

Öğrencilerin Matematik Başarısını Artıran Faktörlerin Hibrit Bulanık DEMATEL & Sistem Dinamikleri Yaklaşımıyla İncelenmesi*

Examining the Factors That Increase Students' Mathematics Achievement with Hybrid Fuzzy DEMATEL & System Dynamics Approach

Mehmet Akif Aksoy¹, İpek Deveci Kocakoç²

¹Sorumlu Yazar, Doktora Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, mehmetakif.deu@gmail.com,
(<https://orcid.org/0000-0002-5795-2999>)

²Prof. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, ipk.deveci@deu.edu.tr, (<https://orcid.org/0000-0001-9155-8269>)

Geliş Tarihi: 09.11.2023

Kabul Tarihi: 05.01.2024

ÖZ

Günümüz dünyasında teknoloji ile uyum sağlamak giderek daha fazla önem kazanmakta ve bu, özellikle hızla ilerleyen ülkeler için zorunlu bir hal almaktadır. İstenen düzeydeki teknolojik başarıya ulaşabilmek için kaliteli eğitimin kilit bir rol oynadığı görülmektedir. Bu bağlamda, gelişen teknolojilerle paralel olarak ilerlemeyi ve rekabetçi kalmayı mümkün kılan matematik eğitiminin değeri gün geçtikçe artmaktadır. Kapsamlı ve kaliteli matematik eğitiminin, matematiksel başarıyı ve bu alanın her yönüyle etkin kullanımını getireceği açıktır. Matematik başarısının, birçok değişkenin etkileşiminden oluşan karmaşık yapısını çözmek için Sistem Dinamikleri gibi ileri araçlar bu çalışmada kullanılmış, öğrenci başarısını artırma potansiyeline sahip unsurlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada, Nedensel Döngü Diyagramları kullanılarak oluşturulan model üzerinden, öğrencilerin matematik başarısını artıran faktörler analiz edilmiş ve Bulanık DEMATEL yöntemi ile öne çıkan başlıca etkenler belirlenmiştir. “Öğrenci Motivasyonu”, “Çalışma Verimliliği” ve “Eğitim öğretim kalitesi” değişkenleri etkileme gücü en yüksek üç değişken olurken, “Teknik İmkanları Kullanabilme”, “Çalışma Verimliliği” ve “Eğitim öğretim kalitesi” değişkenleri de önem derecesi en yüksek üç değişken olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Matematik başarısı, sistem dinamikleri, nedensel döngü diyagramları, bulanık DEMATEL.

ABSTRACT

In a rapidly changing world, it has become a necessity to keep up with developing technologies. It is only possible for countries that are competing in many of these developments to achieve the desired results in these areas with qualified education. The importance of mathematics and mathematics education, which directly contributes to the understanding of these developments in order to keep up with developing technologies and not to fall behind in the competitive environment, is increasing day by day. Effective use of mathematics, which exists in almost every field today, is only possible with a well-planned and qualified mathematics education. It is clear that a well-planned mathematics education will bring mathematics success. Mathematics achievement is a very complex problem, consisting of the interaction of many intertwined variables and the interaction of different dimensions. One of the important tools in solving such multidimensional complex problems is System Dynamics. This study aimed to examine the factors that increase students' mathematics achievement. First, a Causal Loop Diagram (CLD) was created with the System Dynamics approach, then the resulting loops were evaluated and one of the reinforcing

*Sorumlu yazarın doktora tezinden türetilmiştir.

loops was selected. Which of the variables in the cycle consisting of sixteen variables is effective in increasing success was examined with Fuzzy DEMATEL, one of the Multi-Criteria Decision Making Techniques. While “Student Motivation”, “Study Efficiency”, and “Quality of Education” were the three variables with the highest impact power, “Ability to Use Technical Opportunities”, “Study Efficiency”, and “Quality of Education” were determined to be the three variables with the highest degree of importance.

Keywords: Mathematics achievement, system dynamics, causal loop diagrams, fuzzy DEMATEL.

GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin hızlı ve etkili bir şekilde yaşandığı günümüzde üniversiteler, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin en önemli yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. Teknolojiden sağlığa, üretimden toplumsal konulara kadar neredeyse her alanda faaliyet gösterecek bireyler yetiştiren üniversiteler, günümüz şartlarına uymak ve nitelikli insanlar yetiştirmek için sürekli gelişim halinde olmaktadır. Bu gelişim sayesinde, ülkelerin ihtiyacı olan nitelikli insan gücü ve çağa ayak uydurabilecekleri teknolojik gelişmeleri harmanlayarak devletlerin gelişmişlik düzeylerine doğrudan katkıda bulunurlar. Bütün bunları gerçekleştirebilmeleri, üniversitelerin alanında yetkin ve donanımlı bireyler yetiştirmelerine dolayısıyla eğitim ve öğrenim gören öğrencilerin başarısı ile doğrudan ilişkilidir.

Son yıllarda öğrenci başarısındaki artışı tahminleyecek çok sayıda değişken tanımlanmıştır (Carrol, 1963; Rossenshine&Stevens, 1986). Bu tanımlamalar sayesinde yapılacak çalışma ile ilgili geniş bilgi bulunmasına rağmen hala eğitim ve öğretimin nasıl geliştirilebileceği ile ilgili büyük tartışmalar bulunmaktadır (Carpenter, 2000). Ebranberg vd. (1994,1995) bu değişkenlerden biri olan okul kalitesinin öğrenci başarısı üzerinde etkisi olduğunu açıklarken Hanushek de (1996) okul kalitesinin, okul kaynaklarını artırmak ve sevilen öğretmen sayısını artırmak ile sağlanabileceğinden söz etmiştir. Lonsdale (2003) ise teknolojik gelişmelerin öğrencilerin kütüphaneye başvurma sayılarını azalttığından dolayı, bu gelişmenin bazı alanlarda başarının düşmesine neden olduğunu savunmuştur. Darling-Hammond (2000) Hanushek’e paralel olarak, sınıf öğretmenin öğrenci başarısında öncelikli sorumlu kişi olduğunu açıklamıştır. Wright ve arkadaşları (1997) sınıfın büyüklüğünün ve sınıf ortamının öğrenci başarısında öğretmen etkisine nazaran daha az bir etkiye sahip olduğunu ve öğretmenin akademik başarıda daha baskın olduğunu saptamıştır. Hill vd. (2005) ilköğretim düzeyindeki bir öğretmenin alan bilgisi ile öğrenci başarısı arasında anlamlı bir ilişki bulmuştur. Engelman vd. (1991) okulun, öğrenci başarısını sağlayabilmesi için öğrencilerini verimli ve etkili bir şekilde organize etmesi gerektiğinden söz etmiştir. Green (2000), Snyder vd. (2000) derslerin anlaşılması ile okulun, ailenin ve iletişimin öğrenci başarısında göz önünde tutulması gereken önemli bir etken olduğunu dile getirmişlerdir. Smith ve Hausofus (1996) da aile desteğinin öğrenci başarısını bazı derslerde doğrudan artırdığını açıklamışlardır. Hancock (2001) kaygı ve motivasyonun öğrenci başarısı üzerinde etkili olan eğitimsel kavramlar olduğunu dile getirirken, Jones vd. (2010) öğrenci başarısı için öğrencilerin başarılarını ve mesleklerindeki kariyer planının iyi anlaşılması gerektiğini savunmuştur. Wigfield ve Eccles (2000) ortaya attıkları beklenti-değer teorisi ile öğrencilerin başarı motivasyonu için yeteneklerine olan inançlarını, başarı için beklentilerini ve görev değerlerinin bileşenlerini elde etmişlerdir.

Sistem dinamikleri yaklaşımı birçok alanda etkili sonuçlar vermiştir. İşletme, finans, mühendislik, çevre, iklim, ziraat vb. gibi alanlarda etkili kullanılmaya başlandıktan sonra eğitim alanlarında da etkili kullanılmaya başlanmıştır. Eğitim bilimleri alanında yapılan ilk çalışmaların sonucuna göre öğrencilerin hem akademik başarısı hem de derse olan ilgilerinin arttığı görülmüştür (Forrester, 1996, s.4). Alınan başarılı sonuçların ardından Amerika Birleşik Devletleri’nde (A.B.D) sistem dinamikleri ve sistem yaklaşımı eğitim öğretim müfredatının bir parçası haline gelmiştir. Bu sayede fen ve matematik alanlarıyla beraber sosyal bilimler ile ekonomi ve edebiyat derslerinde etkili bir şekilde kullanılmıştır (Forrester, 1996, s.4; Nuhoglu, 2008, s.35). Eğitim bilimlerindeki başarılı uygulamalarından sonra başta Norveç ve Çin olmak üzere birçok ülkede müfredatın parçası haline gelmiştir. Birçok bilim dalında olduğu gibi eğitim bilimleri alanında da sistem dinamikleri yaklaşımıyla ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Söz konusu çalışmaların çok büyük bölümünde, sistem dinamikleri ve sistem yaklaşımının ders işleyişine entegre edilmesi ve ders planı içinde yer alması şeklinde olmuştur.

Muhasebe eğitiminden fen bilimleri eğitimine kadar birçok alanda çokça kullanılmasına rağmen matematik eğitiminde yeteri kadar kullanılmadığı görülmüştür.

Fisher (2018) çalışmasında, lise kademesindeki matematik dersi için dokuz ay süreyle sistem dinamikleri modellemesine dayalı bir öğretim modeli uygulamıştır. Bu uygulamada, lise kademesindeki farklı derslerde 20 yılı bulan bir sürede uygulanan sistem dinamikleri modellerini incelemiştir. Bir öğretim süreci boyunca katılımcı öğrencilere matematik dersinde sistem dinamikleri modellemesiyle ilgili eğitimler verilmiştir. Eğitim sonucunda öğrencilerin oluşturdukları modellerle uygulamalar yapmış hem modelin ayrıntıları hakkında hem de süreç hakkında değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışma sonucunda öğrencilerin farklı modellerden zevk aldıkları, modelleme sürecinin aktif öğrenme sürecinin önemli bir parçası olduğunun ve sistem dinamiklerine dayalı eğitimin öğrencilere yeni ve bütüncül bakış açıları kazandırdığı belirtilmiştir.

Bu çalışmalar incelendiğinde, sistem dinamiklerinin eğitim öğretim sürecinde bir yöntem olarak kullanıldığı ancak bir karar aracı olarak kullanılmadığı görülmektedir. Sistem dinamikleri sayesinde stratejik planlamalar yapılabileceği gibi eğitimle ilgili politikalar geliştirilebilir, eğitim öğretim süreçleri de tasarlanabilmektedir. Değişkenlerin seçimi ve etkileşimlerinin değerlendirilmesi aşamasının araştırmacıların yorumuna bağlı olması ve analizinin de yönetime dayalı olmasından dolayı hem nitel hem nicel bir araştırma özelliği taşıyan, herhangi bir yerden ve herhangi bir şekilde veri toplanmadığı için etik kurul onayına ihtiyaç duyulmayan bu çalışmamızda, “öğrencilerin matematik başarılarına en çok etki eden ve bu başarıyı elde etmelerinde en büyük öneme sahip olan değişken ya da değişkenlerin hangileri olduğu” sorusuna cevap aranmıştır. Bu bağlamda, matematik başarısının artırılmasına ilişkin N.D.D.’ler oluşturulmuş ve oluşturulan bu N.D.D.’ler ele alınmıştır. Bu N.D.D.’ler incelenerek matematik başarısının artırılmasına yönelik pekiştirici döngüdeki pekiştireç olan değişkenin araştırılması amaçlanmıştır, söz konusu döngüdeki değişkenlerin hem önem derecesine göre hem de diğer değişkenleri etkileme gücüne göre sıralanması araştırılmıştır.

YÖNTEM

Geçmişten günümüze öğrencilerin matematik başarısıyla ilgili onlarca çalışma yapılmış ve her seferinde öğrencilerin matematik başarısına etki eden faktörler ayrı ayrı incelenerek sonuçlar elde edilmiştir. Literatürde geçen faktörler birbiriyle ilişkili olmasına rağmen hepsini ya da çoğunu beraber değerlendiren çalışmaların sayısı oldukça azdır. Öğrencilerin matematik başarısına etki eden faktörlerin beraber ele alındığı ve bu faktörlerin birbiri ile ilişkilendirilerek çözümlerin elde edilebileceği yöntem ya da yöntemlerin kullanılması ile farklı ve görece daha sağlıklı sonuçların elde edilebileceği çok açıktır. Bu çalışmada eksikliğini hissettiğimiz bu sorunları gidermek ve öğrencilerin matematik başarısına etki eden faktörlerin beraber değerlendirilebileceği farklı bir yöntemin kullanılması amaçlanmıştır.

Nitel ve nicel modellerle sistemin davranışlarını incelememize olanak sağlayan Sistem dinamikleriyle, öğrenci, aile, okul ve öğretmen boyutlarından oluşan N.D.D’ler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu diyagramlardan elde edilen döngüler üzerine çalışılmış, öğrencilerin matematik başarısına etki eden değişkenlerin büyük kısmını içeren döngüler incelenmiş ve bu döngülerden pekiştirici olan bir döngünün analizine karar verilmiştir. Döngüyü oluşturan değişkenler öğrencilerin matematik başarısına etki eden faktörler olarak değerlendirilmiş, birbiriyle ilişkili olan bu faktörler çok yönlü ele alınarak Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden DEMATEL ve bunun bir uygulaması olan Bulanık DEMATEL yardımıyla gerçek hayata daha uygun sonuçlar elde edilmesi açısından öğrencilerin matematik başarısına etkileri incelenmiştir. Bu sayede, öğrencilerin matematik başarısına etki eden birçok faktör beraber değerlendirilmiş, bunlar arasında öğrencilerin matematik başarısına en çok etki eden ve öğrencilerin matematik başarısında diğer faktörlerden en çok etkilenen faktörler elde edilmiştir.

2.1. Bulanık DEMATEL

DEMATEL yöntemi, birbiriyle etkileşim içinde olan değişkenleri içeren ve bu değişkenlerin oluşturduğu karmaşıklık nedeniyle değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerini ortaya çıkaran bir yöntemdir. Yöntem, değişkenleri birbiri arasındaki ilişkilerin çeşidi ve birbirileri üzerindeki önem sırasına göre düzenleyebilmektedir. Değişkenler arasındaki etkileşimi kesin değerlerle göstermek

oldukça zordur. Bu nedenle Lin ve Wu (2008) dilsel ifadelerin kullanıldığı Bulanık DEMATEL'i uygulamışlardır. Bulanık DEMATEL'in adımları aşağıda gösterilmiştir:

1. Aşama: Problemin Amacının Belirlenmesi:

Karar problemi, karar vericiler tarafından açık ve net bir ifadeyle açıklanmalıdır. Karar vericilerin çelişkiye ve ikileme düşmeyeceği ifadeler içermelidir.

2. Aşama: Faktörlerin Belirlenmesi ve Bulanık Skalanın Tasarımı:

Karar vericilerin ilk işi faktörleri (değerlendirme kriterlerini) belirlemektir. Faktörler belirlendikten sonra bu faktörleri değerlendirmek için kullanılacak dilsel ifadeler ile bu ifadelere karşılık gelen üçgensel ya da yamuksal bulanık sayılar tanımlanmalıdır. Aşağıda Tablo 1'de Lin ve Wu'nun (2008) önerdiği ve çalışmada da kullanılan, dilsel ifadeler ile bu ifadelere karşılık gelen üçgensel bulanık sayıların kullanıldığı skala gösterilmiştir.

Tablo 1

Dilsel İfadeler ve Karşılık Gelen Bulanık Sayılar

Dilsel İfadeler	Üçgensel Bulanık Karşılıklar
Yüksek derecede etkili (Y)	(0.75, 1.0, 1.0)
Çok etkili (Ç)	(0.5, 0.75, 1.0)
Orta derecede etkili (O)	(0.25, 0.5, 0.75)
Az Etkili (A)	(0, 0.25, 0.5)
Etkisiz (E)	(0, 0, 0.25)

Kaynak: Lin ve Wu (2008), s. 208.

3. Aşama: Faktörler Arasındaki Etkileşimlerin Değerlendirilmesi:

$C = \{C_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$ adet değerlendirme kriteri arasındaki ikili etkileşimler p tane karar vericinin değerlendirmesi sonucu $n \times n$ boyutlu $\tilde{Z}^{(1)}, \tilde{Z}^{(2)}, \dots, \tilde{Z}^{(p)}$ ilişki matrisleri elde edilir. k. karar vericinin de değerlendirmeleri sonucu $\tilde{Z}^{(k)}$ ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiş olup,

$$\tilde{Z}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \tilde{z}_{1n}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{n1}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix}; k = 1, 2, \dots, p \quad 2.1$$

Şeklinde gösterilmektedir. Matris elemanları, $\tilde{z}_{ij}^{(k)} = (l_{ij}^{(k)}, m_{ij}^{(k)}, u_{ij}^{(k)})$ şeklindeki üçgensel bulanık sayılardan oluşmaktadır. i ve j indisleri i. kriterin j. kritere etki düzeyini ifade etmektedir.

4. Aşama: Normalize Edilmiş İlişki Matrisinin Elde Edilmesi

Karar vericiler için normalize edilmiş ilişki matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$\tilde{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & \tilde{x}_{1n}^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{(k)} & \dots & 0 \end{bmatrix}; k = 1, 2, \dots, p \quad 2.2$$

Burada,

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} = \left(\frac{l_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{m_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}}, \frac{u_{ij}^{(k)}}{r^{(k)}} \right) \text{ ile klasik DEMATEL yönteminde olduğu gibi olduğu gibi}$$

$$r^{(k)} = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij}^{(k)} \right) \text{ eşitliklerinden faydalanılarak elde edilebilir.}$$

5. Aşama: Yapısal Modelin Oluşturulması ve Analizin Yapılması

Toplam ilişki matrisi,

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \dots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix} \quad 2.3$$

2.3'teki eşitlikten faydalanılarak ifade edilmektedir. $\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^u, m_{ij}^u, u_{ij}^u)$ şeklinde eşitlikle ifade edilirken, söz konusu matrisin elemanları;

$$\begin{cases} [l_{ij}^u] = X_l \times (I - X_l)^{-1} \\ [m_{ij}^u] = X_m \times (I - X_m)^{-1} \\ [u_{ij}^u] = X_u \times (I - X_u)^{-1} \end{cases} \quad 2.4$$

Eşitlikleriyle hesaplanmaktadır.

\tilde{T} toplam ilişki matrisi elemanlarının satır elemanları toplamı \tilde{D}_i ve sütun elemanları toplamı \tilde{R}_i ile gösterilmek üzere $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ ve $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ işlemleri sonucu elde edilen değerler, sırasıyla kriterlere ilişkin ilişki düzeyleri ile etki düzeylerini göstermektedir. Durulaştırmada işleminde,

$$\begin{aligned} \left(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i\right)^{def} &= \frac{1}{4} \times (l + 2m + u) \\ \left(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i\right)^{def} &= \frac{1}{4} \times (l + 2m + u) \end{aligned} \quad 2.5$$

eşitliklerinden faydalanılır ve kriterlerin nihai ağırlıkları,

$$w_i = \left[\left(\left(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i \right)^{def} \right)^2 + \left(\left(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i \right)^{def} \right)^2 \right]^{1/2} \quad 2.6$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad 2.7$$

Eşitlikleri kullanılarak elde edilir.

2.2. Sistem Dinamikleri

Bilgi teknolojileri ile günümüz dünyasındaki hızlı gelişmeler beraberinde yeni ve karmaşık problemler getirmiştir. Problemlerin karmaşıklığı ve büyüklüğü göz önüne alındığında, problemlere parçalar halinde değil de bir bütün olarak bakılması zorunluluk haline gelmiştir. Söz konusu problemler iç içe geçmiş karmaşık ve hem anlaşılması hem de çözümlenmesi büyük uğraşlar gerektirmekle birlikte problemi oluşturan parçaların birbiriyle etkileşim içerisinde oldukları ve birbiriyle karmaşık bağlarla bağlı oldukları görülmektedir. Bu karmaşıklık yapısı ve etkileşimli bağlantılara sahip olma özelliği, problemlerin doğrusal olarak ele alınıp geleneksel çözüm yöntemleriyle çözümlerini oldukça zor hale getirmektedir. Bu tarz karmaşık, iç içe geçmiş ve etkileşimli problemlerin her bir parçasını (sistemin bileşenini) ayrı ayrı fakat bütün içinde de birbiriyle ilişkili “sistem” mantığıyla ele alınması zorunlu hale gelmiştir.

Sosyal bilimlerde yönetimdeki karmaşıklığın giderilmesini bilgisayar benzetimleriyle analizine olanak sağlayan sistem dinamikleri, 1950’li yıllarda Jay Forrester tarafından geliştirilmiştir. Karmaşık sistemlerdeki dinamik davranışları inceleyen ve ortaya çıkarılmalarını sağlayan sistem dinamikleri sistem düşüncesinin özel bir şeklidir. Sistemlerin yapılarının, sistem davranışlarına ne şekilde neden olduğunu anlamak sistem dinamiklerinin temelini oluşturmaktadır (Sezen ve Günel, 2009, s.298). Sistem dinamiklerinde bilgilerin bilgisayar modellemesinde kullanılması için geri besleme mekanizmasından faydalanılmaktadır. Geri besleme mekanizmalarının kullanıldığı ilk çalışmalar Harvard Business Review’de yayımlanmıştır. Sistem dinamikleri, yöntemlerle beraber sistemlerin davranışını ve teorilerin analizi için ihtiyaç duyulan felsefeyi sağlamakla birlikte tıp, mühendislik, eğitim, çevresel sorunlar, ekonomik araştırmalar ve bunun yanında birçok alanda uygulanabilen ortak bir araç sağlamaktadır (Forrester, 1993, s.200).

Sistem Düşüncesi, Sistem Dinamiklerinin ana yapısı oluşturmaktadır. Sistem düşüncesi, sistemlerin etkinliklerindeki değişimleri anlamamıza yardımcı olmaktadır. Bununla beraber, sistem düşüncesi, karmaşık sistemlerin dinamiklerinin sistem yaklaşımıyla incelenme yöntemi olarak da tanımlanabilir. Ayrıca, iç içe geçmiş karmaşık sistemlerin dinamiklerini etkileyen ve birbiriyle etkileşim içinde olan tüm parçaların dikkate alınmasını sağlamanın yanında sistemi ve sistemin parçalarını gözlemlememize olanak tanımakta, sistem hakkında düşünme ve sistemi yeniden tasarlamamıza imkân vermektedir. Sistemin tümünün açık ve bileşenleriyle beraber görünmesi ve değerlendirilmesini sağlayan sistem düşüncesi kavramsal bir çerçeveden oluşmaktadır.

2.2.1. Sistemik Problem

Ele alınan problemin modellenmesindeki önemli aşamalardan biri de o problemin yapısının anlaşılmasıdır. Problemin karmaşıklığı modellemeyi zorlaştırabilmekte ancak modelleme yöntemine doğrudan etkisi bulunmamaktadır. Deterministik bir problemin stokastik bir yöntemle çözülemeyeceği gibi sistemik bir problem de klasik yöntemlerle çözülmemelidir. Bu aşamada önemli olan husus problemin yapısının iyi analiz edilmesidir.

Sistemik problemler kronik özelliklere sahip, karakteristik özellikleri olan ve sürekli müdahale edilip yönetilmesi gereken problemlerdir. Söz konusu problemin sistemik olup olmadığını anlamak için sorunun kaynağına bakılmalı ve sorun iyi analiz edilmelidir. Harici etmenlerden kaynaklanan sorunlardan oluşan problemler sistemik özellik taşımamaktadır. Sistemik problemler, sorunların iç etkileşimlerden kaynaklandığı ve harici etmenlerden oluşmadığı problemlerdir.

2.2.2. Sistem Düşüncesinin Araçları

Sistemik bir problem modellendikten sonra modelden bilgi üretilmesi ve politikalar geliştirilmesi için söz konusu modelin çözülmesi gerekmektedir. Karmaşıklık içeren ve sistemik özellik taşıyan dinamik bir problem, sistem dinamikleri yaklaşımıyla çözülebilir ve klasik yöntemlere nazaran daha gerçekçi sonuçlar sunmaktadır. Sistem dinamikleri yaklaşımının karmaşık ve dinamik problemleri kolayca ele alabilmesi ve ele aldığı problemi çözebilmesi kullandığı araçların uygunluğuna bağlıdır. Nedensel döngü diyagramları, stok akış diyagramları (SAD) ve gecikmeler olarak adlandırılan bu araçlar modelin çözülmesinde oldukça önemli bir yere sahip olup sistemlerin davranışlarının yakalanmasında önemli bir yer tutmaktadır.

2.2.3. Nedensel Döngü Diyagramları

Kontrol teorisinin geri besleme düşüncesine dayanan sistem dinamikleri metodolojisinde, nedensel döngüler sistemin geri besleme döngülerini temsil etmenin uygun yöntemlerinden birini oluşturmaktadır. NND'ler geri besleme döngü diyagramlarının şematik olarak gösterildiği, sisteme ilişkin referans dinamik davranışını meydana getiren ve sistemin temel geri bildirim döngülerini temsil eden geri bildirim yapısının bir iletişim aracını oluşturmaktadır (Bala vd., 2017, s.37).

Geribildirimler, sebepler ile sonuçlar arasındaki karşılıklı etkileşim anlamı taşımaktadır. Sistem dinamiklerinde geribildirimler, oluşan her etkinin hem sebep hem de sonuç olduğu bir önerme olarak kabul edilmektedir. Geribildirimler, başlangıçtaki nedenin bir nedensellik zincirinde yol alarak son halkasında kendisini de etkileyen bir süreçten oluşmaktadır (Martin, 1997b, s.6; Forrester, 1969, s.13). Etki diyagramları olarak da bilinen (Wolstenholme, 1990, s.19) NND'ler, sistemin yapısını haritalandırarak sistem davranışlarını anlamamızı sağlamaktadır (Sezen & Günal, 2009, s.302).

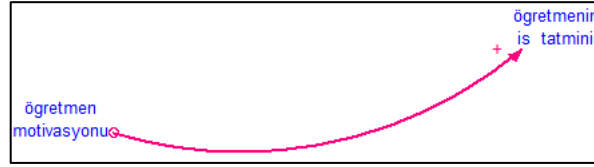
2.2.4. Değişkenler ve Değişkenlerin İşaretleri

Değişkenler, oklarla gösterilen nedensellik ilişkilerle birbirine bağlıdır. Örneğin, çalışma kalitesi hem enerji düzeyi hem de kaygı tarafından etkilenmekte ve alınan notu da etkilemektedir. Bağımsız değişkenin bağımlı değişkende oluşturduğu değişimi göstermek için her nedensel bağlantının ucuna pozitif (+) veya negatif (-) bir işaret (polarite) atanmaktadır. Ayrıca önemli döngüler, döngünün pozitif (pekiştirici) veya negatif (dengeleyici) bir geri bildirim olup olmadığını gösteren bir döngü tanımlayıcısı ile vurgulanır. Döngü tanımlayıcısının karşılık geldiği döngüyle aynı yönü göstererek aynı yönde dolaşmaktadır.

Pozitif bir bağlantı, nedenin artması halinde etkinin normalde olması gerektiğinin üzerinde, nedenin azalması halindeyse etkinin olması gerektiğinin altında olduğu anlamını taşımaktadır. Şekil 2.1'deki örnekte, öğretmen motivasyonunda oluşacak bir artış öğretmenin iş tatmini düzeyinin olması gerekenin üzerine çıkacağını, öğretmen motivasyonunda oluşabilecek bir azalmanın da öğretmenin iş tatmini düzeyinde olması gerekenden fazla bir azalma olduğunu göstermektedir. Yani, öğretmen motivasyonu artarsa öğretmenin iş tatmini artacak, öğretmen motivasyonu düşerse öğretmenin iş tatmini azalacaktır.

Şekil 1

Öğretmen Motivasyonu ile Öğretmen İş Tatmini arasındaki İlişki



Negatif bir bağlantıda ise nedenin artması halinde etkinin olması gerekenin altına ineceği, nedenin azalması halindeyse etkinin olması gerekenin üzerine çıkacağı anlaşılmaktadır. Örneğin Öğretmenin iş yükü ile Öğretmenin verimliliğini düşünelim. Öğretmenin iş yükünün artması durumunda öğretmenin verimliliği olması gerekenin altına inecektir. Aynı şekilde öğretmenin iş yükündeki azalma da öğretmenin verimliliğinin olması gerekenin üzerine bir seviyeye çıkacağı anlaşılmaktadır. Şekil 2.2’de öğretmenin iş yükü ile öğretmenin verimliliğiyle ilgili değişkenler arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Şekil 2

Öğretmenin İş Yükü ile Öğretmenin Verimliliği Arasındaki İlişki



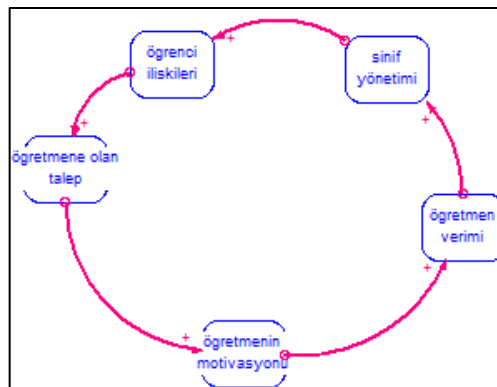
2.2.5. Döngüler

Başlangıçtaki bir nedenin, değişkenlerde nedensellik zinciri boyunca etki ederek yol alması ve en sonunda kendisini etkilediği bir yol olarak tanımlanabilir. Değişkenlerin oluşturduğu nedenler oklarla gösterilerek bir okun başladığı noktaya aynı yönde ilerlemesiyle oluşmaktadır. Pekiştirici ve Dengeleyici olmak üzere iki çeşit döngü diyagramı bulunmaktadır.

Pekiştirici Döngüler: Bu tür döngüler, döngünün karakteristiğini sürekli arttırmaya yönelik davranış sergilerler. Okların ucundaki işaretlerin matematiksel çarpım sonucunun + olması durumunda oluşmaktadır. Şekil 2.3’te pekiştirici döngü örneği gösterilmiştir.

Şekil 3

Pekiştirici Döngü Örneği

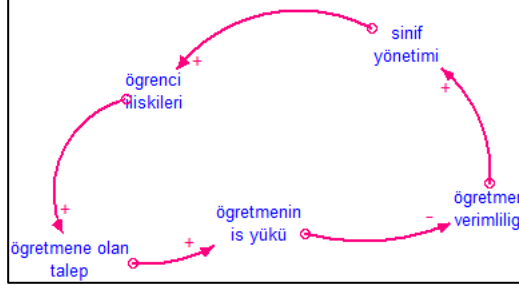


Dengeleyici döngüler: bu tür döngüler de döngünün karakteristiği hedeflenen noktaya geldikten sonra orada kalmasına yönelik ya da sürekli hedeflenen noktayı bulmaya yönelik davranışlar

göstermektedir. Bu döngülerde ise okların uçlarındaki işaretlerin matematiksel çarpımı – olmaktadır. Aşağıdaki şekilde dengeleyici döngüye bir örnek gösterilmiştir.

Şekil 4

Dengeleyici Döngü Örneği



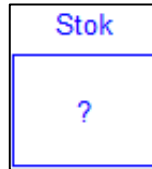
2.2.6. Stoklar-Akışlar Diyagramları

Sistem dinamikleri modellemesinin temel yapı taşı olan stoklar (Bala vd., 2017, s.54), karmaşık sistemlerin durumlarını karakterize eden ve kararlarla bu kararları oluşturan eylemlerin dayandığı bilgileri üreten birikimlerdir. Stoklar sisteme hafıza sağlamaktadır. Stoklar sürecin girdisiyle bu sürecin çıktısı arasındaki farkı biriktirerek gecikmelerin olmasını sağlamaktadır. Stoklar akış hızlarını ayırarak sistemlerde dengesizlik dinamiklerini meydana getirmektedir. Stoklar, içe akışlar (girdiler) ile dışa akışlar (çıkıtlar) arasında birikmiş farklardan oluşan değişkenlerin o anki değerini (Sezen & Günal, 2009, s.306) gösteren birikimler olarak da tanımlanmaktadır.

- Stoklar Şekil 2.5'teki gibi dikdörtgenlerle temsil edilmektedir (stoğun içindekileri tutan bir kabı gösterir).

Şekil 5

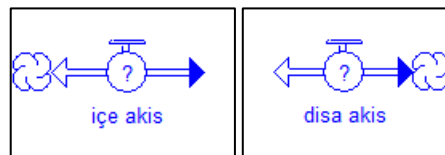
Stok Gösterim Şekli



- Girişler, stoğu işaret eden (ekleme) bir boru (ok) ile temsil edilir. Çıkışlar, stoğun dışına çıkışı (çıkarılarak) işaret eden borularla temsil edilir. İçe akışlar ile dışa akışlar şekil 2.6'daki gibi gösterilmiştir.

Şekil 6

İçe Akış ve Dışa Akış

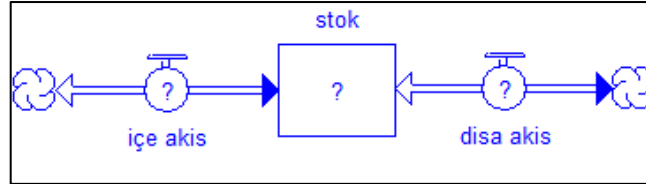


- Vanalar akışları kontrol etmektedir.

- Bulutlar, akışların kaynaklarını ve yutaklarını temsil etmektedir. Bir kaynak, modelin sınırlarının dışından gelen bir akışın ortaya çıktığı stoğu temsil eder. Kaynakların ve stokların sonsuz kapasiteye sahip olduğu varsayılır ve destekledikleri akışları asla kısıtlayamazlar.

Şekil 7

Stok ve Akış Yapısı



2.3. Matematik Başarısına Etki Eden Değişkenlerin Seçimi

Başarı, belirlenmiş hedefe ulaşma olarak tarif edilirken akademik başarı ise öğrencilerin, bir eğitim öğretim döneminin sonunda, söz konusu alanlarda belirlenmiş hedefleri gerçekleştirme düzeyi olarak tanımlanabilir. Matematik başarısından söz edilebilmesi için belli bir dönem ve o dönemde belirlenmiş hedeflerin belli bir ölçüde gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir.

Günümüz dünyasında ülkeler ve toplumlar, akademik başarıyı artırmak için yeni politikalar geliştirip ortaya çıkan aksaklıkları gidermek için ciddi çözümler aramaktadır. Dinamik bir yapıya sahip olan eğitimsel sorunların sürekli gözden geçirilmesi ve yeni politikalarla çözümler sunulması gerekmektedir. Bu bağlamda hem ülkeler ve toplumlar için hem de aileler için akademik başarıyı artırmak önemli bir hedef haline gelmiştir.

Yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalara bakıldığında, akademik başarıya etki eden değişkenler aile boyutu, öğrenci boyutu, okul boyutu ve öğretmen boyutu olmak üzere dört boyuttan oluştuğu görülmektedir. Okul boyutu ile öğretmen boyutu bazı çalışmalarda okul ile ilgili değişkenler kapsamında gösterilmektedir. Ancak, okul boyutunun eğitim ve öğretim için gerekli ortamın oluşturulması ve gerekli materyallerin sağlanması ile ilgili olduğu, öğretmen boyutunun ise eğitim ve öğretimin yürütülmesi ile bilgi ve becerilerin kazandırılması için gerekli şartların sağlanması ve öğretim faaliyetinin gerçekleştirilmesi ile ilgili olduğu bilinmektedir. Bu nedenle çalışmamızda okul boyutu ve öğretmen boyutu olarak iki boyutta incelenmiştir.

2.3.1. Öğrenci Boyutu

Öğrencilerin akademik başarılarına etki eden değişkenlerden, öğrencinin başarı için çabalaması ile öğrencinin psikolojik durumunu etkileyen değişkenlerin bulunduğu boyuttur. Öğrencinin kaygı düzeyi, verimli çalışması, motivasyonu, özgüveni, çalışma baskısı ve not memnuniyeti psikolojik değişkenleri oluştururken çalışma süresi, çalışma kalitesi, enerji düzeyi, ödevleri tamamlama oranı, ödevleri biriktirmesi ve ödevlerine ayırdığı çaba da başarı için çabalaması ile ilgili değişkenleri oluşturmaktadır.

Bunların dışında cinsiyet değişkeninin (Polat, 2019), aidiyet hissinin (Anderson, 2010; Osterman, 2000; Duru & Belkıs, 2015), akran zorbalığının (Smith, 2006; Roman & Murillo, 2011), tutum, derse atfettiği önem ve öz yeterliliğinin (Arıkan, 2016; Yatağan, 2014 ve Kaya, 2008), okul öncesi eğitim durumunun (Herrerias, 2017; Merry, 2013; Pholphirul, 2017), devamsızlık durumunun (Austin & Bailey, 2008; Ma & Willms, 2004) ve eğitimden beklentisinin de öğrencilerin başarılarını etkilediği görülmektedir.

2.3.2. Aile Boyutu

Öğrencilerin akademik başarıları incelenirken, yetiştikleri ailenin özelliklerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ailelerin sosyo-ekonomik yapıları doğrudan ya da dolaylı olarak çocukların akademik başarısına etki etmektedir. Ebeveynlerin eğitim durumu, aile geliri, sosyal statüleri, ebeveynlerin beklentileri, eğitim ve öğretim destekleri, öğrenciye güvenmeleri ve hissettirmeleri, not memnuniyetleri, ebeveyn ile çatışma hali ve çalışma iklimi gibi değişkenler öğrencilerin başarılarına etki eden ve aile boyutuyla ilgili değişkenlerdir. Bunlara ek olarak ailenin eğitim-öğretime katılımının (Fan & Chen, 2001; Marchant vd., 2001; Suh-Ruu & Reynolds, 2004) ve çalıştıkları kitap sayısının (Heyneman & Loxley, 1983; Foster vd., 2005) öğrenci başarısına etki eden değişkenlerden olduğu görülmektedir. Literatürde, öğrencilerin akademik başarıları ile içinde yetiştiği aileye ait özellikler arasındaki ilişkiler sık sık rastlanılmaktadır.

Öğrencilerin akademik başarıları incelenirken literatürde “Çalışma İklimi” kavramına rastlanılmamış, birkaç eğitim dışı çalışmada gözlemlenmiştir. Ailenin kendisi ile eğitim ve öğretim için sağladığı imkanların etkileşimi sonucu, her bir bileşenin ayrı ayrı öneme sahip olduğu ve bu etkileşimlerin bir bütün olarak ortaya çıkardığı etki olarak adlandırdığımız değişken öğrenci başarılarıyla ilgili çalışmalarda önemli bir yer tutacaktır.

2.3.3. Okul Boyutu

Okul ve sınıflar eğitim ve öğretim faaliyetlerinin yürütüldüğü karmaşık ve dinamik ortamlardır. Okul ve sınıflarda meydana gelen çeşitliliklerin öğrenci başarısına etkileri ve bunların öğrenci farklılıklarında ve farklı öğrenme çeşitliliği karşısında birbirlerinden nasıl etkilendiği ve öğrenci başarısını nasıl etkilediklerinin araştırılması ve dinamiklik karşısında sürekli iyileştirilmelerin yapılması gerekmektedir. Öğrenci sayısı, sınıf yoğunluğu, okul iklimi, yönetim tecrübesi, öğretmenler için seminer ve eğitimler, uygulanan müfredatın yoğunluğu, ders programının uygunluğu, teknik imkanları sağlama ve yeterli oyun alanları gibi değişkenler öğrenci başarısına etki eden okul boyutu ile ilgili değişkenleri oluşturmaktadır.

Okul iklimi üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğunda, okul ikliminin hangi boyutunun öğrenci başarısıyla ilgili olduğu araştırılmıştır. Berkowitz vd. (2017) göre, olumlu ve nitelikli bir okul ortamının önemli risk faktörlerinin öğrenci başarısı üzerindeki etkisini azaltmış ve akademik başarının artmasına katkıda bulunmuştur. Wang ve Degol'e (2015) göre de akademik başarıdaki yüksek beklentiler ile kaliteli öğretmen-öğrenci ilişkileri üzerine kurulan okul ikliminin yüksek akademik başarıyı zemin hazırlamıştır.

2.3.4. Öğretmen Boyutu

Öğretmenler, eğitim ve öğretim sürecinde öğrencilerle birlikte sürecin direkt içinde olan iki paydaştan biridir. Öğretmenlerin eğitim-öğretim sürecinde bu denli önemli bir yer tutması, akademik başarı ile ilgili araştırmalarda ayrı bir boyut olarak ele alınmasını gerektirmektedir. Yapılan çalışmalarda öğretmenler ile ilgili çok sayıda değişkene rastlanmaktadır.

Özkan (2004) çalışmasında önemli düşünürlerin öğretmenler hakkındaki görüşlerine yer vermiştir. Aynı çalışmasında öğretmen özelliklerini soran ve soruşturan, araştıran, çağın gerekliliklerine uyum sağlamış ve ayak uyduran ve bilimselliğe önem verip bilimselliğe teşvik eden bireyler olarak ifade etmektedir. Yeni nesillerin öğretmenlerin eserleri olduğundan söz etmiş, öğretmenlerin tutum ve davranışları bireyleri etkilediği için öğretmenlere verilen değer yetişen nesillere verilen değer anlamı taşıdığını belirtmiştir. Bu bağlamda, çalışmamız ve akademik başarıya etkisi göz önüne alındığında öğretmen deneyimi, öğrenci ilişkileri, öğretmenin motivasyonu, öğretmenin iş yükü, öğretmen verimi, sınıf yönetimi, öğretmenin iş tatmini, eğitim ve öğretime ayırdığı çaba ve uygun uygulamalar uygulaması gibi değişkenler bu boyutta ter alan önemli değişkenler olarak görülmektedir.

2.4. Araştırmanın Modeli

Öğrencilerin matematik başarısına etki eden faktörlerin belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, önce Sistem Dinamikleri uygulamalarından olan Nedensel Döngü Diyagramları (N.D.D) oluşturulmuş

ardından da oluşturulan bu diyagramlardan pekiştirici bir döngü seçilmiştir. Seçilen bu döngüdeki değişkenler birer kriter olarak ele alınıp Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden Bulanık DEMATEL yöntemiyle analiz edilmiştir. Kullanılan yöntemler “Verilerin Analizi” alt başlığında detaylı bir şekilde sunulmuştur.

2.5. Veri Toplama Süreci

N.D.D’ler oluşturulmadan önce matematik başarısına etki eden faktörlere ilişkin yerli ve yabancı çok sayıda makale ve kitap incelenmiştir. Söz konusu kaynakların incelenmesi sonucu modelde yer alan çok sayıda değişken elde edilmiştir. Devlet okullarında çalışmış ve hala çalışmakta olan hem idareci hem de öğretmenlerden oluşan lisans üstü derecesine sahip yedi kişilik bir ekip ile probleme etki eden değişkenler hakkında düzenli toplantılar yapılmıştır. Söz konusu toplantılar çoğunlukla literatürde karşılaşılmayan ve mesleki tecrübelerine dayanarak önerdikleri değişkenler üzerine olmuştur.

2.6. Modelin Oluşturulma Süreci

Yapılan görüşmeler neticesinde karar verilen değişkenler kullanılarak toplamda dört farklı boyutu (okul, aile, öğrenci ve öğretmen) içeren N.D.D.’ler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu N.D.D.’lerdeki döngüler tespit edilmiş ve yine aynı ekip ile değerlendirilmiştir. Söz konusu değerlendirmelerden sonra pekiştirici döngülerden bir tanesi seçilmiş ve bu döngüdeki değişkenler Bulanık DEMATEL için değerlendirme kriteri olarak belirlenmiştir. Bu kriterler ışığında değerlendirme matrisi oluşturulmuş ve kriterlerin değerlendirilmesi aynı gruptaki beş öğretmen tarafından doldurulmuştur.

BULGULAR

Bu çalışmada, öğrencilerin matematik başarısını artırma stratejilerinin belirlenmesi için oluşturulan N.D.D.’ler içinden seçilen bir pekiştirici döngü diyagramının, öğrenci başarısını artırmadaki önemli değişkenlerin neler olduğu tespit edilmiştir. N.D.D.’deki değişkenler birbiriyle etkileşim içinde olduğu için değişkenler Bulanık DEMATEL ile değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda, N.D.D.’ler oluşturulurken hem literatürden hem de lisans üstü derecesine sahip ve Devlet okullarında görev yapan öğretmenlerin görüşlerinden faydalanılmıştır. Seçilen döngü diyagramı için de aynı gruptan çalışma yılı fazla olan öğretmenlerin görüşleri alınmıştır.

Matematik başarısının araştırılması, uzun yıllardır devletlerin önem verdiği konulardan biri olmuştur. Söz konusu alanda hem yurt içinde hem de yurt dışında çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Gelişmekte olan ülkeler ve bazı gelişmiş ülkeler için sorunlar teşkil eden matematik başarısı, farklı çözüm yöntemleri ve farklı disiplinlerde çalışmaları da yanında getirmiştir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak, son zamanlarda, yapılan çalışmalar da farklılıklar göstermiş, veri madenciliğinden yapay sinir ağlarına, karar teorisinden makine öğrenmesine kadar birçok farklı yöneylem araştırması yöntemi kullanılmıştır.

Matematik başarısını araştırma alanında Sistem Dinamiklerinin henüz kullanılmamış olması problemin doğası gereği bir eksiklik oluşturmuştur. Dinamik ve karmaşık bir yapıya sahip olan ve en önemlisi sistemik problem özelliği taşıyan matematik başarısı probleminin uygun bir yöntemle ele alınması çözümlerin daha gerçekçi olmasının sağlayacaktır. Çalışmamızda, öncelikle sistem dinamiklerinin bir parçası olan N.D.D.’lerden faydalanılmış ardından elde edilen bulgular karar teorisinin bir kolu olan Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bulanık DEMATEL ile ele alınmıştır. Bu nedenle çalışmamız literatürde bir ilk olma özelliği taşıyacak ve literatüre katkı sağlayacaktır.

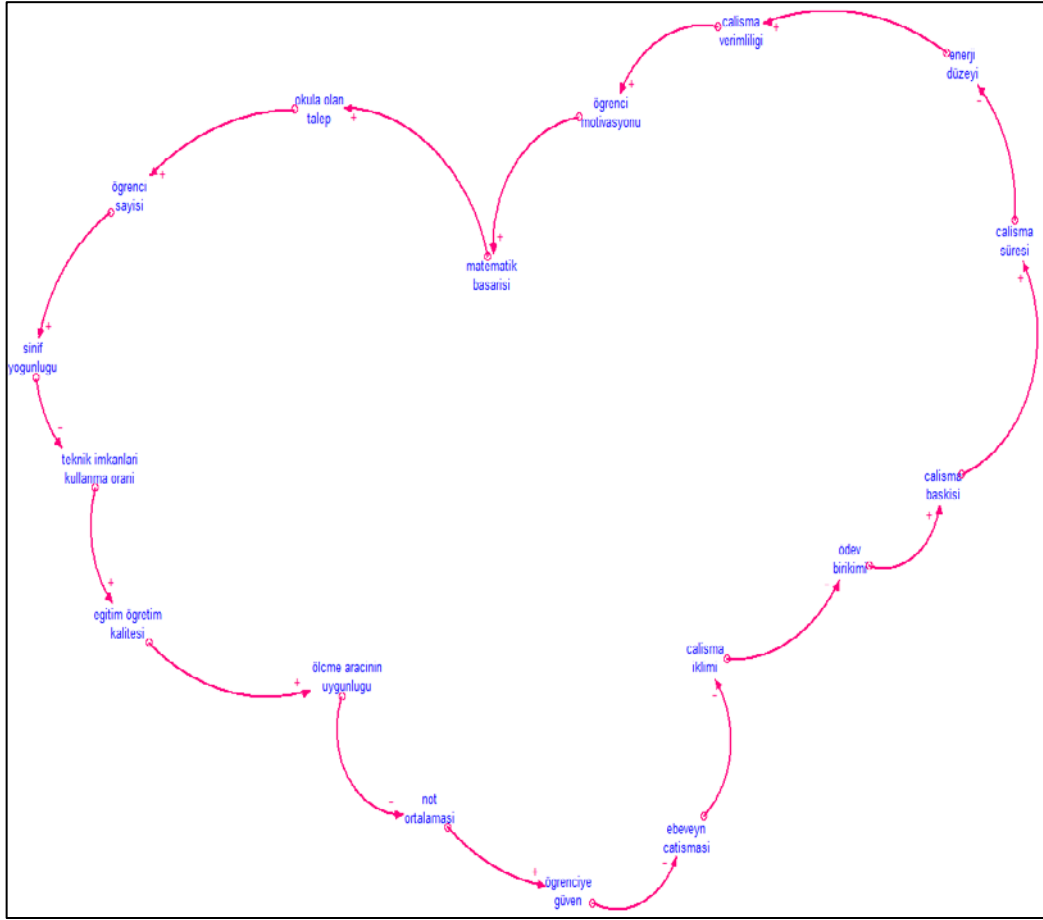
3.1. Verilerin Analizi

Verilerin Toplanması ve Modelin Oluşturulması

Literatür taraması ve öğretmen görüşmeleri sonucu elde edilen değişkenlerden faydalanılarak öncelikle öğrenci, ebeveyn (aile), okul ve öğretmen boyutları öğrenci-ebeveyn ve öğretmen-okul olmak üzere birleştirilmiş iki boyut haline getirilerek aşağıda gösterilen Şekil 8 ve Şekil 9’daki N.D.D.’ler elde edilmiştir

Şekil 11

Seçilen Pekiştirici Döngü



Seçilen döngü, pekiştirici bir döngü olmakla birlikte matematik başarısını sürekli artırma amacını taşımaktadır. Bu döngünün amacı, matematik başarısını söz konusu değişkenler yardımıyla sürekli artırmaktır. Döngüdeki değişkenler sürekli etkileşim içinde olduğu için pekiştirici olan değişkenin hangisi olduğu araştırılmıştır. Matematik başarısını sürekli artıran değişkenlerin tespitinin için çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmıştır. N.D.D.'deki değişkenlerin birbirini etkilemesi ve birbirinden etkilenmesinden dolayı yöntem olarak DEMATEL'e karar verilmiş, dilsel değişkenlerin gerçeği daha iyi yansıttığından dolayı da Bulanık DEMATEL versiyonu uygulanmıştır. Döngüdeki değişkenler matematik başarısını artıran birer kriter olarak ele alınmış ve aşağıdaki Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2*Değerlendirme Kriterleri*

Kriterler	
f1	Sınıf yoğunluğu
f2	Teknik imkanları kullanabilme
f3	Eğitim öğretim kalitesi
f4	Ölçme aracının uygunluğu
f5	Not ortalaması
f6	Öğrenci motivasyonu
f7	Çalışma verimliliği
f8	Öğrenciye güven
f9	Ebeveyn çatışması
f10	Çalışma iklimi
f11	Ödev birikimi
f12	Çalışma baskısı
f13	Çalışma süresi
f14	Enerji düzeyi
f15	Okula olan talep
f16	Öğrenci sayısı

Kriterler belirlendikten sonra N.D.D'leri oluşturan öğretmenlerden gönüllü üç tanesi seçilmiş, seçilen öğretmenlerin ortak kararlarıyla aşağıdaki Tablo 3'teki değerler Tablo 1'deki dilsel değişkenler yardımıyla elde edilmiştir.

Tablo 3*Karşılaştırma Matrisi*

	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	f10	f11	f12	f13	f14	f15	f16
f1		Ç	Ç	A	O	O	A	A	A	O	O	A	A	E	O	O
f2	Y		O	Y	Y	Ç	Y	Ç	Y	Ç	Y	Ç	Y	Y	Y	Y
f3	Ç	O		Ç	Y	Ç	Ç	Y	Y	O	Ç	Y	Ç	Y	Y	Ç
f4	Ç	A	A		Ç	Ç	O	A	O	A	A	O	O	O	Ç	O
f5	A	E	A	Ç		O	A	O	Ç	O	Ç	O	O	A	E	E
f6	O	A	O	Ç	Y		O	Ç	Ç	A	Ç	Ç	Y	Ç	Y	Y
f7	Y	A	O	Ç	Y	Ç		Ç	Ç	Y	Y	Ç	Ç	Y	Y	Y
f8	A	E	E	A	O	O	A		O	A	O	Ç	A	Ç	Ç	Ç
f9	Ç	A	A	O	Ç	O	O	Ç		A	O	O	A	O	Y	Ç
f10	Ç	A	O	Ç	Y	O	A	Ç	Ç		Ç	Ç	Ç	Ç	Y	Y
f11	O	A	A	O	A	A	A	O	O	A		O	O	Ç	Y	Y
f12	O	A	A	O	Ç	O	A	O	O	A	O		O	O	Ç	Ç
f13	A	A	A	O	Ç	A	A	O	A	A	O	O		O	Ç	Ç
f14	O	E	A	O	Ç	A	A	O	O	A	A	A	O		Ç	Ç
f15	A	E	E	A	O	A	A	A	A	E	A	A	A	A		O
f16	O	E	E	A	O	A	E	E	A	E	E	A	A	A	O	

Tablo 3'teki değerler Bulanık DEMATEL için yazılmış Matlab kodu yardımıyla çözülmüştür. Çözüm aşamalarından sonra elde edilen çözümler ışığında, etkileme gücü (D+R), etkilenme gücü (D-R) ve önem derecesinin (w) gösterildiği çözüm sonuçları aşağıda Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4*Sonuç Matrisleri*

	D+R	D-R	W
F1	3.20	-0.30	0.05
F2	3.36	1.63	0.06
F3	3.42	1.27	0.06
F4	3.28	-0.14	0.06
F5	3.50	-0.78	0.06
F6	3.59	0.47	0.06
F7	3.52	1.09	0.06
F8	3.00	-0.31	0.05
F9	3.38	-0,08	0.06
F10	3.21	0.87	0.06
F11	3.16	-0.21	0.05
F12	3.23	-0.17	0.06
F13	3.02	-0.24	0.05
F14	3.08	-0.40	0.05
F15	3.11	-1.35	0.06
F16	2.93	-1.33	0.06

Tablo 4’te faktörler, her bir faktörün etkileme gücü (D+R), etkilenme gücü (D-R) ile önem dereceleri gösterilmiştir. F6 (öğrenci motivasyonu) faktörünü ele alalım. Etkileme gücü puanına göre ilk sırada yer almış olup diğer değişkenleri en çok etkileyen değişken olarak değerlendirilebilir. Aynı şekilde F2 (teknik imkanları kullanabilme) faktörü de önem derecesi puanına göre ilk sırada yer alıp döngünün pekiştirici döngü olmasında diğer değişkenler arasında en yüksek öneme sahip faktör olarak tespit edilmiştir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Matematik, çok uzun yıllardır dünya genelindeki öğrencilerin büyük çoğunluğu için zor olarak görülmekte ve bu zorluk nedeniyle bu öğrencilerin birçoğu matematikten uzaklaşmaktadır. Bu korku ve sevmeme duygusunun altında tek neden aramak doğru olmamakla birlikte çoğu zaman problemi yanlış yöne de götürebilmektedir. Bu zorluğun üstesinden gelmek ve matematik başarısını artırmak için çok sayıdaki faktörün birlikte incelenmesi gerekmektedir. Karmaşıklık içeren, faktörlerin sürekli iç içe olduğu ve birbirini etkilediği eğitimsel problemlerdeki incelenecek faktörlerin doru şekilde seçilmesi ve seçilen faktörlerin uygun yöntemlerle ele alınması, problemin çözümü ve amaca ulaşılması açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, matematik başarısına etki eden faktörler hibrit Sistem Dinamikleri ve Bulanık DEMATEL yaklaşımıyla ele alınmıştır. Öğretmenlerle yapılan mülakatlar sonucunda matematik başarısına ilişkin N.D.D.’ler Sistem Dinamikleri yaklaşımıyla oluşturulmuştur. Oluşturulan diyagramların incelenmesi sonucu matematik başarısının artırması açısından oluşan döngülerden pekiştirici olan ve değerlendirmeyi yapan öğretmenler tarafından önemli görülen bir döngü seçilmiştir. Seçilen döngüdeki değişkenlerin, matematik başarısını artırmadaki durumlarının incelenmesi amacıyla bu değişkenlere Bulanık DEMATEL yaklaşımı analiz edilmiştir.

On altı faktörün analiz edildiği çalışmada diğer faktörleri etkileme güçleri, diğer faktörlerden etkilenme düzeyleri ve tüm faktörler arasındaki önem dereceleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, “Öğrenci Motivasyonu”, “Çalışma Verimliliği” ve “Eğitim öğretim kalitesi” değişkenleri sırasıyla etkileme gücü en yüksek olan üç değişken olurken “Teknik İmkanları Kullanabilme”, “Çalışma Verimliliği” ve “Eğitim öğretim kalitesi” değişkenleri de sırasıyla önem derecesi en yüksek üç değişken olarak tespit edilmiştir. “Okula Olan Talep”, “Öğrenci sayısı” ve “Not ortalaması” değişkenleri de sırasıyla etkilenme gücü en yüksek yani diğer değişkenlerden en çok etkilenen üç değişken olarak tespit edilmiştir.

Sistem Dinamikleri yaklaşımı ile matematik başarısını artırma stratejilerinin incelenmesi, hem literatürde bu alanda çalışmanın olmaması hem de konunun farklı yönden incelenmesi açısından önem arz etmektedir. Sonraki çalışmalarda, oluşan döngülerin tümü birlikte analiz edilip bu analiz sonuçları için farklı değerlendirmeler yapılabilir. Dört boyut (ebeveyn, öğrenci, okul ve öğretmen) ele alınabileceği gibi bu boyutlar ikiye ikiye olarak da değerlendirilebilir, önemli görülen farklı boyut ya da boyutlar da eklenebilir. Döngülerin analizi için karar teorisinin yanında optimizasyon tekniklerinin de kullanılabileceği farklı yöntemlerle hibrit çalışmalar yapılabilir. Mevcut değişkenler ya da bunlara eklenecek yeni değişkenler sayesinde stok akış diyagramlarına ilişkin model oluşturulabilir. Oluşturulan bu modeller elde edilecek verilerle çalıştırılıp stok yapılarındaki değişimler gözlemlenebilecektir. Söz konusu model sayesinde matematik başarısına ilişkin stratejiler geliştirilebileceği gibi geleceğe dönük önlemlerin alınması da sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

- Akarsu, B. (2017). *Modern öğretim teknolojisi ve materyal tasarımı*. Cinius Yayınları.
- Anderson, M. (2010). *Linking perceptions of school belonging to academic motivation and academic achievement amongst student athletes: A comparative study between high-revenue student athletes and non-revenue student athletes* [Yayımlanmış Doktora Tezi]. University of California.
- Arıkan, S. (2016). Factors contributing to mathematics achievement differences of Turkish and Australian students in TIMSS 2007 and 2011. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8), 2039-2059.
- Austin, G., & Bailey, J. (2008). What teachers and other staff tell us about California schools: Statewide results of the 2004-06 California school climate survey. Sacramento: *California Department of Education*.
- Bala, B. K., Arshad, F. M., & Noh, K. M. (2017). *System dynamics. Modelling and Simulation*, Springer, 274.
- Berkowitz, R., Moore, H., Astor, R. A., & Benbenishty, R. (2017). A research synthesis of the associations between socioeconomic background, inequality, school climate, and academic achievement. *Review of Educational Research*, 87(2), 425-469.
- Braxton, J. M., & Hirschy, A. S. (2005). Theoretical developments in the study of college student departure. *College student retention: Formula for student success*, 3, 61-87.
- Carpenter, W. A. (2000). Ten years of silver bullets: Dissenting thoughts on education reform. *The Phi Delta Kappan*, 81(5), 383-389.
- Carroll, J. B. (1963). A model of school learning. *Teachers college record*. 64(8), 1-9.

- Chen, J. K., & Chen, I. S. (2010). Using a novel conjunctive MCDM approach based on DEMATEL, fuzzy ANP, and TOPSIS as an innovation support system for Taiwanese higher education. *Expert Systems with Applications*, 37(3), 1981-1990.
- Chiang, Y. H. (2015). MCDM modelling on learning achievement determinants of undergraduate students in Taiwan. *International Journal of Education Economics and Development*, 6(2), 130-141.
- Darling-Hammond, L. (2000). Teacher quality and student achievement. *Education policy analysis archives*, 8, 1.
- Datta, S., Beriha, G. S., Patnaik, B., & Mahapatra, S. S. (2009). Use of compromise ranking method for supervisor selection: A multi-criteria decision making (MCDM) approach. *International Journal of Vocational and Technical Education*, 1(1), 007-013.
- Duru, E. & Balkıs, M. (2015). Birey-çevre uyumu, aidiyet duygusu, akademik doyum ve akademik başarı arasındaki ilişkilerin analizi. *Ege Eğitim Dergisi*, 16(1), 122-141.
- Ehrenberg, R. G., & Brewer, D. J. (1994). Do school and teacher characteristics matter? Evidence from high school and beyond. *Economics of Education Review*, 13(1), 1-17.
- Ehrenberg, R. G., & Brewer, D. J. (1995). Did teachers' verbal ability and race matter in the 1960s Coleman revisited. *Economics of Education Review*, 14(1), 1-21.
- Engelmann, S., & Carnine, D. (1982). *Theory of instruction: Principles and applications*. New York: Irvington Publishers.
- Fan, X., & Chen, M. (2001). Parental involvement and students' academic achievement: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 13(1), 1-22.
- Fisher, D. M. (2018). *Reflections on Teaching System Dynamics Modeling to Secondary School Students for over 20 Years*. *Systems*, 6(12).
- Forrester, J. W. (1969). *Urban Dynamics Cambridge*. MIT Press: MA, USA.
- Foster, M. A., Lambert, R., Abbott-Shim, M., McCarty, F. V. & Franze, S. (2005). A model of home learning environment and social risk factors in relation to children's emergent literacy and social outcomes. *Early Childhood Research Quarterly*, 20(1), 13-36.
- Green, R. (2000). Natural forces: How to significantly increase school performance in the third millennium. *Unpublished manuscript*.
- Gupta, S., & Gupta, A. (2013). The Systems Approach in Education. *International Journal of Management, MIT College of Management*, 52-55.
- Hancock, D. R. (2001). Effects of test anxiety and evaluative threat on students' achievement and motivation. *The Journal of Educational Research*, 94(5), 284-290.
- Hanushek, E. A. (1986). The economics of schooling: Production and efficiency in public schools. *Journal of economic literature*, 24(3), 1141-1177.
- Hanushek, E. A. (1996). A more complete picture of school resource policies. *Review of Educational Research*, 66(3), 397-409.
- Hanushek, E. A. (1996). School resources and student performance. *Does money matter? The effect of school resources on student achievement and adult success*, 43-73.

- Herreras, E. B. (2017). Risk low math performance PISA 2012: Impact of assistance to early childhood education and other possible cognitive variables. *Acta de Investigación Psicológica*, 7, 2606-2617.
- Heyneman, S. P. & Loxley, W. A. (1983). The effects of primary school quality on academic achievement across twenty-nine high- and low-income countries. *American Journal of Sociology*, 88(6), 1162-1194.
- Ho, W., Dey, P. K., & Higson, H. E. (2006). Multiple criteria decision-making techniques in higher education. *International journal of educational management*, 20(5), 319-337.
- Jones-White, D. R., Radcliffe, P. M., Huesman, R. L., & Kellogg, J. P. (2010). Redefining student success: Applying different multinomial regression techniques for the study of student graduation across institutions of higher education. *Research in Higher Education*, 51(2), 154-174.
- Kaya, S. (2008). The effects of student-level and classroom-level factors on elementary students' science achievement in five countries [Yayımlanmış Doktora Tezi]. Florida State University. <https://www.proquest.com/openview/e7167615d13ae6143852c0163cfd084d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>
- Lin, C. J. & Wu, W. W. (2008). A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 34(1), 205-213.
- Lonsdale, M. (2003). *Impact of School Libraries on Student Achievement: A Review of the Research*. For full text: <http://www.asla.org.au/research/>
- Ma, X. & Willms, D. J. (2004). School disciplinary climate: Characteristics and effects on eight grade achievement. *The Alberta journal of Educational Research*, 50(2), 169-188.
- Marchant, G. J., Paulson, S. E., & Rothlisberg, B. A. (2001). Relations of middle school students' perceptions of family and school contexts with academic achievement. *Psychology in the Schools*, 38(6), 505-519.
- Martin, L. A., (1997b), *Road Map 2: An Introduction To Feedback*. MIT System Dynamics In Education Project. <http://static.clexchange.org/ftp/documents/roadmaps/RM2/D-4691>
- Merry, J. J. (2013). Tracing the U.S. deficit in PISA reading skills to early childhood: Evidence from the United States and Canada. *Sociology of Education*, 86(3), 234-252.
- Mustafa, A., & Goh, M. (1996). Multi-criterion models for higher education administration. *Omega*, 24(2), 167-178.
- Nuhoğlu, H. (2008). *İlköğretim fen ve teknoloji dersinde sistem dinamiği yaklaşımının tutuma, başarıya ve farklı becerilere etkisinin araştırılması* [Yayımlanmış Doktora Tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Osterman, K. F. (2000). Students' need for belonging in the school community. *Review of Educational Research*, 70(3), 323-367.
- Özkan, R. (2004). Öğretmen yeterlikleri üzerine bazı düşünceler. *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi*, 54, 46-50.
- Perkhounkova, E., Noble, J., & McLaughlin, G. W. (2006). Factors related to persistence of freshmen, freshman transfers, and nonfreshman transfer students. *AIR Professional File*, 99, 1-9.

- Pholphirul, P. (2017). Pre-primary education and long-term education performance: Evidence from programme for international student assessment (PISA) Thailand. *Journal of Early Childhood Research*, 15(4), 410-432.
- Polat, M. (2019). *TIMSS 2015 matematik ve fen duyuşsal özellik modellerinin kültürlere, cinsiyete ve bölgelere göre ölçme değışmezliğinin incelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Pramanik, S., & Mukhopadhyaya, D. (2011). Grey relational analysis based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision-making approach for teacher selection in higher education. *International Journal of Computer Applications*, 34(10), 21-29.
- Román, M., & Murillo, J. F. (2011). Latin America: School bullying and academic achievement. *CEPAL Review No.104*, 37-53.
- Sanders, W. L., Wright, S. P., & Horn, S. P. (1997). Teacher and classroom context effects on student achievement: Implications for teacher evaluation. *Journal of personnel evaluation in education*, 11(1), 57-67.
- Sezen, H. K. & Günal, M. (2009), *Yöneylem araştırmasında benzetim*. Ekin Yayınevi.
- Smith, P. K. (2006). Tackling violence in schools: A European perspective. C. G. Violencereduction in schools – How to make a difference (s. 11-22). Strasbourg: *Council of Europe*.
- Snyder, K. J., Acker-Hocevar, M., & Snyder, K. M. (2008). *Living on the edge of chaos: Leading schools into the global age*. ASQ Quality Press.
- Sterman, J. D. (2000), *Business Dynamics Systems Thinking And Modelling In A Complex World*. Mcgraw-Hill.
- Suh-Ruu, O. & Reynolds, A. J. (2004). *Preschool education and school completion, encyclopedia on early childhood development*. Centre of Childhood Development.
- Walberg, H. J., & Paik, S. J. (2000). Effective Educational Practices. *Educational Practices Series-3*.
- Wang, M. T., Degol, J. V & Ye, F. (2015). Math achievement is important, but task values are critical, too: examining the intellectual and motivational factors leading to gender disparities in STEM careers. *Frontiers in psychology*, 6(36).
- Wenglinsky, H. (2001). Teacher classroom practices and student performance: How schools can make a difference. *ETS Research Report Series*, 2001(2).
- Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2000). Expectancy–value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 68-81.
- Wittrock, M. C., & American Educational Research Association. (1986). *Handbook of research on teaching: a project of the American Educational Research Association*. Macmillan; Collier-Macmillan,
- Wolstenholme, E. F. (1990). *System enquiry: a system dynamics approach*. John Wiley & Sons, Inc. Chichester, England.
- Yatağan, M. (2014). *Fen ve teknoloji dersi öğretim programının öğrenci ve öğretmen özelliklerine göre değeriendirilmesi: TIMSS 2007 ve 2011 verileri ile bir durum analizi* [Doktora Tezi]. Gazi Üniversitesi.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Today, where technological developments are experienced rapidly and effectively, universities constitute one of the most important building blocks of developing and developed countries. Universities, which train individuals to operate in almost every field from technology to health, from production to social issues, are constantly evolving to comply with today's conditions and raise qualified people. Thanks to this development, they directly contribute to the development levels of states by blending the qualified manpower that countries need and the technological developments that enable them to keep up with the times. Achieving all these is directly proportional to the fact that universities train competent and well-equipped individuals in their fields, and therefore the success of the students educated.

The system dynamics approach has yielded effective results in many areas. After its impact was seen in business, finance, engineering, environment, climate, agriculture, etc., it started to be used effectively in education fields. As in many branches of science, there are many studies on the system dynamics approach in the field of educational sciences. In most of these studies, system dynamics and system approach were integrated into the course and included in the lesson plan. Although it is widely used in many fields from accounting to science education, it has been observed that it is not used much in mathematics education.

In our study, which possesses both qualitative and quantitative research characteristics due to the researcher's interpretation-dependent selection of variables and the method-based evaluation of interactions, the question of 'which variables have the greatest impact on students' mathematics achievements and are of utmost importance in attaining this success' has been explored. In this context, Causal Loop Diagrams (C.L.D) related to improving mathematical achievement were formulated and examined. By investigating these C.L.D. 's, the aim was to explore the reinforcing variable in the feedback loop for enhancing mathematical achievement. The variables in this loop were examined and ranked both in terms of their importance and their power to influence other variables.

Methods

From the past to present, dozens of studies have been conducted on students' mathematics achievement, and each time, the factors affecting students' mathematics success have been examined separately and results have been obtained. Although the factors mentioned in the literature are interrelated, the number of studies evaluating all or most of them together is quite low. It is clear that different and relatively healthier results can be obtained by using the method or methods that can be used to obtain solutions by considering the factors that affect students' success in mathematics and associating these factors with each other. In this study, it is aimed to use a different method in which the factors affecting students' mathematics success can be evaluated together.

Causal Loop Diagrams (C.L.D) consisting of student, family, school and teacher dimensions were created with System dynamics, which allows us to examine the behavior of the system with qualitative and quantitative models. Among the cycles obtained from these diagrams, the ones containing most of the variables affecting students' mathematics achievement were examined and it was decided to analyze a reinforcing cycle among these cycles. The variables that make up the cycle were evaluated as factors affecting students' mathematics achievement, and these interrelated factors were examined from multiple perspectives with the help of Fuzzy DEMATEL, one of the Multi-Criteria Decision Making techniques. In this way, many factors affecting students' mathematics success were evaluated together, and among these, the factors that most affected students' mathematics success and were most affected by other factors in students' mathematics success were obtained.

Results

In this study, it was determined that a reinforcement loop diagram selected from among the C.L.D.s created to determine strategies to increase students' mathematics achievement, was the important variable in increasing student success. Since the variables in C.LD interact with each other, the variables were evaluated with Fuzzy DEMATEL. Researching mathematics achievement has been one of the issues that states attach importance to for many years. Many studies have been carried out in this field. Mathematics achievement, which poses a problem for developing countries and some developed countries, has brought with it different solution methods and studies in different disciplines. Depending on technological developments, recent studies have diversified and many different operations research methods have been used, from data mining to artificial neural networks, from decision theory to machine learning.

The fact that System Dynamics has not yet been used in the field of researching mathematics achievement has created a deficiency due to the nature of the problem. Addressing the mathematics achievement problem, which has a dynamic and complex structure and most importantly, a systemic problem, with an appropriate method will ensure that the solutions are more realistic. In our study, firstly C.L.Ds, which are a part of system dynamics, were used and then the findings were discussed with Fuzzy DEMATEL, a branch of decision theory. For this reason, our study will be the first in the literature in this respect and will contribute to the literature.

Conclusion and Discussion

In the study where sixteen factors were analyzed, the power of these factors to influence other factors, their level of influence from other factors and their importance levels among all factors were obtained. According to the results obtained, the variables "Student Motivation", "Working Efficiency" and "Education and Training Quality" are the three variables with the highest influencing power, respectively, while the variables "Ability to Use Technical Facilities", "Working Efficiency" and "Education and Training Quality" are also important, respectively. were determined as the three variables with the highest degree. The variables "Demand for School", "Number of Students" and "Grade Average" were determined to be the three variables with the highest influence, respectively.

Examining strategies to increase mathematics achievement with the System Dynamics approach is important both because there is no study in this field in the literature and because the subject is examined from a different perspective. In subsequent studies, all the resulting cycles can be analyzed together and the results of the analysis can be evaluated. Four dimensions (parent, student, school, and teacher) can be considered, or these dimensions can be evaluated two by two, and different dimensions deemed important can be added. Hybrid studies can be carried out with different methods in which optimization techniques as well as decision theory can be used to analyze the cycles.