarına ve dezavantajlarına değinilmiştir. Buna göre:

3.1. R’in Avantajları

R’in diğer istatistiksel analiz programlarına nispeten birkaç avantajı vardır. Bunlar:

- R tamamen ücretsiz bir programdır ve daima da böyle kalacaktır. Çünkü R, GNU (General Public Licence) Kamu Lisansı altındadır. GNU Genel Kamu Lisansı (GNU, GPL veya GPL), son kullanıcılara yazılımı çalıştırma, inceleme, paylaşma ve değiştirme özgürlüğünü garantileyen, yaygın olarak kullanılan ücretsiz bir yazılım lisansıdır.
- İnternet üzerinde kolayca elde edilebilmektedir.
- Windows, Apple, Unix ve türevleri olan Linux, Darwin, FreeBSD ve Solaris gibi birçok işletim sisteminde çalışabilmektedir.
- En iyi istatistikçiler ve bilgisayar programcıları arasındaki uluslararası iş birliğinin bir ürünüdür.
- Sınırsız karmaşıklığın istatistiksel analizine ve görselleşmesine izin vermektedir. Kullanıcıyı sınırlı miktarda prosedürle ve seçenek kümesiyle sınırlı tutmamaktadır. Belirli bir hesaplamayı veya grafik sunumunu gerçekleştirmek için kullanıcıyı bir yöntem ile kısıtlamamaktadır.
- Sınırsız büyüklükteki ve karmaşıklıkta verileri tutarlı ve mantıklı bir biçimde analiz edebilmektedir.
- Kapsamlı teknik dokümantasyon ve kullanıcı katkılı kullanım rehberleri tarafından desteklenmektedir. Ayrıca istatistiksel yöntemlerle alakalı ders kitapları bulunmaktadır.
- Her hesaplama adımı kayıt altına alınır ve bu geçmiş daha sonra kullanılmak için kaydedilebilir.
- “Düğmeye bas” zihniyetinden ziyade, problem çözme hakkında eleştirel düşünmeyi harekete geçirir.

- Kendi gelişmiş bilgisayar dili ile tamamen programlanabilmektedir. Tekrar eden prosedürler, kullanıcı tarafından yazılmış komut dosyaları ile kolayca otomatikleştirilebilmektedir. Kullanıcının yeni analizler icat etmesi durumunda kendi fonksiyonlarını yazması ve tüm paketleri oluşturması zor değildir.
- Tüm kodlar yayınlanmıştır. Böylece kullanıcı kullanılan tüm algoritmaları görebilmektedir. Ayrıca uzman istatistikçiler kodun doğruluğundan emin olabilmektedir.
- MS-Excel’de, Yeni Metin Belgesinde veya farklı formatlardaki dosyalarla veri alışverişi yapılabilmektedir. Böylece mevcut veri dosyaları kolaylıkla içe aktarılabilir veya R’da hesaplanan sonuçlar kolayca dışa aktarılabilir.

3.2. R’in Dezavantajları

R bazı dezavantajlara sahiptir. Bunlar:

- Varsayılan Windows ve Mac OS X kullanıcı ara yüzleri basit sistem etkileşimi ile sınırlıdır ve istatistiksel prosedürleri içermemektedir. Kullanıcı veri girmek, analiz yapmak ve grafik çizmek için komut yazmalıdır. Bu durum, kullanıcının sistem üzerinde tam kontrol sahibi olması için bir avantajdır. Rcmdr eklenti paketi, yaygın görevler için makul bir kullanıcı ara yüzü sağlamaktadır. R için ayrıca R Studio gibi çeşitli geliştirme ortamları vardır.
- Kullanıcı analiz sırasına karar vermeli ve adım adım yürütmelidir. Bununla birlikte, bir analizdeki tüm adımlarla komut dosyaları oluşturmak ve komut dosyasını komut satırından veya menüden çalıştırmak kolaydır. Kullanıcı ara yüzlerinde veya R Studio gibi ortamlarda script yazabilir. Bu durumun önemli bir avantajı, ara sonuçların gözden geçirilebilmesi ve komut dosyalarının düzenlenebilmesidir (Rossiter, 2012).

4. R PROGRAMINDA KULLANILAN KODLARIN TEMEL YAPISI

R programında komutlar çoğunlukla fonksiyonlar ve nesnelere meydana gelmektedir. Bu iki boyut “<-” ile birbirinden ayrılmaktadır. Bu sembolün sol tarafında kalan kısım nesne, sağ tarafında kalan kısım ise fonksiyon olarak tanımlanmaktadır (nesne<-fonksiyon). “<-” sembolü R programına belirtilen nesnenin belirtilen fonksiyon tarafından meydana getirileceğinin komutunu vermektedir. R programında oluşturulan her şey nesne olarak tanımlanmaktadır. Nesne istatistiksel bir model veya değişken olabilmektedir. Fonksiyonlar nesneyi oluşturması için R programına verilen kodlardır.

Örneğin;

```
not <-c(50,60,70,80,90)
```

şeklinde bir komut yazıldığında “<-” sembolünün sağ tarafında bulunan değerlerin puan değişkenini oluşturması istenilmektedir. Bu komutta yer alan c() komutu “concatenate” fonksiyonunu ifade etmektedir ve programa değişkenleri bir grup altında topla komutunu vermektedir. Benzer şekilde nitel değerlerden oluşan bir değişken oluşturulacağı zaman bu değerlerin tırnak içerisinde yazılması gerekmektedir.

Örneğin;

```
egitim_duzeyi<-c(“lisans”, “lisansüstü”, “lisans”, “ön lisans”, “lisans”)
```

Böylece R programı değişkenin nicel mi yoksa nitel mi olduğuna karar verebilmektedir. Bu aşamadan sonra her “not” veya “egitim_duzeyi” nesnesi girilip komut çalıştırıldığında program ilgili değişkenleri getirecektir. R programı büyük küçük harfe duyarlıdır. Bu nedenle eğer biri büyük harfle biri küçük harfle yazılmış komutlar varsa R programı bu iki komutu farklı algılayacaktır (Doğan, C. D., Uluman, M., 2016).

5. R İLE YAPISAL EŞİTLİK MODELLEMESİ

Yapısal eşitlik modellemesi genel olarak 3 aşamada gerçekleştirilmektedir. Bunlar:

- Veri hazırlama evresi
- Doğrulayıcı faktör analizi evresi
- Yapısal eşitlik modellemesi evresi

5.1. Veri Hazırlama Evresi

R programında analiz yapmak için öncelikle veri seti programa yüklenmelidir. R'a yüklenecek veri setine ait dosyanın .csv formatında olması gerekmektedir. Bu nedenle veriler hangi veri dosyası formatında bulunuyorsa öncelikle .csv formatına dönüştürülmelidir. Verinin programa yüklenmesi için iki yol bulunmaktadır. Birinci yolun kullanılabilmesi için kullanıcının veri dosyasının bilgisayardaki yolunu bilmesi gerekmektedir. Buna ait kod şu şekildedir:

```
dat<-read.csv (“ examples / data / exampleData1.csv “)
```

İkinci yola ait komut satırı ise şu şekildedir:

```
dat<-read.csv(file.choose(), sep = “;”, header = T)
```

Bu komut çalıştırıldığında bir pencere açılır ve açılan pencereden ilgili dosya seçilerek R programına aktarılır.

Böylece veri dosyası “dat” değişkenine atanmaktadır. Bu aşamadan sonra yüklenen veri setine ait sütun başlıkları ve ilk 5 satırda yer alan veriler görülmek istenirse;

```
head(dat)
```

```
names(dat)
```

komutları kullanılmadık. “head(dat)” komutu “dat” dosyasında bulunan sütunların başlıklarını, “names(dat)” komutu ise bu sütunlarda yer alan ilk 5 satırın verilerini kullanıcıya sunmaktadır. Bu sayede veri setinin programa eklenip eklenmediği kontrol edilebilmektedir.

Eğer veri setinde ters kodlu ifadeler varsa bu kodlar kolaylıkla değiştirilebilmektedir. Örneğin 5’li likert ölçeği kullanıldıysa, bu veriler

```
cols = c(“BK2”, “BK3”)
```

```
dat[,cols]= 6-dat[,cols]
```

komutlarıyla ters çevrilebilmektedir. Burada BK2 ve BK3 ifadeleri ters kodlu ifadelerdir.

Öncelikle bu ifadeler “cols” değişkenine atanmakta daha sonra bu ifadelere ait veriler 6’dan çıkarılmaktadır. Böylece ters kodlu ifadeler düz kodlu hale gelmektedir. Böylece 1 olan veri (6-1=5) olarak değişmektedir. Benzer şekilde 2, (6-2=4) olarak; 3, (6-3=3) olarak; 4, (6-4=2) olarak ve 5, (6-5=1) olarak değişmektedir.

Yapısal eşitlik modeli analizi yapılabilmesi için R programına “lavaan” paketinin yüklenmesi gerekmektedir. Bunun için şu komut çalıştırılmalıdır:

```
install.packages (“lavaan”, dependencies = TRUE)
```

Daha sonra bu paketi kullanabilmek için “lavaan” kütüphanesinin oluşturulması gerekmektedir. Bu nedenle

```
Library (lavaan)
```

komutunun çalıştırılması gerekmektedir.

Sonraki aşamada tüm gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenlerin programa kodlanması gerekmektedir. Bunun için

```
BK<-”BilgiKalitesi=~BK1+ BK2+ BK3+ BK4+ BK5+ BK6+ BK7+ BK8+ BK9”
```

kod satırı çalıştırılmalıdır. Örneğin bu komutta Bilgi Kalitesi gizil değişkenine ait 9 gözlenen değişkenin olduğu R programına kodlanmaktadır. Bu gözlenen değişkenler BK gizil değişkenine atanmaktadır. Bu şekilde tüm gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenler programa kodlanmalıdır.

5.2. Doğrulayıcı Faktör Analizi Evresi

Bundan sonraki aşamada doğrulayıcı faktör analizi yapılmalıdır. Buna ait örnek kod satırları şu şekildedir:

```
Proje<-”BilgiKalitesi=~BK1+ BK2+ BK3+ BK4+ BK5+ BK6+ BK7+ BK8+ BK9
```

```
HizmetKalitesi=~HK1+ HK2+ HK3+ HK4+ HK5
```

```
SistemKalitesi=~ SK1+SK2+ SK3+ SK4+ SK5+ SK6
```

```
Tatmin =~TAT1+TAT2+TAT3”
```

```
fit1<-cfa(Proje, data=dat, std.lv=TRUE)
```

```
summary(fit1, fit.measures=TRUE, standardized=T)
```

```
fitMeasures(fit1)
```

Bu komutlarda öncelikle Proje adlı bir değişkene modelde yer alan tüm gizil değişkenler ve bu gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenler tanımlanmaktadır. Daha sonra “fit1” adlı değişkene “cfa” komutuyla doğrulayıcı faktör analizi yapılarak tanımlanmaktadır. “fit1” değişkenine ait doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarının görülebilmesi için “summary” fonksiyonu kullanılmaktadır.

Bu komutlar çalıştırıldıktan sonra uyum iyiliği değerleri incelenmelidir. Uyum iyiliği değerleri kabul edilebilir değerlerdeyse bir sonraki evre olan yapısal eşitlik modellemesi evresine geçilmelidir. Eğer uyum iyiliği değerleri kabul edilebilir değerlerin altındaysa bu değerlerin kabul edilebilir düzeye ulaşması sağlanmalıdır. Uyum iyiliği değerlerinin kabul edilebilir düzeyde olması toplanan veri ile önerilen modelin uyumlu olduğunu göstermektedir.

5.3. Yapısal Eşitlik Modellemesi Evresi

Doğrulayıcı faktör analizi evresinden sonra yapısal eşitlik modellemesi evresine geçilmeli ve hipotezler test edilmelidir. Buna ait kod satırları şu şekildedir:

```
Proje<-”BilgiKalitesi=~BK1+ BK2+ BK3+ BK4+ BK5+ BK6+ BK7+ BK8+ BK9
```

```
HizmetKalitesi=~HK1+ HK2+ HK3+ HK4+ HK5
```

```
SistemKalitesi=~ SK1+SK2+ SK3+ SK4+ SK5+ SK6
```

```
Tatmin =~TAT1+TAT2+TAT3”
```

```
fit2<-sem(Proje, data=dat, std.lv=TRUE)
```

```
summary(fit2, fit.measures=TRUE, standardized=T, rsquare=T)
```

```
fitMeasures(fit2)
```

Yukarıdaki örnek kod satırına göre bilgi kalitesi, hizmet kalitesi ve sistem kalitesi gizil değişkenlerinin tatmin üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Buna göre hipotezler şu şekildedir:

H1: Bilgi kalitesi, tatmin üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

H2: Hizmet kalitesi, tatmin üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir.

H3: Sistem kalitesi, tatmin üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkiye sahiptir

Örnek kod satırlarına göre “Proje” adlı bir değişkene modelde yer alan tüm gizil değişkenler ve bu gizil değişkenlere ait gözlenen değişkenler tanımlanmaktadır. Daha sonra “fit2” adlı değişkene “sem” komutuyla yapısal eşitlik modeli analizi yapılması kodlanmaktadır. Böylece yapılan analiz “fit2” değişkenine atanmaktadır. Analize ait sonuçların görüntülenebilmesi için “summary” fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyonun içerisinde yer alan kod bloklarından “rsquare=T” komutu R^2 değerini tespit etmek amacıyla eklenmiştir. “standardized=T” komutu ise analizden elde edilen sonuçların standardize edilmiş halinin de görüntülenmesi amacıyla kod bloğuna dahil edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada R programı, yapısal eşitlik modellemesi hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra R ile yapısal eşitlik modellemesinin nasıl yapılacağı, anlaşılmasının kolay olması için örnek kodlarla basamak basamak anlatılmıştır. Bu sayede bu alanda çalışma yapmak isteyen bireylerin, örnek kodları kendi veri setlerine uyarlayarak analizlerini gerçekleştirmeleri hedeflenmiştir. Bu durumun R’ın, yapısal eşitlik modellemesinin ve R ile yapılan yapısal eşitlik modellemesinin sayısının artıracığı tahmin edilmektedir.

KAYNAKÇA

ANDERSON, J. C. ve GERBING, D. W. 1988. Structural Equation Modeling in Practice: A Review and Recommended Two-Step Approach. Psychological Bulletin, 103, 411-423.

BAGOZZI, R. P. ve FORNELL, C. 1982. Theoretical Concepts, Measurement and Meaning, Vol. 2, C. Fornell (Ed.) A Second Generation of Multivariate Analysis, Praeger, 5-23.

BAYRAM, N. 2013. Yapısal Eşitlik Modellemesine Giriş: Amos Uygulamaları. 2. Baskı. Ezgi Kitapevi. Bursa. 1-13.

DOĞAN, C. D., ULUMAN, M. 2016. İstatistiksel Veri Analizinde R Yazılımı ve Kullanımı. İlköğretim Online. 15(2). 615-634.

DURSUN Y., KOCAGÖZ, E. 2010. Yapısal Eşitlik Modellemesi Ve Regresyon: Karşılaştırmalı Bir Analiz. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 35, Ocak-Temmuz 2010, 1-17

ROSSITER, D. G. 2012. Introduction to the R Project for Statistical Computing for use at ITC. University of Twente, Faculty of Geo-information Science & Earth Observation (ITC), Enschede (NL).

YILMAZ, V. 2004a. Lisrel ile Yapısal Eşitlik Modelleri: Tüketici Şikayetlerine Uygulanması, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 4(1), 77-90.

YILMAZ, V. 2004b. Consumer Behaviour of Shopping Center Choice, Social Behavior and Personality, 32(8), 783-790.