

Evaluation of the middle school students' understanding level of basic system concepts

Hasret NUHOĞLU¹

ABSTRACT. System dynamics is a well formulated methodology for analyzing a system that includes cause-effect relationships, their underlying logic, time delays, and feedback loops. The method initially emerged in the business and industrial applications, but now it is increasingly being used in many other disciplines. Having been inspired by successful policy changes in many fields, the system dynamics researchers targeted to apply the system dynamics approach in the educational field too. The first aim of this study is to teach system concepts such as stocks, flows and causal relationships to secondary school students and to evaluate the competence of the students' understanding capacity depending on their grade level. Another aim of this study is to determine the problems encountered by middle school students in learning system components. The system components were taught in six lesson hours by using four different scenarios. For each scenario, students modeled the system explained in the story using Stella software, and tested their models. In this study, a non-experimental quantitative research design was applied. The data were based on unstructured interviews and observations of the researcher. The conclusion of the study is that components of system dynamics can be communicated to middle school students in six lesson hours.

Key words: System thinking, System dynamics, Stella software, teaching and learning methods

SUMMARY

Purpose and significance: System Dynamics is a well formulated methodology for analyzing a system that includes cause-effect relationships, time delays, and feedback loops. Historically the methodology firstly emerged in the business and industry world (Forrester 1961), but now educational research areas are also affected like many other disciplines. Having been inspired by successful policy changes in many fields, system dynamics researchers targeted to apply the system dynamics approach in the educational field too.

The aim of the study is to teach system concepts such as stock, flow and cause-effect relationship in an introductory lesson of six hours and to evaluate students' understanding level in middle school. In the introductory lesson 4 different scenarios were taught to the students. First three scenarios contain basic stock and flow relationships without any causal relation. The fourth scenario contains cause-effect relationship. Modeling competence of the students was examined by grade level. There is a remarkable increase in the interest and understanding level of the students in the lessons that use system dynamics approach. Another aim of this study is to determine the problems encountered when teaching system dynamics.

Method: In this study, a non-experimental quantitative research design was applied. This research practice is called survey modeling (Cohen, Manion, and Morrison, 2000). It is used as an unstructured interviews and observations while collecting data from sample.

¹ Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Eğitimi ABD, Ankara hasret.nuhoglu@gmail.com

The sample of this research is 30 students studying in the middle school in the fall semester of 2007-2008. The number of students at each of the three grade levels is 10. The data was collected by the researcher in six hours of introductory lessons and two hours of interviews with 30 middle school students in computer laboratory. Firstly, system dynamics approach was introduced to students. Then basic system concepts (stocks, flows, cause-effect relationship) were taught with different four scenarios. Students learned system components while they built several system models related to the scenarios using Stella software. Students saved their models in computer step by step by the instruction of the researcher. The saved data and models were evaluated by the researcher according to six criteria: understanding scenarios, determining stocks and flows, establishing mathematical equations, graphing and interpreting graphics. These criteria were summarized with respect to grade levels. The data was analyzed with descriptive statistics. Results of statistical analysis were supported by student interviews about the course.

Results: This study shows that middle school students are able to learn basic system components in six hours. Although students did not know modeling with Stella program before, they learned the program easily in six hours. In introductory lesson, students were presented with four scenarios. First three scenarios contained stock-flow relationship without any feedback. The last scenario included cause and effect relationship with feedback in itself. In the last scenario students struggled hard to determine cause and effect relationship and to find out the converter variables. In the first three basic scenarios, they determined stock and flows pretty easily. It was observed that modeling competence of students increased in proportion with grade level.

Discussion and conclusion: Students learned basic system components in six lesson hours with four different scenarios. They had some difficulties about complex scenarios containing cause and effects relationships, although they could easily determine the stock and flow variables in a system. The reason of these results might be related to mathematical equations. Students not knowing mathematical relations between concepts cannot easily test the model. Knowing mathematical relations may be important for testing models. Students should be trained with various scenarios that contain feedback loops, in order to learn systems thinking meaningfully and completely.

İlköğretim Öğrencilerinin, Sistem Kuramının Temel Elemanlarını Anlama Düzeylerinin Değerlendirilmesi

Hasret NUHOĞLU²

ÖZ. Sistemlerin zamanla nasıl değiştiğini anlamak için kullanılan bir yöntem olan sistem dinamiği, eğitim dışı alanlarda uzun süreden beri uygulanmaktadır. Sistem dinamiği çalışmaları mühendislik, işletme yönetimi, ekonomi ve fizik, kimya, biyoloji gibi temel bilim alanlarında önemli gelişmelere sebep olmuştur. Bu gelişmelerden etkilenen araştırmacılar eğitimin kalitesini artırmak amacıyla sistem dinamiği yaklaşımını eğitim alanlarına da uygulamaya başlamışlardır. Bu çalışmanın bir amacı, sistem dinamiği yaklaşımını kısaca tanıtarak sistemin temel elemanlarını örnek senaryolar ve STELLA programı yardımıyla anlatmaktır. Çalışmanın diğer bir amacı ilköğretim öğrencilerinin sistem dinamiği yaklaşımının temelini oluşturan stok, akış, sebep-sonuç ilişkisi gibi kavramları 6 saatlik bir tanıtım dersi ile ne derece anlayabildiklerini görebilmektir. Bu araştırmada, öğrencilerin sistemin elemanlarını tanımaya yönelik 4 farklı senaryo üzerinde bir sistemi nasıl modelledikleri gözlemlenerek, modelleme becerilerinin sınıf düzeylerine göre arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma, öğrencilerin sistemin elemanlarını senaryolar üzerinde öğrenirken karşılaştıkları sorunları göz önünde bulundurarak öneriler getirmektedir.

Anahtar Sözcükler: Sistem düşüncesi, Sistem dinamiği, , STELLA programı, öğretim ve öğrenme yöntemi

GİRİŞ

Sistemlerin zamanla nasıl değiştiğini anlamak için kullanılan disiplinler arası bir metodoloji olan sistem dinamiği, eğitim dışı alanlarda uzun süreden beri uygulanmaktadır. Sistem dinamiği çalışmaları mühendislik, işletme yönetimi, ekonomi ve fizik, kimya, biyoloji gibi temel bilim alanlarında önemli gelişmelere sebep olmuştur (Serman, 2000). Bu gelişmelerden etkilenen araştırmacılar eğitimin kalitesini artırmak amacıyla sistem dinamiği yaklaşımını eğitim alanlarına da uygulamaya başlamışlardır.

Sistem dinamiğine dayalı ilk eğitim bilimi çalışmaları (Forrester, 1996), bu sahada da ciddi sonuçlar elde edilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Sistem dinamiği yaklaşımının uygulandığı okullarda, öğrenciler okul dışı zamanlarda bile dersleriyle ilgili gönüllü projeler yürütmüşler, zaman zaman kendi velilerini de ders projelerine katacak kadar müfredata ilgi duyar hale gelmişlerdir.

Sistem dinamiği yaklaşımı dört temel özellik üzerinde odaklanmıştır. Bunlardan ilki, bütün dinamik davranışların, akışlar ile bunların toplandığı stoklarla temsil edilebilmesidir. Örneğin bir su havuzu sisteminde, havuz stok, havuzu dolduran veya boşaltan musluklar akıştır. İkinci temel özellik, sistemdeki stok ve akışların geribesleme döngüleri içinde olmasıdır. Geribesleme, sebep-sonuç ilişkilerinin ilk çıktığı kaynağa geri dönmesidir. Üçüncü temel özelliğe göre herhangi bir sistemdeki sebep-sonuç ilişkileri, doğrusal olmayan biçimlerde birleşir. Yani, sistemin stokları hakkındaki geri besleme ilişkileri, stokları kendileriyle doğru orantılı olmayan şekilde etkiler. Son temel özellik ise, sistemin doğasında olan ve birbiriyle etkileşim içindeki akışlar, geribesleme döngülerinin ve doğrusal olmayan ilişkilerin oluşturduğu ağın dinamik davranışının analitik olarak çözülememesidir. Bu nedenle karmaşık sistemlerin dinamik davranışını ortaya çıkarmak için bilgisayar simülasyonu zorunludur (Serman, 2000; Barlas 2002).

Sistem dinamiği, bilgisayar simülasyonu vasıtasıyla gerçeğin zihinsel modelleri hakkında varsayımları test etmek için öğrencilere bir geri besleme kaynağı sağlar. Bilgisayar simülasyonu bilgisayarda uygulanan sayısal hesaplamalar vasıtasıyla sistem davranışının adım adım ortaya çıkarılmasıdır. Bir sistem dinamiği modeli sistemin yapısını temsil eder. Bu modelin simülasyon temsili oluşturulduğunda ve başlangıç şartları sağlandığında bir gerçek dünyadaki değişkenlerin davranışını simüle edebilir. İyi bir model gerçek dünyanın tümünü değil, bazı yönlerini taklit etmeye teşebbüs eder. Gerçek dünya zamanda geri dönmeye ve bir şeyleri değiştirmeye izin

² Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Eğitimi ABD, Ankara hasret.nuhoglu@gmail.com

vermezken, simülasyon öğrencilere sistemin yapısını değiştirme ve pek çok farklı koşulda sistemin davranışını analiz etme gücü verir. Bilgisayar simülasyonu sadece öğrencilerin gerçek yaşamı gözlemlemesini zorlayan sistemleri modellemek için yararlı değildir aynı zamanda gerçek deneylerle birleştiğinde öğrenme sürecinde de çok etkilidir (Forrester, 1995; Martin, 1997a; Sterman, 2000).

Sistem dinamiği yaklaşımı kullanılarak mikro-dünya (microworld) olarak adlandırılan simülasyon ortamları oluşturulur. Bu ortamı kullanan öğrenciler, gerçek dünyanın yerine bu model üzerinde deneyler yaparlar. Deneyler bilgisayar kullanılarak yapıldığından, çok sayıda alternatif senaryo farklı parametreler kullanılarak test edilebilir. Böylece öğrenci, farklı koşullarda, sistem dinamiği yaklaşımının nasıl işlediğini yaşayarak öğrenir. Öğrenci başka türlü görme imkanı bulamayacağı deneyleri bu mikro dünya ortamında gözlemleyebilir. Bilgisayar ortamında simülasyon deneyleri, Powersim (1999), Vensim (1999), STELLA (2000), ithink (2000), Extend (2000) gibi çeşitli yazılımlar vasıtasıyla yapılır (Martin, 1997a; Alessi, 2000). İlköğretim öğrencileri için genellikle STELLA (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation) programı önerilir (Brown, 1992; Forrester, 1996). Stella, sistemdeki değişkenlerin nicel etkileşimlerini gözlemlemeyi, sistemin çatısını ve grafiksel arayüzünü kolay anlamayı sağlayan, stok (stock), akış (flow), ara değişken (dönüştürücü= converter) ve bağlayıcı (connector) elemanlarından oluşan bir simülasyon geliştirme ve icra programıdır (Martin, 1997a). Grafiksel arayüz kullanılarak fizik, kimya, biyoloji ve sosyal bilimlere ait sistemler tanımlanabilir ve analiz edilebilir.

STELLA programı ile model oluşturma

STELLA programının model oluşturma bölümü 4 elemandan meydana gelir. Bunlar: stok, akış, ara değişken ve bağlayıcıdır.



STOK: Sistemin mevcut durumunu gösteren birikimli değişkenlere verilen isimdir. Bir küvet sistemini düşünelim. Küvete bir musluktan suyun geldiğini ve küvetin altındaki delikten suyun boşaldığını hayal edelim. Bu sistemin herhangi bir andaki resmini çekersek sistemin mevcut durumunu görebiliriz. Küvet sisteminin bir andaki mevcut durumu küvetteki su miktarıdır, yani suyun stokudur.



AKIŞ: Akış, stokun değişim hızıdır. Küvet örneğinde akış suyun musluk vasıtasıyla küvete girmesi veya kanal vasıtasıyla küvetten çıkmasıdır. Birim zamanda giren veya çıkan su miktarı, akış değişkenlerini oluşturur.

Stok ve akış arasındaki fark nedir? Stoklar birikimlerdir. Sistemin herhangi bir andaki mevcut durumunu ortaya koyar. Eğer küvetin resmini çekerseniz su seviyesini kolaylıkla görebilirsiniz. Suyun birikmiş hacmi stoktur. Stok herhangi bir anda sistemin şartlarını tanımlar. Stok birdenbire değişiklik göstermez, stoktaki değişim zamanla dereceli bir şekilde gerçekleşir. Akış birim zamandaki değişim miktarı veya başka bir deyişle değişimin hızı demektir. Musluktaki su küvete doğru akar veya su deliklerden dışarı boşalır. Akış stoku artırır veya azaltır. Zamanla değişen tüm sistemler sadece stok ve akış kullanılarak modellenir (Martin, 1997b; Barlas 2002).



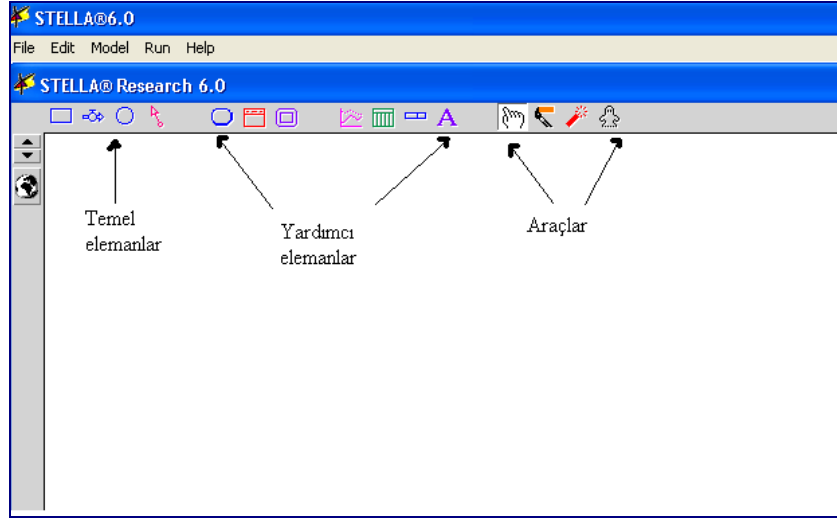
ARA DEĞİŞKEN (DÖNÜŞTÜRÜCÜ): Ara değişkenler, aslında akışın bir parçasıdır. Fakat modeli daha anlaşılır kılmak için, gerçek dünyada birbirinden farklı anlamlarla tanımlanan öğeleri, tek bir akış değişkeni içinde toplamak yerine birbirinden ayrı değişkenler olarak tanımlamak daha elverişlidir. Veri girdisini almak, değişkenler arasındaki çok karmaşık denklemleri parçalara ayırıp basitleştirmek ve bazı çıktı değişkenleri tanımlamak için kullanılır. Küvet örneğinde suyun akışını kontrol eden vananın çapı, giren suyun basıncı gibi değişkenler ara değişkenler olarak tanımlanabilir. Bu ara değişkenler, içeri su akışını yani birim zamanda musluktan küvete giren su miktarını belirleyecek bir fonksiyonun parçalarıdır.



BAĞLAYICI: Akışların veya ara değişkenlerin arasındaki sebep sonuç ilişkilerini gösterir.

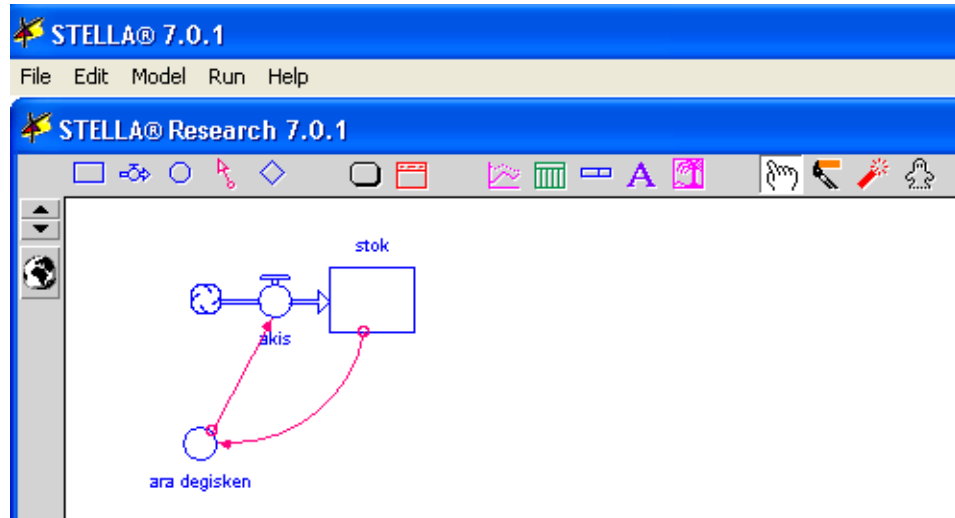
STELLA programına ait temel öğelerin nasıl bir ilişki içinde olduğu Şekil 1’de gösterilmektedir (Martin, 1997a).

Şekil 1’de STELLA programında yer alan temel ve yardımcı elemanlar gösterilmektedir. Temel elemanlar ile sistem modellenir, yardımcı elemanlar ile modelle ilgili ayrıntılı bilgilere ulaşılır (model çıktısını grafikte veya tablo ile ifade etmek gibi). Araçlar ise modelimizi silmek veya işaretlemek için kullanılır.



Şekil 1. STELLA elemanlarının gösterimi



Şekil 2’ de STELLA programı ile sistem elemanlarının nasıl çizildiği gösterilmektedir. Şekiller ekrana sürüklenir sonra da isimleri yazılır.



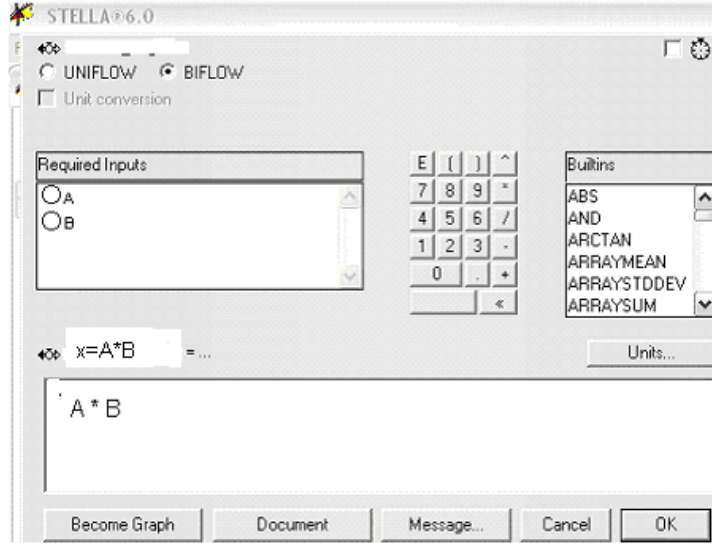
Şekil 2. STELLA ile model oluşturma

STELLA programı ile modeli test etme

STELLA programının modeli test etme bölümünde geliştirilen modelin matematiksel eşitlikleri yazılır ve modelin doğru bir şekilde geliştirilip geliştirilmediği test edilir. Ayrıca modelin grafiği çizilerek model hakkında daha fazla bilgi edinilir.


STELLA programında modelleme yaptıktan sonra öğrenci sol üst köşedeki  işaretini değiştirir ve işaret  olduğunda her bir sistem elemanının üzerinde bir soru işareti belirir. Bu işaret sisteme matematiksel eşitliklerin ilave edilmesini istemektedir. Her bir elemanın üzerine iki defa tıkladığında karşımıza eşitlikleri yazmamızı sağlayacak bir pencere açılır. Aşağıdaki

pencerede A ve B gibi iki ara değişkenin matematiksel bağıntısı örnek olarak gösterilmektedir. Her bir kavram için bu pencere açılmaktadır. Şekil 3'te kavramlar arasındaki matematiksel denklemlerin nasıl yazıldığı gösterilmiştir.



Şekil 3. STELLA ile matematiksel denklemleri yerleştirme

Modelin matematiksel denklemleri de hazırlandıktan sonra, sistemle ilgili grafik elde

edilebilir. Grafiği çizebilmek için STELLA programında  butonuna basmak yeterlidir. Grafik ekrana çıktıktan sonra üzerine iki defa tıkladığında seçmek istenilen parametreleri belirtmek için bir sayfa açılır. Parametreleri seçtikten sonra modelin grafiği çizilir daha sonra öğrenci bu grafikleri yorumlayarak geliştirdiği modeli ayrıntılı bir şekilde inceler ve doğruluğunu test eder.

Amaç

Bu çalışmanın amacı, ilköğretim öğrencilerinin sistem dinamiği yaklaşımının temelini oluşturan stok, akış, geribesleme gibi elemanları 6 saatlik bir tanıtım dersi ile ne derece anlayabildiklerini görebilmektir. Bu amaçla, öğrencilerin sistemin elemanlarını tanımaya yönelik 4 farklı senaryo üzerinde bir sistemi nasıl modelledikleri gözlemlenerek modelleme becerileri sınıf düzeylerine göre tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile, sistemin elemanlarını senaryolar üzerinde öğrenirken öğrencilerin karşılaştıkları sorunları tespit etmek hedeflenmiştir.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Araştırma deneysel olmayan nicel araştırma tasarımına sahiptir. Araştırma yapılış yöntemine göre tarama modelindedir (Cohen, Manion ve Morrison, 2000). Araştırmada, örneklemden verilerin toplanması bakımından gözlem ve yapılandırılmamış görüşme tekniklerinden yararlanılmıştır (Karasar, 2002).

Araştırmanın Örneklemi

Araştırmanın örneklemini, ilköğretim altıncı, yedinci ve sekizinci sınıflarında öğrenim gören 30 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışma grubundaki öğrenciler, bir ilköğretim okulundan rastgele seçilerek oluşturulmuştur.

Araştırmanın uygulama basamakları

Araştırma verileri, 30 öğrencinin katıldığı öğrenci grubu ile bir bilgisayar laboratuvarında 6 saat uygulama, 2 saat öğrencilerle görüşmeler yapılarak elde edilmiştir.

1. Araştırma kapsamında öğrencilere ilk önce sistem dinamiği ve sistem düşüncesi tanıtılmıştır.
2. Sistemin elemanları (stok-akış ve sebep sonuç ilişkileri) örnekler ile açıklanmıştır (Örnek: Bir ormanda yaşayan tavşan sayısı stokken, doğumlar içeriye akış, ölümler dışarıya akıştır).
3. Öğrencilere stella programı tanıtılmış ve bu program ile dinamik bir sistemin nasıl modelleneceği hakkında bilgi verilmiştir.
4. Öğrenciler iki kişilik gruplara ayrılmıştır. Öğrencilerin çalışma arkadaşlarını seçmelerine izin verilmiştir.
5. Çalışmanın ilk kısmında öğrencilere senaryonun içeriği hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra, öğrencilere senaryoyla ilgili sorular sorularak, senaryoyu ne derecede anladıkları araştırmacı tarafından izlenmiştir.
6. Senaryonun öğrenciler tarafından anlaşılmasından sonra, her öğrenci senaryo ile ilgili modelini stella programı yardımıyla oluşturmaya başlamıştır.
7. Stella programını öğrenen öğrenciler, daha sonra grup arkadaşı ile birlikte, dört farklı senaryo üzerinde, modellerini geliştirmişlerdir. Her bir senaryoda aynı çalışma süreci izlenmiştir.
8. Öğrenciler geliştirdikleri modelleri, aşama aşama bilgisayarlarına kaydetmişlerdir.
9. Ders bitiminde öğrenciler arasından rastgele seçilmiş 15 öğrenci ile yapılandırılmamış görüşmeler yapılmıştır.
10. Ders sonunda öğrencilerin oluşturdukları modeller ve çizdikleri grafikler araştırmacı tarafından incelenerek sınıf düzeylerine göre değerlendirilmiştir.

Araştırma sürecinde gözlemler, model kayıtları ve görüşmelerle elde edilen veriler 6 kriter ile ifade edilmiştir. Bu kriterler şunlardır:

Senaryoyu anlama: Öğrencinin senaryoda neden bahsedildiğini ve soruda ne istendiğini anlama derecesini ölçmektedir. Bu kriterle ilgili veriler nitel gözlem yoluyla elde edilmiştir. Öğrencilere modelleme esnasında senaryoda neden bahsedildiği ve onlardan senaryoyla ilgili ne istendiği sözlü olarak sorulmuş, öğrencilerden alınan cevaplar araştırmacı tarafından kaydedilmiştir.

Stok değişkenlerini belirleme: Öğrencinin sistemdeki stok değişkenlerini doğru belirleme derecesini ölçmektedir. Bu ölçütle ilgili veriler öğrenci model kayıtlarından elde edilmiştir. Ders esnasında adım adım kaydedilen modeller daha sonra araştırmacı tarafından incelenerek sınıf düzeylerine göre değerlendirilmiştir.

Akış değişkenlerini belirleme: Öğrencinin sistemdeki içeri ve dışarı akışları doğru belirleme derecesi ölçülmektedir. Bu ölçütlerle ilgili veriler öğrenci model kayıtlarından elde edilmiştir.

Sayısal parametreleri yerleştirme: Öğrencinin senaryo ile ilgili soruda verilen sayısal parametreleri model üzerinde doğru yerleştirebilme derecesi ölçülmektedir. Bu ölçütlerle ilgili veriler öğrenci model kayıtlarından elde edilmiştir.

Grafik çizme: Öğrencinin geliştirdiği modelin grafiğini doğru çizebilme derecesi ölçülmektedir. Bu ölçütle ilgili veriler öğrenci model kayıtlarından elde edilmiştir.

Grafiği yorumlama: öğrencinin çizdiği grafiğin ne anlama geldiğini yorumlayabilme derecesi ölçülmektedir. Bu ölçütle ilgili veriler öğrencilerle model bitiminde görüşmeler yapılarak elde edilmiştir.

Aşağıda her bir senaryo için şu bilgilere yer verilmiştir:

1. Öğrencilere sunulan her bir senaryonun içeriği ve senaryo ile ilgili soru,
2. Öğrencilerin ders bitiminde ulaşması gereken senaryonun doğru modeli, sayısal parametreleri ve grafiği,

3. Öğrencilerden gözlemler ve model kayıtları ile elde edilen verilerin sınıf seviyelerine göre değerlendirilerek oluşturulan tablo. Bu tablolarda her bir ölçüt için doğru, yanlış ve kısmen doğru cevaplayan öğrenci sayıları yer almaktadır.

Araştırmacının Rolü

Sistem dinamiğini, sistem ve sistemin elemanlarını örneklerle açıklayan araştırmacı, stella programının nasıl kullanıldığı hakkında bilgi verdikten sonra, öğrencilerin grup arkadaşları ile birlikte çalışmalarına olanak sağlamıştır. Modelleme esnasında öğrencileri gözlemlemiş ve gözlemlerden elde ettiği sonuçları model kayıtları ile birleştirerek, öğrencilerin modelleme becerilerini altı ölçütü (senaryoyu anlama, stok değişkenlerini belirleme, akış değişkenlerini belirleme, sayısal parametreleri yerleştirme, grafik çizme ve grafiği yorumlama) göz önünde bulundurarak değerlendirmiştir.

Araştırmada kullanılan ölçme aracı

Araştırma kapsamında öğrencilerden elde edilen veriler, araştırmacı tarafından hazırlanan gözlem formuna modelleme esnasında alınan notlar yoluyla değerlendirilmiştir. Ayrıca yapılandırılmamış görüşmelerde, öğrencilere derste yapılan uygulama ile ilgili sorulan açık uçlu sorulara verilen cevaplar, araştırmacı tarafından kaydedilmiştir.

BULGULAR

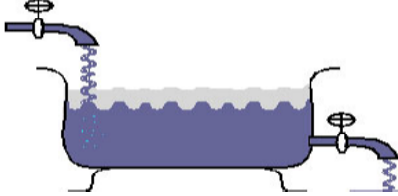
1. Stok ve akışı belirleme

Bu uygulamanın amacı, ilköğretim öğrencilerinin bir sistemin temelini oluşturan stok ve akışları ne ölçüde doğru bulabildiklerini tespit etmektir. Öğrencilerin stok ve akışı belirleme becerileri, dört farklı senaryodan elde edilen öğrenci cevapları sınıf düzeyleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

SENARYO 1

İlk senaryo sistem dinamiğinin temel senaryolarından biri olan küvet senaryosudur. Öğrencilere küvetteki su miktarının değişip değişmediği sorulmuştur. Eğer değişiyorsa, değişimin zaman içinde nasıl gerçekleşeceğini bulmaları istenmiştir (Şekil 4). Öğrencilerin bulmaları gereken doğru model ve bu modele göre küvetteki su miktarının zamanla değişim grafiği Şekil 5'te gösterilmektedir.

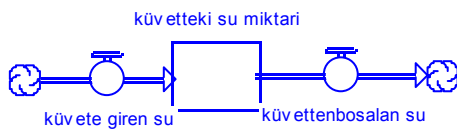
Küvet senaryosu



SORU: İçerisinde 100 ml su bulunan bir küvet düşünelim. Musluğu açtığımızda küvete dakikada 100 ml su giriyor, fakat küvetin altındaki delikten dakikada 25 ml su dışarıya boşalıyor. Küvetteki su miktarı değişir mi?

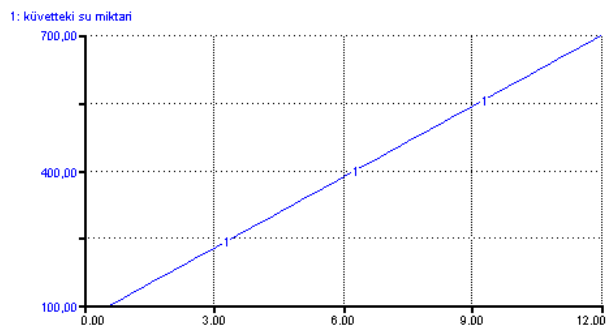
Şekil 4. Küvet senaryosu

Senaryonun Modeli



Küvetteki su miktarı	Küvete giren su	Küvetten boşalan su
100	50	25

Senaryonun Grafiği



Şekil 5. Küvet senaryosunun modeli, sayısal parametre tablosu ve değişim grafiği

Öğrenci cevapları

Öğrencilerin bir ders saati boyunca geliştirdikleri küvet senaryosunun modeli, modelin sayısal parametreleri ve grafik kayıtlarından elde edilen sonuçlar Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Sınıf düzeylerine göre doğru yanıtlayan öğrencilerin sayısı (Senaryo 1)

Senaryo 1 Küvet örneği		6. sınıf			7. sınıf			8. sınıf		
		D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K
	Senaryoyu anlama	10	-	-	10	-	-	10	-	-
	Stoku belirleme	8	2	-	10	-	-	10	-	-
	Akışları belirleme	5	5	-	6	4	-	7	3	-
	Sayısal parametreleri yerleştirme	4	6	-	6	4	-	6	-	4
	Grafik çizme	4	6	-	5	3	2	6	1	3
	Grafiği yorumlama	4	6	-	4	4	2	5	2	3

D: Doğru cevap **Y:** Yanlış cevap **K:** Kısmen doğru cevap

Tablo 1 incelendiğinde, uygulamaya katılan tüm öğrencilerin küvet senaryosunda neden bahsedildiğini ve soruda neyin istendiğini anladıkları görülmektedir. Buna rağmen senaryoyu anlamaktan modelin grafiğini yorumlamaya kadar geçen süreçte, doğru yanıtların sayısının giderek azaldığı dikkat çekmektedir. Fakat her bir kritere verilen doğru cevaplar sınıf düzeyi arttıkça artış göstermektedir. 6. sınıflarda stoku doğru belirleyen öğrenci sayısı 8 iken doğru grafiği çizip, doğru bir şekilde yorumlayabilen öğrenci sayısı 4’e düşmüştür. Diğer sınıflarda da benzer düşüş görülmektedir. Stok ve akışların her ikisini de doğru belirleyen öğrenciler, genellikle sayısal parametreleri de doğru bir şekilde yerleştirmişler, grafikleri de doğru çizmişlerdir.

Küvet senaryosunda altıncı sınıftaki 2 öğrenci stoku yanlış belirlerken diğer öğrenciler küvetteki su miktarı olan stoku doğru tespit etmişlerdir. Stokları doğru belirlemede gösterilen başarı, içeriye ve dışarıya akışları belirlemede azalmıştır. Sayısal parametreleri yerleştirmede sekizinci sınıftaki öğrenciler daha başarılı olmuştur. Altı öğrenci parametreleri doğru yerleştirmiş, dört öğrenci de stok ve akışlardan oluşan üç parametreyi kısmen doğru yerleştirmişlerdir. Küvet modelinde sayısal parametreleri yerleştiremeyen öğrenciler grafik çizme ve çizilen grafikleri yorumlamada başarısız olmuşlardır.

Öğrencilerin model oluştururken yaptıkları yanlışlar öğrencilerle birlikte tartışılarak düzeltmeler yapılmış ve sonra diğer senaryolar üzerinde çalışılmıştır. Öğrenciler modeli doğru bir şekilde oluşturduktan sonra, modeldeki sayısal parametreleri değiştirerek farklı grafikler çizmişlerdir. Bu aşamada, artık grafiğin nasıl çıkacağını grafiği çizmeden önce tahmin etmeleri istendiğinde öğrencilerin büyük çoğunluğunun grafiği doğru tahmin ettiği tespit edilmiştir.

SENARYO 2

İkinci senaryo kokarca senaryosudur. Öğrencilerden bir ormandaki kokarca sayısının 10 yıl içinde nasıl değişeceğini bulmaları istenmiştir (Şekil 6). Öğrencilerin bulmaları gereken doğru model ve modelin sayısal parametreleri ile kokarca sayısının zamanla değişim grafiği Şekil 7’de gösterilmektedir.

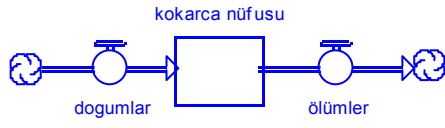
Kokarca Senaryosu



500 kokarca iki tren yolunun kesişim noktasının yakınında bir ormanda yaşamaktadır. Her yıl 100 yavru kokarca doğmaktadır. Orman anayola yakın olduğundan her yıl 120 kokarca ölmektedir. 10 yıl içinde kaç tane kokarca ormanda yaşayacaktır?

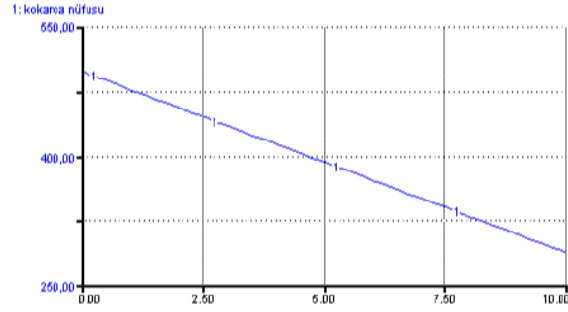
Şekil 6. Kokarca senaryosu

Senaryo Modeli



Kokarca nüfusu	Doğumlar	Ölümler
500	100	120

Senaryonun Grafiği



Şekil 7. Kokarca senaryosunun modeli, sayısal parametre tablosu ve değişim grafiği

Öğrenci cevapları

Öğrencilerin bir ders saati boyunca geliştirdikleri kokarca senaryosunun modeli, modelin sayısal parametreleri ve grafik kayıtlarından elde edilen sonuçların değerlendirilmesi Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Sınıf düzeylerine göre doğru yanıtlayan öğrencilerin sayısı (Senaryo 2)

Senaryo 2 Kokarca örneği		6. sınıf			7. sınıf			8. sınıf		
		D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K
	Senaryoyu anlama	10	-	-	10	-	-	10	-	-
	Stoku belirleme	10	-	-	10	-	-	10	-	-
	Akışları belirleme	8	2	-	8	2	-	10	-	-
	Sayısal parametreleri yerleştirme	7	2	1	8	1	1	8	-	6
	Grafik çizme	7	2	1	8	1	1	8	-	2
	Grafiği yorumlama	7	2	1	8	1	1	8	-	2

D: Doğru cevap Y: Yanlış cevap K: Kısmen doğru cevap

Kokarca senaryosunda öğrenciler küvet senaryosuna göre stok ve akışı belirlemede daha başarılı olmuşlardır. Sayısal parametreleri modelde yerleştiren öğrencilerin sayısı küvet senaryosuna göre artış göstermektedir. Sekizinci sınıftaki öğrencilerden iki öğrencinin grafiği kısmen doğru çizmesi dışında model doğru oluşturulmuştur. Modelde sayısal parametreleri yanlış yerleştiren öğrenciler modelin grafiğini yanlış çizdiklerinden grafiği de yanlış yorumlamışlardır. Öğrencilerin kokarca modelini oluşturması sınıf düzeyleri arttıkça artış göstermektedir.

SENARYO 3

Üçüncü senaryo göknar ağacı senaryosudur. Öğrencilerden bir ormandaki göknar ağacı sayısının 12 yıl içinde nasıl değişeceğini bulmaları istenmiştir (Şekil 8). Öğrencilerin bulmaları gereken doğru model ve modelin sayısal parametreleri ile kokarca sayısının zamanla değişim grafiği şekil 9’de gösterilmektedir.

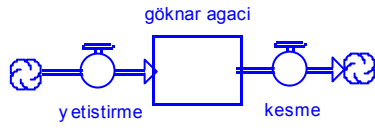
Göknar ağacı senaryosu



Bugün yaklaşık 5 milyon göknar ağacı Doğu Karadeniz ormanlarında yayılmıştır. Bir kereste şirketi her yıl yaklaşık 100 bin ağaç kesmektedir. Ormanın tamamen yok edilebileceğinden kaygılanan çevreci bir grup mümkün olduğunca yeni pek çok göknar ağacı yetiştirmek için uğraşır. Yaklaşık olarak her yıl 5 bin ağaç yetiştirebilirler. 12 yıl içinde Doğu Karadeniz ormanlarında kaç tane göknar ağacı olabilecek?

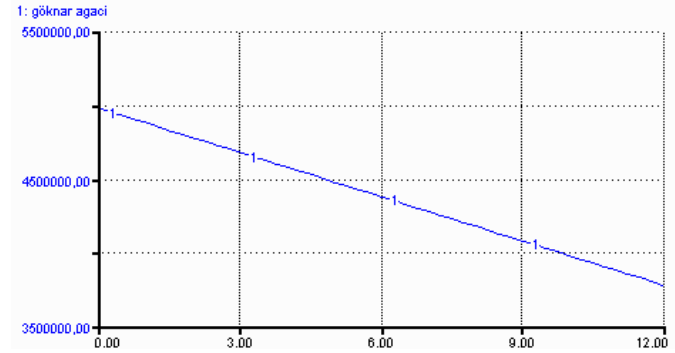
Şekil 8. Göknar ağacı senaryosu

Senaryo Modeli



Göknar ağacı sayısı	Yetiştirme	Kesme
5000000	5000	100000

Senaryonun Grafiği



Şekil 9. Göknar ağacı senaryosunun modeli, sayısal parametre tablosu ve grafiği

Öğrenci Cevapları

Öğrencilerin bir ders saati boyunca geliştirdikleri göknar ağacı senaryosunun modeli, modelin sayısal parametreleri ve grafik kayıtlarından elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Sınıf düzeylerine göre doğru yanıtlayan öğrencilerin sayısı (Senaryo 3)

Senaryo 3 Göknar ağacı örneği		6. sınıf			7. sınıf			8. sınıf		
		D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K
	Senaryoyu anlama	10	-	-	10	-	-	10	-	-
	Stoku belirleme	10	-	-	10	-	-	10	-	-
	Akışları belirleme	10	-	-	10	-	-	10	-	-
	Sayısal parametreleri yerleştirme	5	2	3	5	1	4	7	1	2
	Grafik çizme	5	2	3	5	1	4	7	1	2
	Grafiği yorumlama	5	2	3	5	1	4	7	1	2

Öğrenciler göknar ağacı modelinde stok ve akışları doğru bir şekilde tespit etmelerine rağmen sayısal parametreleri yerleştirmede önceki senaryolara göre daha az başarılı olmuşlardır. Göknar ağacı senaryosunda öğrenciler sayısal parametreleri yerleştirirken sayılar biraz büyük olduğu için sıfırları eksik yazarak yanlış grafikler elde etmişlerdir. Daha sonraki adımlarda öğrenciler yanlışlarını düzelterek doğru grafikleri elde etmişlerdir.

Öğrencilerin üçüncü senaryoda modeli diğer senaryolara göre daha doğru yapmaları beklenirken sayısal parametreleri yerleştirmede büyük sayıların olmasından dolayı model üzerinde birden çok değişiklikler yaparak grafiklerini elde etmişlerdir.

Bu seviyede öğrenciler sistemin temel elemanları olan stok ve akışları doğru tespit etmeyi öğrenmişlerdir. Sayısal parametreleri modelde yerleştirme noktasında da sıkıntılarını fark edip daha dikkatli olmaya çalışmışlardır.

2. Geri Besleme ve Sebep- sonuç ilişkilerini gösterme

Buraya kadar yapılan uygulamaların hiçbirinde geri-besleme ve sebep-sonuç ilişkisi bulunmamaktadır. Bu uygulamada öğrencilerin sistemin temel elemanlarından geri besleme ve sebep-sonuç ilişkilerini anlayabilme becerileri değerlendirilmektedir. Senaryo iki adımdan oluşmaktadır. İlk adımda sistemin nelerden oluştuğu tespit edilirken ikinci adımda sistemi etkileyen elemanlar ve bu elemanların birbirleriyle ilişkileri belirlenmektedir.

SENARYO 4

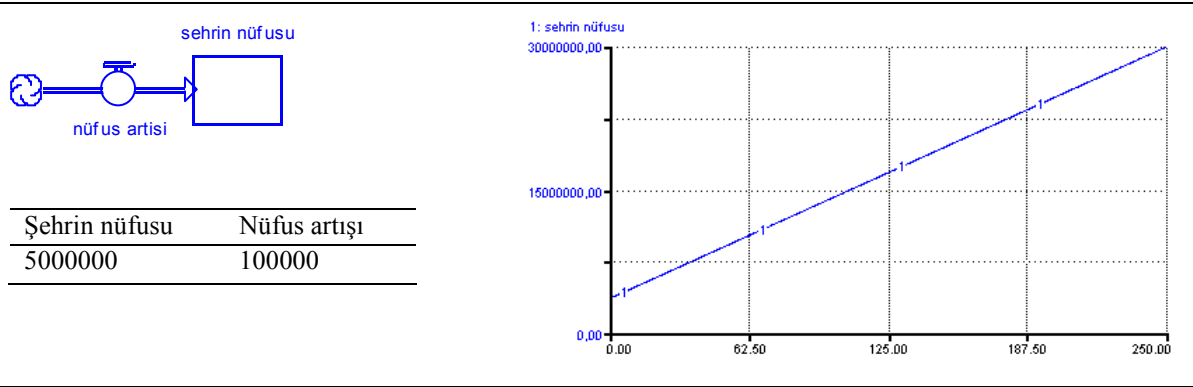
Dördüncü senaryo şehir nüfusu senaryosudur. Öğrencilerden ilk önce bir şehir nüfusuna sürekli insan ilave edildiğinde nüfusun nasıl değişeceği sonra da nüfusun belli bir oranda arttığında nasıl değişeceğini bulmaları istenmiştir (Şekil 10). Öğrencilerin bulmaları gereken doğru model ve modelin sayısal parametreleri ile nüfusun zamanla değişim grafikleri Şekil 11 ve Şekil 12’de gösterilmektedir.

Şehir Nüfusu Senaryosu
Adım 1: Bir şehrin nüfusu 5 milyon olsun. Şehir nüfusuna her yıl 100000 kişi eklediğimizde sizce nüfus nasıl değişir?
Adım 2: Şimdi de nüfusun her yıl 1% oranında arttığı duruma bakalım. İlk nüfusu 100,000 alırsak bakalım grafiğimiz nasıl değişecek?

Şekil 10. Şehir nüfusu senaryosu

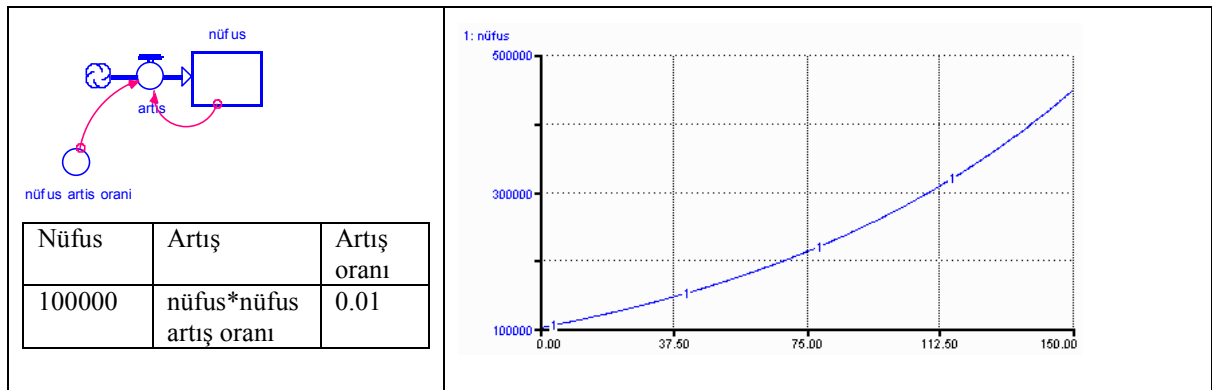
Senaryo modeli

Adım 1



Şekil 11. Şehir nüfusu senaryosunun modeli, sayısal parametre tablosu ve grafiği- 1. adım

Adım 2



Şekil 12 Şehir nüfusu senaryosunun modeli, sayısal parametre tablosu ve grafiği- 2. adım

Öğrenci cevapları

Öğrencilerin bir ders saati boyunca geliştirdikleri şehir nüfusu senaryosunun modeli, modelin sayısal parametreleri ve grafik kayıtlarından elde edilen sonuçlar Tablo 4'te gösterilmektedir. Bu senaryoda diğer senaryodan farklı olarak öğrenci verilerini değerlendirirken üç kriter daha eklenmiştir. Bu kriterler: ara değişkenleri belirleme, kavramlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini belirleme ve modeli oluşturmaktır.

Tablo 4. Sınıf düzeylerine göre doğru yanıtlayan öğrencilerin sayısı (Senaryo 4)

Senaryo 4 Şehir nüfusu örneği	6. sınıf			7. sınıf			8. sınıf		
	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K
Senaryoyu anlama	10	-	-	10	-	-	10	-	-
Stoku belirleme	10	-	-	10	-	-	10	-	-
Akışları belirleme	10	-	-	10	-	-	10	-	-
Ara değişkenleri belirleme	4	6	-	5	5	-	6	3	1
Kavramlar arasındaki ilişkileri belirleme	4	6	-	5	5	-	5	5	-
Modeli oluşturma	4	6	-	5	5	-	5	5	-
Sayısal parametreleri yerleştirme	3	4	3	5	5	-	4	3	3
Grafik çizme	3	7	-	5	5	-	4	6	-
Grafiği yorumlama	3	7	-	5	5	-	4	6	-

Bu senaryoda ilk önce öğrencilerden şehir nüfusunun artmasına yönelik bir stok akış diyagramı oluşturmaları, daha sonra nüfusun her yıl belli oranda artması ile nüfusun nasıl değişeceğini öğrencilerin tahmin etmesi istenmiştir. İlk üç senaryoda, stok ve akışları tespit etmeyi öğrenen öğrenciler, bu senaryoda stok ve akışları doğru belirlemişlerdir. Fakat bu senaryoda ara değişkenlerin ortaya çıkması ve kavramlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesi gibi sistemin yeni elemanları devreye girmiştir.

Öğrenci yanıtlarının (Tablo 4) değerlendirmesi:

- Stok ve akışları doğru belirleyen öğrenciler ara değişkenin ne olacağına karar vermede yanlışlıklar yapmışlardır. Tüm sınıflardan toplam 30 öğrenci stok ve akışları doğru belirlemiş, ancak öğrencilerin yarısı ara değişkeni doğru tespit etmiştir.
- Ara değişkeni doğru tespit eden öğrenciler de ara değişken ile stok ve akış arasındaki ilişkinin nasıl olacağını tahmin etmede daha az başarılı olmuşlardır.
- Bu senaryoda modelin sayısal parametrelerini yerleştirme ve matematiksel ilişkileri tanımlamada öğrenciler başarısız olmuşlardır. Önceki senaryolardan farklı olarak burada, sadece sayısal parametreleri yerleştirmek bu modeli kurmak için yeterli değildir. Burada değişkenlerin arasındaki matematiksel ilişkilerin (“artış = nüfus artış oranı * nüfus” ilişkisi) de tanımlanmış olması gerekmektedir. Bu değişkenin sürece katılmasından dolayı, öğrencilerin bu kriterdeki başarı seviyesi düşmüştür.

Öğrencilerin modelleri kontrol edildikten sonra öğrencilerle birlikte düzeltmeler yapılmıştır.

Öğrenci Görüşleri

Bu kısımda tanıtım ve tüm senaryoların uygulandığı ders bittikten sonra, uygulamaya katılan öğrencilerden rastgele seçilen bir grup öğrenci ile yapılan yapılandırılmamış görüşmelerden elde edilen sonuçlar ve öğrenci görüşleri sunulmaktadır:

Öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen sonuçlar birkaç kategoride incelenmiştir: öğrencilerin sistem dinamiğini öğrenmeye yönelik ilgilerindeki değişiklik, sistem dinamiğini uygulamada karşılaşılan sorunlar, sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilere kazandırdıkları.

Öğrenmeye yönelik ilgide değişiklik: Öncelikle öğrenciler bilgisayar ortamında çalışmayı çok sevdiğini, bilgileri yeni bir öğretim yöntemi ile öğrenmenin dikkatlerini çektiğini ifade etmişlerdir. Öğrenciler sistem dinamiğini öğrenmeye yönelik ilgilerinde olumlu yönde bir ilerleme olduğunu fark ettiklerini dile getirmişlerdir. Öğrenci görüşlerinden bazıları:

“bilgisayar ortamında çalışmak çok hoşuma gitti. Diğer derslerden farklı bir ders olduğu için çok dikkatimi çekti”

“daha önce bilgisayarda modelleme nasıl yapacağımı bilemiyordum yeni bir şey öğrenmek çok hoşuma gitti”

Uygulamada karşılaşılan sorunlar: Sistem dinamiğinin temel senaryolarından biri olan kuvvet örneğinin mantığını iyi öğrenen öğrenciler bir sistemdeki stok ve akışları belirlemede fazla zorlanmamışlardır. Öğrencilerin en çok zorlandıkları nokta ara değişkenlerin tespiti ve aralarındaki sebep sonuç ilişkisini bulmak olmuştur. Öğrenciler ilk iki modeli oluşturduktan sonra sayısal parametreleri model üzerinde doğru bir şekilde yerleştirmişlerdir, sadece üçüncü senaryonun (göknağ ağacı modeli) sayısal parametreleri büyük sayılardan oluştuğu için birkaç defa tekrarlamak zorunda kalmışlardır. Modelini yanlış kuran bazı öğrenciler model üzerinde değişiklikler yapmaktan sıkılırken, bazı öğrenciler ise sürekli model üzerinde değişiklik yapmanın bulmaca çözmek gibi zevkli olduğunu belirtmişlerdir. Öğrenci görüşleri:

“en çok zorlandığım nokta stok ve akışı belirledikten sonra ara değişkenlerin neler olacağına karar vermek oldu. Ayrıca kavramlar arasındaki ilişkileri bazen ters yönlü yaptığım için çizdiğim grafik yanlış çıktı. Bu yönlerin de önemli olduğunu anladım”

“matematiksel eşitlikleri yazmakta zorlandım. İlk üç senaryoda matematiksel eşitlikleri yazmak kolaydı ama en son yaptığımız senaryoda durum biraz zorlaştı. Daha sonra modeli öğretmenimiz ile birlikte yaptıktan sonra bu kadar zor olmadığını gördüm”

“ilk başta stokları akışları stella programında çizerken çok zorlandım. Sürekli silip yeniden yapmaktan biraz sıkıldım, ama öğrendikten sonra çok zevk aldım. Doğru yapmaya başlayınca kendime güvenim arttı”

Sistem dinamiği yaklaşımının öğrencilere kazandırdıkları: Öğrenciler bilgisayar ortamında modelleme yapmayı öğrendiler. Öğrenciler stella programını önceden hiç bilmedikleri halde kısa bir zamanda öğrendiklerini ve stella ile model oluşturmanın çok zevkli ve öğretici bir etkinlik olduğunu düşündüklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca bir sistemin gelecekteki davranışının ne olacağını düşünmek ve bununla ilgili tahminlerde bulunmak öğrencilere farklı bir bakış açısı kazandırmıştır. Öğrenci görüşleri:

“senaryolardaki örneklere göre mesela 10 yıl sonra kokarcaların sayısının ne kadar olacağını gerçekten merakla hesapladım. Gelecek hakkında tahminler yapmak çok eğlenceli”

“şehir nüfusunun sürekli yeni göçler aldığında bu kadar büyüyeceğini tahmin edemedim, çok şaşırtıcı...”

TARTIŞMA

Sistem dinamiği yaklaşımı 1960'lı yıllardan sonra eğitim alanında uygulanmaya başlamış ve uygulandığı okullarda öğrenciler, okul dışı zamanlarda bile dersleriyle ilgili gönüllü projeler yürüterek derse ilgi duyar hale gelmişlerdir. Fakat uygulayıcı öğretmenler, sistem dinamiğinin kurallarına odaklanırken, uygulamaya yönelik pratik ilkeleri ihmal ettikleri için sistem dinamiği yaklaşımının ilk yıllardaki uygulamalarının istenilen düzeye gelmediği gözlenmiştir (Forrester,

1996). Daha sonra öğretmenler daha çok uygulama geliştirmeye odaklanmışlardır. Forrester ve ekibinin bir eğitim projesi kapsamında öğretmenler için hazırladığı yol haritalarında (road maps) da derslerde uygulanmasına yönelik farklı konulardaki örnekler mevcuttur (Road Maps, 2005). İlköğretimden üniversite öğrenime kadar pek çok alanda sistem dinamiği ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Örneğin; Al Powers, kimya sınıfında sistem dinamiğinin uygulandığı bir laboratuvar çalışmasına katılan bir öğrencinin görüşlerini şu şekilde rapor etmiştir (Forrester, 1996):

“arkadaşlarımla birlikte, grafikler ve simülasyonlar kullanarak gerçek hayattaki uygulamaları görebildik. Diğer sınıftaki arkadaşlarıma kavramları açıklarken buldum kendimi. Çizilen grafikler de çok faydalı oldu. Babamla birlikte bu grafikleri tartışarak değişikliklerin sebeplerini konuşarak çok zaman harcadık. Bu benim için güzel bir laboratuvar çalışmasıydı.”

Kimya sınıfında yapılan laboratuvar çalışmasından elde edilen öğrenci görüşleri bu çalışmada elde edilen öğrenci görüşleriyle paralellik göstermektedir. Her iki gruptaki öğrenciler de yeni bilgileri farklı bir yaklaşımla öğrenmenin onları öğrenmeye motive ettiğini ifade etmişlerdir.

Sistem dinamiği yaklaşımının öğrenciler ve öğretmenler üzerinde olumlu etkileri yanında, uygulamada bazı sıkıntılarının yaşandığı da araştırmacılar tarafından rapor edilmektedir. Öğrenciler genellikle stok ve akışı karıştırmaya yönelirler (Forrester, 1992). Öğrenciler aynı zamanda akış ile sebep-sonuç ilişkisini karıştırırlar. Gerçeği yansıtan modeller yerine gereksiz bir şekilde soyut ve karmaşık modeller oluşturabilirler. Kendi modellerini geliştirmek yerine ders kitaplarındaki modelleri veya öğretmenin oluşturduğu modelleri uyarlayabilirler. Öğretmenlerin yaptığı en önemli hata öğrencilerin birkaç hafta içinde karmaşık bir model (birden fazla stok, akış ve sebep sonuç ilişkilerinin olduğu bir model) oluşturabileceklerini düşünmesidir (Alessi, 2005). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Alessi (2005)'nin bazı tespitleriyle paralellik göstermektedir. Bu çalışmada da bazı öğrenciler, sistemde olmayan ara değişkenleri modele ilave ederek, daha soyut ve anlamsız modeller kurmaya çalışmışlardır. İlköğretim öğrencileri bu çalışmada, stok, akış ve sebep-sonuç ilişkilerini öğrenmişlerdir. Öğrenciler stokları daha kolay tespit ederken, ilk senaryolarda içeriye ve dışarıya akışları karıştırmalarına rağmen, diğer senaryolarda sayısal parametreleri yerleştirmede ve dolayısıyla modelin grafiğini çizmede hatalar yapışlardır. Sayısal parametreleri yerleştirmede sekizinci sınıftaki öğrenciler daha başarılı olmuşlardır. Sebep-sonuç ilişkilerinin, ara değişkenlerin ilave edildiği son senaryoyu önceki senaryolara göre daha zor modellemişlerdir. Öğrenciler kısa sürede bir sistemdeki stokları ve akışları belirlemeyi öğrenirken birden fazla ara değişkenin ilave edildiği daha karmaşık modelleri öğrenirken daha fazla zamana ihtiyaçları olabilir. Bu çalışma, birden fazla sebep-sonuç ilişkisi ve geri besleme döngüleri içeren senaryolarla zenginleştirilebilir.

Cruz ve arkadaşları (2007), Kolombiya'da lise öğrencileri ile sistem dinamiklerinin uygulandığı bir deneysel uygulama yaptılar. Her bir lisede deneysel çalışma öncesi öğretmenler için üç saatlik eğitim verdiler. Stok ve akışı göstermek için küvet örneğini kullanarak geri besleme döngülerini öğrettiler. Sistemin davranışının etkilerini bir fizik oyunu olan “enfeksiyon oyunu (The Infection Game)” ile gösterdiler. Oyundan sonra Serman (2000)'ın difüzyon modeli üzerinde tartışmalar yaptılar. Öğretmenler çok dikkatli ve hevesliyidiler. Öğrencilerini motive etmek ve eğitim metotlarını geliştirmek için yeni yollar bulmak istediler. Sistem dinamiğini öğrendikçe ve oyunda deneyim sahibi oldukça sistem dinamiği araçlarının nasıl kullanıldığını öğrenmek için daha hevesli oldular. Cruz ve arkadaşlarının lise öğrencilerine 3 saatte öğrettikleri sistem dinamiği tanıtım dersi, bu çalışmada ilköğretim öğrencilerine 6 ders saatinde öğretilmiştir. Lise ve ilköğretim öğrencileri arasında öğrenme süreci bakımından farklılıklar olabilir. Her iki çalışmada da sistemin stok, akış, sebep-sonuç ilişkisi gibi temel özellikleri benzer senaryolarla öğretilmiştir.

Sweeney ve Serman (2000), çalışmalarında üniversite öğrencilerinin temel sistemli düşünme yeteneklerini keşfetmek için küvet senaryosundan yararlanmışlardır. Öğrencilerden bir küvette biriken suyun nasıl değişeceğini tahmin etmeleri ve küvetteki su miktarının grafiğini çizmeleri istenmiştir. Sonuçlar, öğrencilerin pek çoğunun bu grafiği yanlış çizdiğini göstermiştir. Öğrenci hatalarının çoğunun sistematik ve sadece hesaplama hataları değil temel prensiplerin ihlalinden kaynaklanan hatalar olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise, öğrenciler küvet senaryosu üzerinde çalışarak sistemin davranış grafiğini Stella programı yardımıyla çizmişlerdir.

Sistemin davranışındaki temel mantığı anlamayan öğrenciler, Stella yardımıyla çizdikleri grafiklerin doğruluğuna karar verememişlerdir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. Öğrenciler sistem dinamiği yaklaşımının temelini oluşturan sistem kuramının stok-akış, sebep-sonuç ilişkisi gibi elemanlarını 6 ders saatinde 4 farklı senaryo üzerinde öğrenmişlerdir. Bu çalışmadaki senaryolar oldukça basit düzeydedir. İlköğretim öğrencilerinin sistem kuramının temel elemanlarını öğrenmeleri için 6 ders saati yeterli olmasına rağmen, çalışmanın kapsamına, öğrencilerin ilgi ve ihtiyaçlarına göre bu süre artırılabilir. Ayrıca çalışma karmaşık senaryoların ilave edilmesiyle zenginleştirilebilir.
2. Gökmar senaryosunda sayısal parametrelerin değerleri büyük sayılar olduğundan öğrenciler modelin grafiğini çizmede sorunlar yaşadıkları için senaryolarda küçük sayıların kullanılması tavsiye edilebilir.
3. Öğrenciler bir sistemdeki kavramların neler olacağını tespit etmekte nispeten başarılı olmalarına rağmen, bu kavramların arasındaki ilişkileri belirlemede daha az başarılıdırlar. Kavramlar arasındaki ilişkileri belirlemede, yedinci ve sekizinci sınıftaki öğrencilerin altıncı sınıftaki öğrencilere göre daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kavramlar arasındaki sebep sonuç ilişkilerinin daha iyi kavranması için, bu ilişkilerin yer aldığı senaryolarla çalışma sayısı ve süresi artırılabilir.
4. Öğrencilerin bizzat kendilerinin katıldığı etkinliklerde daha istekli çalıştıkları eğitimciler tarafından savunulan bir görüştür (Martin, 1997a). Sistem dinamiği yaklaşımı ile öğrenciler, bir sistemi bütün olarak ele alıp sistemi arkadaşları ile fikir alışverişinde bulunarak kendileri modellerler. Modeli öğrendikleri bilgiler üzerinde inşa etmek, model üzerinde düzeltmeler yaparak yeni bir model geliştirmek öğrencilerin derse yönelik olumlu duygu ve düşünceler geliştirmelerine yardımcı olur. Öğrencilerle yapılan görüşmelerden elde edilen sonuçlara göre, öğrenciler senaryolar üzerinde bir sistemi modellemekten zevk aldıkları gözlemlenmiştir.
5. Bilgiye teknoloji ile ulaşılan günümüzde öğrencilere derste teknolojik imkanlar sunmak hem öğrencilerin ilgisini çekebilir hem de daha etkili bir öğrenme sağlayabilir. Fakat bilgisayarın tek başına öğrencilerin ilgisini çekmesi ve öğrencilere yeni yetenekler kazandırması mümkün değildir. Bilgisayar destekli öğretimin başarılı olması için, stella ile sistem modelleri üretmek gibi öğrencilerin çok boyutlu bir şekilde yeteneklerini kullanmasını sağlayan yaklaşımlar kullanılabilir.
6. Araştırma kapsamında elde edilen veriler, öğrencilerin sistemin elemanlarını tespit etme becerilerinin sınıf düzeyine göre arttığını göstermektedir. Bu durum sınıf seviyesi arttıkça öğrencilerin hem zihinsel hem de algılama becerilerinin artmasıyla açıklanabilir.

Araştırmacılar için notlar:

1. Bu çalışma farklı öğretim kademelerinde uygulanarak öğrencilerin sistemin temel elemanlarını öğrenebilme becerileri hakkında bilgi sahibi olup, karşılaştırmalar yapılabilir.
2. Senaryolar uygulama yapılan sınıf düzeylerine göre basitleştirilebilir. Özellikle sebep-sonuç ilişkilerinin ilave edildiği senaryo sayısı artırılabilir.
3. Sistem dinamiği yaklaşımının fen ve teknoloji dersinin yanı sıra diğer derslerde de ne derece etkili olduğu farklı konularda modelleme yapılarak araştırılabilir.

KAYNAKLAR

Alessi, S. M. (2000). Designing Educational Support in System-Dynamics-Based Interactive Learning Environments. *Simulation&Gaming*. 31(2), 178-196.

- Alessi, S. (2005). The Application of System Dynamics Modeling in Elementary and Secondary School Curricula.
<http://web.archive.org/web/20060304015136/http://www.c5.cl/ieinvestiga/actas/ribie2000/charlas/alessi.htm> Erişim tarihi: Mart, 2006
- Barlas, Y. (2002). System Dynamics: Systemic Feedback Modeling for Policy Analysis” in Knowledge for Sustainable Development - An Insight into the Encyclopedia of Life Support Systems, UNESCO Publishing-Eolss Publishers, Paris, France, Oxford, UK.
- Brown, G. S. (1992). Improving Education in Public Schools: Innovative Teachers to the Rescue. *System Dynamics Review*, 8(1), 83-89.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education*, 5th Edition, Routledge/ Falmer, Taylor&Francis Group, London.
- Cruz M., González M. T., Restrepo M. P., ve Zuluaga M. L. (2007). Colombian Classroom Experiments: A Preliminary Report. *CLE Newsletters*, 16(1).
- Forrester, J. W. (1992). *Road Map 1: System Dynamics and Learner-Centered-Learning in Kindergarten through 12th Grade Education*. MIT System Dynamics in Education Project.
- Forrester, J. W. (1995). *Road Map 1: Counterintuitive Behaviour of Social Systems*. MIT System Dynamics in Education Project.
- Forrester, J. W. (1996). *Road Map 1: System Dynamics and K-12 Teachers*. MIT System Dynamics in Education Project.
- Hopkins, P. L. (1992). Simulating *Hamlet* in the Classroom. *System Dynamics Review*, 8(1), 91-98.
- Karasar, N. (2002). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Anı Yayıncılık, 11. Baskı, Ankara.
- Lyneis D. A. (2000). *Bringing system dynamics to a school near you suggestions for introducing and sustaining system dynamics in K-12 education*. International System Dynamics Society Conference Bergen, Norway.
- Martin, L. A. (1997a). Road Map 2: The First Step. MIT System Dynamics in Education Project.
- Martin, L. A. (1997b). Road Map 2: Beginner Modelling Exercise. MIT System Dynamics in Education Project.
- Ossimitz, G. (2000). *Teaching System Dynamics and Systems Thinking in Austria and Germany*. System Dynamics Conference in Bergen, Norway.
- Road Maps, (2005). <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/rm-toc.html>
- Sterman, J. D., (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a Complex World*. Boston, MA: Irwin McGraw- Hill.
- Sweeney L. B; Sterman, J. D., (2000). Bathtub Dynamics: Initial Results of a Systems Thinking Inventory. *System Dynamics Review*; 16(4), 249-286.