

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**ÇOCUK GELİŞİMİNİN KESİRLİ KALKÜLÜS İLE MODELLENMESİ
VE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail DEMİRBİLEK

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Bilişim Uygulamaları Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**ÇOCUK GELİŞİMİNİN KESİRLİ KALKÜLÜS İLE MODELLENMESİ
VE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İsmail DEMİRBİLEK
(708151014)**

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Bilişim Uygulamaları Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA

HAZİRAN 2019

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 708151014 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi İsmail DEMİRBİLEK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÇOCUK GELİŞİMİNİN KESİRLİ KALKÜLÜS İLE MODELLENMESİ VE BİR UYGULAMA” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Öğr. Gör. Dr. Hacı Ömer TONTUŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hülya Şahintürk
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **3 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **12 Haziran 2019**





Anneme ve babama hürmetlerimle,



ÖNSÖZ

Bu çalışma esnasında her aşamada bilgi ve tecrübelerini esirgmeden her zaman destek olan değerli hocam Prof. Dr. Ertuğrul KARAÇUHA'ya, yardımlarından dolayı Araş. Gör. Nisa Özge ÖNAL'a; destekleriyle hep yanımda olan sevgili eşime ve aileme çok teşekkür ederim.

Haziran 2019

İsmail Demirbilek
Bilgisayar Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Konu ve Önemi	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
2. YÖNTEM	5
2.1 Verilerin Modellenmesine Yönelik Çalışmalar	5
2.2 Problemin Formülasyonu.....	5
2.3 Problemin Çözümü.....	10
3. UYGULAMA	21
3.1 Hasta Kayıtları	21
3.2 Muayene Ölçümleri ve Ölçüm Değerlendirmesi	23
3.3 Diğer Özellikler.....	28
4. SONUÇLAR	31
KAYNAKLAR	33
EKLER	35
ÖZGEÇMİŞ	45

KISALTMALAR

WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

CDC: Centers for Disease Control and Prevention (Amerika Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri)

ÇEDD: Çocuk Endokrinolojisi ve Diyabet Derneği

LMS: L: Curve (Eğri); M: Mean (Ortalama); S: Variation coefficient (Değişim katsayısı)

MAPE: Mean Absolute Percentage Error (Mutlak Yüzdesele Hata)

AMAPE: Average Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzdesele Hata)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Yaşa göre boy uzunluğu değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları.	12
Çizelge 2.2: Yaşa göre vücut ağırlığı değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları.	13
Çizelge 2.3: Yaşa göre vücut kitle indeksi değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları.	14
Çizelge 2.4: Terim sayısına göre kesirli kalkülüs modelinin lineer ve polinom modellerine göre başarı oranları.	15
Çizelge 2.5: Erkek çocuk – boy uzunluğu persentil katsayıları ve f_0, α, an değerleri.	18
Çizelge 2.6: Erkek çocuk – vücut ağırlığı persentil katsayıları ve f_0, α, an değerleri.	18
Çizelge 2.7: Erkek çocuk – vücut kitle indeksi persentil katsayıları ve f_0, α, an değerleri.	18
Çizelge 2.8: Kız çocuk – boy uzunluğu persentil katsayıları ve f_0, α, an değerleri.	19
Çizelge 2.9: Kız çocuk – vücut ağırlığı persentil katsayıları ve f_0, α, an değerleri.	19
Çizelge 2.10: Kız çocuk – vücut kitle indeksi persentil katsayıları ve f_0, α, an değerleri.	19
Çizelge A.1 : Erkek çocuklar için ağırlık persentil değerleri. (Neyzi v.d.)	36
Çizelge A.2 : Kız çocuklar için ağırlık persentil değerleri. (Neyzi v.d.).....	37
Çizelge A.3 : Erkek çocuklar için boy uzunluğu persentil değerleri. (Neyzi v.d.)	38
Çizelge A.4 : Kız çocuklar için boy uzunluğu persentil değerleri. (Neyzi v.d.).....	39
Çizelge A.5 : Erkek çocuklar için vücut kitle indeksi persentil değerleri. (Neyzi v.d.)	40
Çizelge A.6 : Kız çocuklar için vücut kitle indeksi persentil değerleri. (Neyzi v.d.)	41
Çizelge B.1 : Açık kaynaklı kütüphanelere ait lisanslar	42



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 3 persentilyaşa göre boy uzunluğu değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs modeli sonuçları.	16
Şekil 2.2 : 3 persentilyaşa göre vücut ağırlığı değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs modeli sonuçları.	16
Şekil 2.3 : 5 persentilyaşa göre vücut kitle endeksi değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs modeli sonuçları.	17
Şekil 3.1 : Hasta kaydı arama ekranı.	22
Şekil 3.2 : Hasta kaydı arama sonucu - 2.	23
Şekil 3.3 : Hasta kayıt girişi.	24
Şekil 3.4 : Hesaplama sayfası.	25
Şekil 3.5 : Hesaplama sonuçları.	25
Şekil 3.6 : Boy uzunluğu geçmiş grafiği.	26
Şekil 3.7 : Vücut ağırlığı geçmiş grafiği.	27
Şekil 3.8 : Vücut kitle endeksi geçmiş grafiği.	28
Şekil 3.9 : Dil seçenekleri.	29



ÇOCUK GELİŞİMİNİN KESİRLİ KALKÜLÜS İLE MODELLENMESİ VE BİR UYGULAMA

ÖZET

Daha iyi çocuk bakımı için çocukların fiziksel gelişimine katkı sağlayan faktörleri belirleyen güvenilir ve faydalı sonuçlar gerekliliği açısından çocuk gelişiminin takibi her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada yaşa bağlı olarak çocukların boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi verilerinin modellenmesini sağlayan matematiksel bir metot oluşturularak çocukların fiziksel gelişiminin takibine yönelik bir uygulama geliştirilmiştir. Çalışmada Türkiye'deki çocuklara ait boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi değerlerini içeren 7 yüzdellik dilim grubundan oluşan veri seti kullanılmıştır. 0 - 18 yaş aralığı için verilen 7 gruptaki ayrık boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi değerleri kullanılarak, en küçük kareler yöntemiyle sürekli bir fonksiyon, kesirlikalkülüs teorisi yardımıyla geliştirilmiştir.

Bu matematiksel model 0 - 18 yaş aralığı için verilen 7 gruptaki ayrık, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi değerlerini sürekli birer fonksiyona dönüştürmektedir. Örneğin veri setindeki 0 ay, 3 ay, 6 ay, 12 ay v.b. şeklinde aralıklı sürelerde yapılan ölçümlere dayalı olarak herhangi bir andaki normal şartlar altında beklenen gelişim değerinin hesaplanması mümkün hale gelmiştir.

Böylece, çocukların sadece 7 yüzdellik dilim grubunda sınırlandırmak yerine, 3-97 yüzdellik dilimleri arasında hangi dilime dahil olduklarını ve herhangi bir zamanda bu dilime dayalı olarak normal şartlarda ne kadar gelişme göstereceğini bulmak mümkün hale gelmiştir.

Geliştirilen model, Lineer ve Polinom modellerine nazaran oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir. Bu model ile çocukların yüzdellik grubunu belirleyerek gelişiminin takip edilmesinin yanında çocukların geçmişte elde edilen ölçümleri ile 18 yaşına kadarki değerlerini tahmin etmeyi de sağlamaktadır.

Böylece, geliştirilen matematiksel modelden faydalanılarak hem sağlık personelleri hem de ebeveynler için kolay kullanılabilir ve modern bir web uygulaması ile; Android ve iOS platformları için mobil uygulamalar geliştirilmiştir. Bu uygulamalar ile çocukların periyodik gelişim takiplerinin daha kolay ve daha verimli yapılması amaçlanmaktadır.

Uygulamalar alternatiflerine kıyasla kullanıcı dostu arayüzü ve sağladığı kolay kullanım itibarıyla farklılık göstermektedir. Ayrıca alternatiflerinden farklı olarak ek özellikler ile hasta kaydına, gelişim geçmişinin her hasta için özel grafikler ile değerlendirilmesine imkan sağlamaktadır.



MODELLING CHILD GROWTH WITH FRACTIONAL CALCULUS AND AN APPLICATION

SUMMARY

Development of a mathematical model out of observations regarding surrounding physical environment is always a need for scientists. Because, nature of science requires to be deterministic. In this study an answer is looked for the question: “How to model mathematically children’s growth?”.

It is getting more and more important to keep track of the children development, because good care is vital for children. Determining quality of the care is a must to take precautions in this regard. To do so, various growth charts are developed by taking samples from children raised under good conditions. These charts include weight, height and body mass index values with respect to age in 7 percentile groups. Percentile groups are separated by birth weight, birth height and birth body mass index.

In this study, a mathematical approach developed for analysis of factors such as weight, body height and body mass index with respect to age. 7 groups for weight, body height and body mass index values from Percentage Chart of Turkey (Neyzi et al.) is used in the study. A continuous curve is developed which is valid for any time interval by using discrete values of weight, height and body mass index data of 0 - 18 years old children along with the least squares method.

By doing so, it became possible to find the percentage of the children. This new mathematical method is advanced with help from fractional calculus theory. Formula (9) shows the curve function developed with fractional calculus. Function is divided to two parts in formula (17) and formula (19) for convenience.

Fractional calculus has been in the literature for more than 300 years. Fractional calculus is expanded version of calculus to include derivative and integrals of arbitrary orders. It is applied in the fields of science, engineering and mathematics. Fractional calculus allowed us to construct better curves for the growth charts of children’s of Turkey. To calculate fractional derivative Laplace Transform and Inverse Laplace Transform are used.

Related works in this area use linear and polynomial regression. Fractional calculus allowed us to produce better curves that minimizes margin of errors based on the dataset of percentage chart. Coefficients in the mathematical model developed with fractional calculus, is found with help from least squares method. Regression is done along with inverse Laplace transform following the Laplace transform. With this way not only coefficients for each percentile is found, but also best alpha factors are determined too. Coefficients with alpha and $f(0)$ values of height – percentile of boys is shown on Figure 2.1; height – percentile of boys is shown on Figure 2.2; body mass index – percentile of boys is shown on Figure 2.3. Coefficients with alpha and

$f(0)$ values of height – percentile of girls is shown on Figure 2.4; height – percentile of girls is shown on Figure 2.5; body mass index – percentile of girls is shown on Figure 2.6. $f(0)$ values in these tables are taken from the dataset used (Neyzi et al.).

The new method produces quite successful results compared to Linear and Polynomial Model analysis. The newly developed method makes it possible to predict expected development values of children for the future by using previous data obtained.

Results show that fractional calculus model performs better in regard of error margins settled with the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MATLAB program is used for comparison of the three model which are Linear, Polynomial and Fractional Model in these two error calculations. Table 3.1 shows MAPE scores in age – height distribution of the Linear, Polynomial and Fractional models. Table 3.2 shows MAPE scores in age – weight distribution of the Linear, Polynomial and Fractional models. Table 3.3 shows MAPE scores in age –body mass index distribution of the Linear, Polynomial and Fractional models. In Figure 3.1 continuous curves from linear, polynomial and fractional model are shown for each percentiles of boys’ and girls’ weight distribution. In Figure 3.2 continuous curves from three models are shown for each percentiles of boys’ and girls’ height distribution. In Figure 3.3 continuous curves from three models are shown for each percentiles of boys’ and girls’ body – mass index distribution.

A ready to be used modern web application along with the native mobile applications for Android and iOS platforms is also developed based on the newly introduced mathematical model. Source code is in three parts. One library for core functions to be shared with the native mobile application and the web application; one for Android / iOS application; one for the web application. Source code is written in JavaScript for interoperability between web and native platforms. JavaScript allowed us to operate in maximum code reuse with high cohesion and low coupling.

Web application is developed on top of open source, massively adopted defacto UI library React. Component architecture and clean API helped a lot during development.

For mobile applications it is inevitable to be cross platform for efficiency. So for code reuse and share work as much as possible, on JavaScript strong and trustworthy React Native is engaged. In this way we shared core library between these two projects and provided the same functionality in three platforms (web, Android, iOS). Applications provide useful functions especially for pediatric endocrinologists. They provide not only trusted expected growth measures but also consolidate doctors with built in patient records, easily perceived results evaluation and custom history charts for each patient. Figure 3.4 shows new patient entry user interface. Figure 3.5 shows patient measures evaluation while follow up dignosis.

It is also very important for individual patient data privacy. So there is no central place for data transfer and service point. All of the produced data stored in the computer, mobile phone or tablet of the user. And there is no list of stored patients anywhere in the applications. Endocrinologistssould enter patient identity number to access individual patient data. This way data privacy of patients is secured. Figure

3.6 shows patient search user interface.

Finally, a mathematical method based on fractional calculus is developed. Regression on the model is done with help from Laplace transforms and Least Squares method. Continuous curves developed with the model introduced are compared with Linear and Polynomial alternatives and results showed that newly introduced fractional model performs significantly better. With the continuous curve function which is valid for any time interval and for any percentile, we can calculate the expected body weight, height and body mass index of an individual child. If child's measures taken during follow up diagnosis is easily evaluated. So future growth measures can also be calculated along with current expected measures with the model we introduce. On top of this mathematical model a up-to-date, modern computer and mobile applications are developed to make evaluation even easier. So pediatric endocrinologists can easily start using our method with a single click.





1. GİRİŞ

Kesirli kalkülüs terimi yeni bir konu gibi görülse de 300 yıldan fazladır literatürde yer almaktadır [1]. Temel olarak türev ve integral işlemlerinde kesirli dercelere yapılmaya kesirli kalkülüs denilmektedir. Kesirli kalkülüs kalkülüs'ün geliştirilmiş ve genişletilmiş şeklidir. Kesirli kalkülüs ilk olarak Fransız matematikçi L'Hôpital'in 1695'te Wilhelm Leibniz'e yazdığı mektuptaki "Eğer türev derecesi 0,5 olursa ne olur?" sorusuna Leibniz'in verdiği "Bu bir gün kendisinden yararlı sonuçların çıkacağı aşikar bir paradokstur." cevabıyla ortaya çıkmıştır ve günümüzde de hala gelişmeye devam etmektedir [2]. Son zamanlarda kesirli kalkülüs bir çok bilim insanı ve mühendisler tarafından ekonomi, kontrol teorisi, mekanik, fizik, kimya ve biyoloji alanlarında kullanılmaktadır [1, 3, 4].

Bu çalışmada yaşa bağlı olarak çocukların boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi gibi verilerinin gelişiminin izlenmesini sağlayan bir model geliştirilmiştir. Çalışmada Türkiye'deki çocuklara ait boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi verilerinden oluşan 7 yüzdelerlik dilim grubu kullanılmıştır. 0 - 18 yaş aralığı için verilen 7 gruptaki ayırık boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi değerleri kullanılarak, en küçük kareler yöntemiyle herhangi bir zaman aralığında geçerli olan sürekli bir fonksiyon, kesirli kalkülüs teorisi yardımıyla geliştirilmiştir.

Böylece, çocukların hangi yüzdelerlik dilime dahil olduklarını ve herhangi bir zamanda bu dilime dayalı olarak normal şartlarda ne kadar gelişme göstereceğini bulmak mümkün hale gelmiştir.

Günümüzde web teknolojilerinin gelişimi ile tarayıcıların yetenekleri ve JavaScript dilinin yetenekleri oldukça artmıştır. Artık web uygulamaları sunucu tarafından üretilen standard bir internet sayfası olmaktan çok öteye geçerek tarayıcı üzerinde çalışan dinamik, çok fonksiyonlu bir uygulama haline gelmiştir. Ayrıca JavaScript dilinde yer alan yeni gelişmeler bu dilin sunucu tarafında çalışmasını mümkün kılmış hatta bu dil ile mobil cihazlarda, Android ve iOS platformları için yerel (native) uygulamaların geliştirilebilmesine imkan sağlamıştır.

JavaScript dili ile web ve mobil (Android, iOS) platformların hedeflenebilmesi nedeniyle algoritmanın ve uygulamaların bu dilde gerçeklenmesine karar verilmiştir. Web uygulaması için açık kaynak kodlu çok yaygın kullanılan arayüz kütüphanesi React [5]; mobil uygulama için de aynı teknolojinin yerel (native) uygulamalar geliştirilmesine imkan veren React Native [6] kütüphanesi tercih edilmiştir.

Yazılımlarda kullanılan açık kaynaklı kütüphanelere dair lisanslar EK B.2’de yer almaktadır.

1.1 Konu ve Önemi

Yaşa göre boy ve ağırlık ölçütleri çocukların sağlık durumlarının değerlendirilmesinde en güvenilir göstergelerden biridir [7]. Çocukların sağlıklı bir gelişiminin sağlanması için gerekli olan fiziksel gelişim takibinde ebeveynler ve sağlık personelleri önemli rol almaktadırlar. Özellikle doğumu takip eden aylarda çocuk gelişiminin takip edilmesi hayati öneme sahiptir. Anormal gelişimin patolojik nedenleri olabilmektedir [8]. Örneğin bunlar arasında büyüme hormonu eksikliği veya Noonan Sendromu ve Turner Sendromu gibi genetik etkenler bulunmaktadır [8]. Dolayısıyla çocukların fiziksel değerlerinin takibi çeşitli hastalıkların teşhisini mümkün kılması açısından da önem arz etmektedir. Bu sebeple bu tezde ebeveynlerin ve sağlık personellerinin çocukların gelişimini kolay ve doğru bir şekilde takip edebilmeleri için gerekli model ve uygulamaların geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Çocuk sağlığının doğru değerlendirilmesine katkıda bulunmak için çeşitli kurumlarca büyüme standartları geliştirilmiştir. 1977’ye kadar ABD’de bir çok büyüme tabloları kullanılmaktaydı. Ulusal bir çalışmanın yapılması önerisi üzerine 1977 Ulusal Sağlık İstatistik Merkezi standartları ortaya çıktı. Amerika Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) 1977 verilerini düzenleyerek sonradan Dünya Sağlık Örgütü tarafından benimsenecek olan standartları geliştirdi. [9] Dünya Sağlık Örgütü’nün 1978’de yayınladığı uluslararası büyüme standartları, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) yapılan ölçümlerle geliştirilmiştir [10]. Dünya Sağlık Örgütü’nün 2006’da yayınladığı çocuk büyüme standartları’nda sekiz ülkeye dair veriler kullanılmıştır [11]. Yerel büyüme standartları toplumun genetik ve etnik özelliklerini en doğru şekilde yansıtmaktadır

[7]. Ülkemizde büyüme standartları 1978 yılında 1950 – 1960 yılları arasında doğan çocukların ölçümleriyle yapılmıştır [12]. 2008 yılında büyüme standartlarını güncelleyen bir çalışma ile bugün yaygın olarak kullanılan, İstanbul’da iyi koşullarda büyütülen benzer çocuk gruplarında elde edilmiş yeni değerler yayınlanmıştır [7].

Ek A.1’de yer alan Çizelge A.1 – Çizelge A.6 ile gösterilen Türk çocukları için referans değerleri, erkek ve kız çocukların 7 ayrı yüzdelerlik dilim için belirli periyotlarda vücut ağırlığı, boy uzunluğu, baş çevresi ve vücut kitle indeksi normlarını belirlemektedir.

Çocuk gelişiminin gözlenmesi büyüme standartlarında yer alan yüzdelerlik dilim çizelgesindeki (Çizelge A.1 – Çizelge A.6) ayrı değerler ile ancak belirli zaman aralıklarında yapılabilmektedir. Bu değerlere dayalı olarak çocuğun hangi dilimde yer aldığı tespit edilip çizelgede yer alan zamanlarda, ilgili yüzdelerlik dilime dair beklenen ölçüleri yakalayıp yakalamadığına bakılmaktadır.

Bu yöntemle çocuğun çizelgede yer almayan zaman aralıklarında kontrolü hekimin tecrübesiyle sınırlı kalmakta; yahut yapılamamaktadır.

Bu çalışma bu kısıtları kaldırıp herhangi bir zamanda çocukların ait oldukları yüzdelerlik dilime dayalı olarak beklenen gelişim değerlerini tahmin edebilmeyi ve çocukların gelişiminin doğru analiz edilmesini amaçlamaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tezin amacı çocukların sağlıklı bir gelişim gösterip göstermediğini belirlemeye dair daha sağlıklı tahminler yürütebilen yeni bir matematiksel modelin geliştirilmesi ve bu metotla bilgisayar ve akıllı telefon uygulamalarının gerçekleştirilmesidir.

Çocuk gelişiminin sağlıklı bir şekilde modellenmesi ile birlikte gelişim takibini güncel teknolojileri kullanarak hızlı, kullanıcı dostu ve erişilebilir bir uygulama aracılığıyla yapabilmek sağlık çalışanları ve ebeveynler açısından katma değer sağlayacaktır.

Tezin ikinci kısmında yöntem anlatılmaktadır. 2.1 başlığında problemin formülasyonu; 2.2 başlığında ise problemin çözümü yer almaktadır ve bu kısımda tanıtılan kesirli kalkülüsten faydalanılarak geliştirilen yeni modelin başarımı ele alınmakta, literatürde yer alan polinom modeline ve lineer modele kıyasla sonuçların

daha başarılı olduğu gösterilmektedir. Türk çocuklarına dair 7 veri grubunda erkek ve kız çocukların 0 – 18 yaş aralığındaki boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi değerlerinin geliştirilen sürekli fonksiyon ile grafikleri üretilmiştir. Ayrıca modelin polinom modeli ve lineer model ile mukayese edilebilmesi için bu modeller ile de aynı grafikler üretilerek teze eklenmiştir.

nc bölümde yeni geliştirilen model üzerine inşa edilmiş web uygulamasının ve mobil uygulamanın kullanımını ve özellikleri tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde sonuçlar toplu bir şekilde tartışılmıştır.



2. YÖNTEM

2.1 Verilerin Modellenmesine Yönelik Çalışmalar

Çocuk gelişiminin periyodik takibi için endokrinolojistlere yönelik Türkiye’de Çocuk Endokrinolojisi ve Diyabet Derneği tarafından ÇEDD Çözüm adıyla bir web uygulaması geliştirilmiştir[13]. Bu uygulamada Neyzi v.d. [7] verileri ile birlikte Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) [11] verileri ve Amerika Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (Centers for Disease Control and Prevention, CDC)verileri [9] ile hesaplamalar yapılmaktadır. ÇEDD Çözüm’de doğum tarihi ve muayene ölçümleri ile LMS yöntemi kullanılarak, büyüme standard sapma puanı ve büyüme yüzdelik dilim değeri hesaplanmaktadır.

Bu çalışmadaki temel farklılık geliştirilen matematiksel modelin kesirli kalkülüs metodu ile yeni geliştirilen bir yaklaşım olması ve bu model üzerinde geliştirilen web uygulaması ile mobil uygulamanın periyodik gelişim takibinin daha kolay ve daha doğru değerlendirilmesini sağlamasıdır.

2.2 Problemin Formülasyonu

Bu çalışmada amacımız $f(x)$ fonksiyonunu Riemann-Liouville ve Gamma özel fonksiyonlarını kullanarak kesirli türev yaklaşımı ile yeni bir matematiksel model oluşturmaktır. Çocuğun yıl cinsinden yaşı x ile,beklenen değer ise $f(x)$ olarak tanımlanmıştır.

$$y = f(x) \tag{1}$$

İlk aşamada Riemann-Liouville eşitliğine göre kesirli dereceli türev \mathcal{D}_x^α , (2) formülünde tanımlanmıştır.

$$\frac{d^\alpha y}{dx^\alpha} = \frac{d^\alpha f(x)}{dx^\alpha} = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (n + \alpha) x^{n+\alpha-1}$$

(2)

(2) denklemini sağlayacak şekilde bir $y = f(x)$ fonksiyonu belirlemeye, yani a_n ve α değerlerini tespit etmeye çalışacağız. Burada $\alpha \in (0, 1)$ olmak üzere kesirli türev \mathfrak{D}_x^α aşağıda yer alan Riemann-Liouville eşitliğinden tanımlanacaktır [14].

$$\mathfrak{D}_x^\alpha f(x) = \frac{d^\alpha f(x)}{dx^\alpha} = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \frac{d}{dx} \int_{-\infty}^x \frac{f(t)}{(x-t)^\alpha} dt \quad (3)$$

Burada Gamma Fonksiyonu, $\Gamma(1-\alpha)$ aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\Gamma(1-\alpha) = \int_0^\infty t^{-\alpha} e^{-t} dt \quad (4)$$

Kesirli derece olan α değeri 0 ve 1 arasında değişmektedir. (2) denklemini çözmek için Laplace dönüşümü alınır. Burada \mathcal{L} Laplace dönüşümünü ifade etmektedir. (5) ve (6) ile verilen özellik kullanılarak, (7) denklemi $f(x)$ 'in Laplace dönüşümü, $F(s)$ bulunmuştur.

$$x^\alpha \xrightarrow{\mathcal{L}} \frac{\Gamma(\alpha+1)}{s^{\alpha+1}} \quad (5)$$

$$\mathcal{L} \frac{d^\alpha f}{dx^\alpha} \xrightarrow{\mathcal{L}} s^\alpha F(s) - s^{\alpha-1} f(0) \quad (6)$$

Bu aşamada $f(x)$ fonksiyonunun Laplace ve ters Laplace dönüşümü alınmaktadır.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} \frac{d^\alpha y}{dx^\alpha} &= \mathcal{L} \sum_{n=0}^{\infty} a_n (n+\alpha) x^{n+\alpha-1} \\ s^\alpha F(s) - s^{\alpha-1} f(0) &= \sum_{n=0}^{\infty} a_n (n+\alpha) \frac{\Gamma(n+\alpha)}{s^{n+\alpha}} \\ F(s) &= s^{-1} f(0) + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \frac{\Gamma(n+\alpha+1)}{s^{n+2\alpha}} \end{aligned}$$

(7)

$$f(x) \xrightarrow{\mathcal{L}} F(s)$$

$$F(s) \xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} f(x)$$

Burada ters Laplace dönüşümü \mathcal{L}^{-1} uygulanarak $f(x)$, (8)'de olduğu gibi bulunabilir.

$$f(x) = f(0) + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x^{n+2\alpha-1}$$

(8)

(8) denklemindeki sonsuz toplam ifadesi herhangi bir N değerinde kesilirse aradığımız fonksiyon yaklaşık olarak aşağıdaki gibi elde edilir.

$$f(x) \cong f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x^{n+2\alpha-1}$$

(9)

Veri setimizi (9) denklemi ile regresyon yapmak için kullanırız. Burada K veri setinin boyutu olmak üzere $i = 1, 2, \dots, K$. Çocukların yaşına göre fiziksel gelişimine ilişkin boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi değerleri P_i olarak tanımlanmıştır. Çocukların yıl cinsinden yaşını x_i temsil etmektedir.

$$P_i = [p_1 p_2 \dots p_K]$$

$$x_i = [x_1 x_2 \dots x_K]$$

Bu durumda $f(x_i)$ fonksiyonu elde ettiğimiz değer olacak. En küçük kareler yöntemine göre, p_i and $f(x_i)$ değerleri arasındaki hata olarak tanımlanan ϵ_i aşağıda (10) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$(\epsilon_i)^2 = (p_i - f(x_i))^2$$

(10)

En küçük kareler yöntemine göre veri setindeki her değer için hata karelerinin toplamı ϵ_T^2 , aşağıda (11)'da yer alan denklem takımı ile minimize edilmeye çalışılmaktadır.

$$\begin{aligned}\epsilon_T^2 &= \sum_{i=1}^K (\epsilon_i)^2 \\ (\epsilon_1)^2 &= \left[p_1 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_1^{n+2\alpha-1} \right\} \right]^2 \\ (\epsilon_2)^2 &= \left[p_2 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_2^{n+2\alpha-1} \right\} \right]^2 \\ &\dots \\ (\epsilon_K)^2 &= \left[p_K - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_K^{n+2\alpha-1} \right\} \right]^2\end{aligned}\tag{11}$$

$$\epsilon_T^2 = \epsilon_0^2 + \epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \dots + \epsilon_K^2 = \sum_{i=1}^K \epsilon_i^2\tag{12}$$

$$\epsilon_T^2 = \sum_{i=1}^K \left[p_i - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_i^{n+2\alpha-1} \right\} \right]^2\tag{13}$$

Hatanın en az olması için bilinmeyen katsayılar dikkate alınarak,

$$\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial f(0)} = 0, \quad \frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_2} = 0, \quad \dots \quad \frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_K} = 0\tag{14}$$

(14)'ten,

$$\begin{aligned}\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial f(0)} &= -2 \left[p_1 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_1^{n+2\alpha-1} \right\} \right] \\ &\quad -2 \left[p_2 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_2^{n+2\alpha-1} \right\} \right] \\ &\quad -2 \left[p_3 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_3^{n+2\alpha-1} \right\} \right] \\ &\quad \dots \\ &\quad -2 \left[p_K - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_K^{n+2\alpha-1} \right\} \right] = 0\end{aligned}$$

$$\frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial f(0)} = \sum_{i=1}^K p_i - \left[Kf(0) + a_0 \frac{\Gamma(\alpha + 1)}{\Gamma(2\alpha)} \sum_{i=1}^K x_i^{2\alpha-1} + a_1 \frac{\Gamma(\alpha + 2)}{\Gamma(2\alpha + 1)} \sum_{i=1}^K x_i^{2\alpha} + \dots + a_N \frac{\Gamma(N + \alpha + 1)}{\Gamma(N + 2\alpha)} \sum_{i=1}^K x_i^{N+2\alpha-1} \right] = 0$$

(15)

$$\begin{aligned} \frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_N} = & -2 \left[p_1 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_1^{n+2\alpha-1} \right\} \right] x_1^{N+2\alpha-1} \\ & - 2 \left[p_2 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_2^{n+2\alpha-1} \right\} \right] x_2^{N+2\alpha-1} \\ & - 2 \left[p_3 - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_3^{n+2\alpha-1} \right\} \right] x_3^{N+2\alpha-1} \\ & \dots \\ & - 2 \left[p_K - \left\{ f(0) + \sum_{n=0}^N a_n \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x_K^{n+2\alpha-1} \right\} \right] x_K^{N+2\alpha-1} \\ = & 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \epsilon_T^2}{\partial a_N} = & \left[\sum_{i=1}^K p_i x_i^{N+2\alpha-1} \right] \\ & - \left[f(0) \sum_{i=1}^K x_i^{N+2\alpha-1} + a_0 \frac{\Gamma(\alpha + 1)}{\Gamma(2\alpha)} \sum_{i=1}^K x_i^{4\alpha+N-2} \right. \\ & \left. + a_1 \frac{\Gamma(\alpha + 2)}{\Gamma(2\alpha + 1)} \sum_{i=1}^K x_i^{4\alpha+N-1} + \dots + a_N \frac{\Gamma(N + \alpha + 1)}{\Gamma(N + 2\alpha)} \sum_{i=1}^K x_i^{4\alpha+2N-2} \right] \\ = & 0 \end{aligned}$$

(16)

denklemleri elde edilir.

2.3 Problemin Çözümü

Bu çalışmada Ek A.1'deki çizelgelerde yer alan Türkiye'deki 0 - 18 yaş aralığındaki kız ve erkek çocukların boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksine ilişkin 7 yüzdellik dilimi içeren veri seti kullanılmıştır [7].

Bölüm 2.1'deki formülasyonda anlatılan yaklaşım sonucunda en küçük kareler yöntemi kullanılarak Lineer Cebirsel Denklem Sistemleri ile (17) eşitliği elde edilir.

$$[A]_{N+1 \times N+1} [\Omega]_{N+1 \times 1} = [B]_{N+1 \times 1} \quad (17)$$

burada (17) denkleminde elde edilen A, B ve Ω aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$c_n(x, \alpha) = \frac{\Gamma(n + \alpha + 1)}{\Gamma(n + 2\alpha)} x^{n+2\alpha-1}$$

$$A = \begin{bmatrix} k & \sum_{i=1}^k c_0(x_i) & \sum_{i=1}^k c_1(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^k c_N(x_i) \\ \sum c_0(x_i) & \sum c_0(x_i)c_0(x_i) & \sum c_0(x_i)c_1(x_i) & \dots & \sum c_0(x_i)c_N(x_i) \\ \sum c_1(x_i) & \sum c_1(x_i)c_0(x_i) & \sum c_1(x_i)c_1(x_i) & \dots & \sum c_1(x_i)c_N(x_i) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sum c_m(x_i) & \sum c_m(x_i)c_0(x_i) & \sum c_m(x_i)c_1(x_i) & \dots & \sum_{i=1}^k c_m(x_i)c_N(x_i) \end{bmatrix}$$

$$[\Omega] = [f(0) \quad a_0 \quad a_1 \quad \dots \quad a_N]^T$$

$$[B] = \left[\sum_{i=0}^K P_i \quad \sum_{i=0}^K P_i c_0(x_i) \quad \sum_{i=0}^K P_i c_1(x_i) \quad \dots \quad \sum_{i=0}^K P_i c_N(x_i) \right]^T$$

T matris transpozesi olmak üzere (17) eşitliğinden bilinmeyen katsıylardan oluşan Ω vektörü (18) eşitliğindeki gibi bulunur.

$$[\Omega]_{N-1 \times 1} = [A]_{N-1 \times N-1}^{-1} [B]_{N-1 \times 1} \quad (18)$$

burada, $[A]^{-1}$, [A] matrisinin tersini ifade etmektedir. (18) eşitliği ile katsayı vektörü $[\Omega]$ bulunduktan sonra (9) eşitliğinde yer alan $f(x)$ fonksiyonu ile P_i değerleri herhangi bir x değeri için hesaplanabilir duruma gelmiş olmaktadır.

k veri boyutu, N terim sayısı, a_n ve $f(0)$ bilinmeyenlerken $f(x)$ aşağıdaki gibi bulunur.

$$f(x_i) \cong f(0) + \sum_{n=0}^N c_n(x_i, \alpha) a_n ; \alpha \geq \frac{1}{2} \quad (19)$$

Problemin çözümü çocukların fiziksel gelişimini modellemede kullanılmıştır. Lineer ve Polinom modelleri ile de modelleme yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırma amacıyla kullanılmıştır. Modelleri karşılaştırmak için Ortalama Mutlak Yüzdesele Hata (Mean Absolute Percentage Error, *MAPE*) kullanılmıştır.

MAPE formülü (3.1) ile gösterilmiştir.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P(i) - f(x_i)}{P(i)} \right| \times 100 \quad (3.1)$$

Kesirli Kalkülüs Model'inin başarımını Polinom Modeli ve Lineer Model ile karşılaştırabilmek için (3.1) ile hesaplanan *MAPE* değerlerinin ortalamaları bulunmalıdır. Tüm yüzdesele dilimlerdeki ortalama hata (3.3)'teki formül ile hesaplanmaktadır.

$$AMAPE = \frac{\sum MAPE}{M}$$

M toplam yüzdesele dilim sayısı, 7 erkek çocuk için yüzdesele dilim ve 7 kız çocuk için yüzdesele dilim olmak üzere 14'tür.

Çizelge 2.1, Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te terim sayılarına göre ($N=4$, $N=5$, $N=6$) *MAPE*, *AMAPE* ve α değerleri yer almaktadır. Terim sayısı olan N matris boyutunu belirtmektedir. Tablolarda yer alan sonuçlar incelendiği zaman Kesirli Kalkülüs Modeli ile elde edilen sonuçlar, Lineer Model'e ve Polinom Model'ine göre daha başarılıdır.

Çizelge 2.1'de yaşa göre boy uzunluğu değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 2.1: Yaşa göre boy uzunluğu değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları.

RESULTS	N=4				N=5			N=6		
	Linear Model	Polynomial Model	Fractional Model		Polynomial Model	Fractional Model		Polynomial Model	Fractional Model	
	MAPE	MAPE	MAPE	Alfa	MAPE	MAPE	Alfa	MAPE	MAPE	Alfa
3 % -Boy	5,40216	2,94744	0,87951	0,753	1,45041	0,57127	0,829	0,66847	0,43158	0,773
10 % -Boy	5,40753	3,01494	0,96420	0,748	1,41368	0,53530	0,831	0,63565	0,38771	0,780
25 % -Boy	5,46477	3,06009	1,03563	0,741	1,40315	0,49119	0,830	0,60664	0,36352	0,782
50 % -Boy	5,55995	3,11035	1,12859	0,737	1,37383	0,44093	0,832	0,58307	0,34483	0,793
75 % -Boy	5,63240	3,16364	1,22742	0,731	1,39157	0,42256	0,833	0,56494	0,35449	0,788
90 % -Boy	5,69813	3,21239	1,31968	0,728	1,40888	0,43584	0,835	0,55243	0,37323	0,808
97 % -Boy	5,77656	3,27232	1,41024	0,723	1,42294	0,45357	0,837	0,54048	0,39311	0,815
3 % -Girl	6,82329	3,29156	1,47325	0,706	1,76381	0,60592	0,810	0,73259	0,60495	0,811
10 % -Girl	6,94377	3,21861	1,43139	0,708	1,73641	0,53637	0,819	0,72398	0,54992	0,818
25 % -Girl	7,06338	3,17342	1,40854	0,710	1,72599	0,47503	0,820	0,71424	0,50914	0,850
50 % -Girl	7,19364	3,08380	1,35833	0,713	1,71902	0,43446	0,819	0,70988	0,46380	0,856
75 % -Girl	7,32347	3,03623	1,35012	0,716	1,74577	0,44678	0,819	0,72151	0,43315	0,857
90 % -Girl	7,45065	2,99138	1,33784	0,719	1,74985	0,45948	0,819	0,71465	0,42925	0,860
97 % -Girl	7,55358	2,95263	1,31878	0,721	1,77955	0,48693	0,818	0,72505	0,43786	0,871
AMAPE	6,37809	3,10920	1,26025		1,57749	0,48540		0,65668	0,43404	

Yaşa göre boy uzunluğu değerleri için Lineer Model ile, Polinom Modeli ile ve Kesirli Kalkülüs Modeli ile tüm yüzdelik dilimlerdeki hata oranı (3.1)'deki *MAPE* formülü ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.1'de karşılaştırılmıştır. Matris boyutu 4 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %92 daha iyi, polinom modeline göre ise %69 daha iyi başarımlar gözlenmiştir. Matris boyutu 5'e artırıldığında polinom modelinde %25 oranında iyileşme görülmekte; kesirli kalkülüs modelinde ise %11 oranında iyileşme görülmektedir. Matris boyutu 5 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %93 daha iyi, polinom modeline göre ise %63 daha iyi başarımlar gözlenmiştir. Matris boyutu 6'ya artırıldığında polinom modelinde %59 oranında iyileşme görülmekte; kesirli kalkülüs modelinde ise %12 oranında iyileşme görülmektedir. Matris boyutu 6 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %93 daha iyi, polinom modeline göre ise %44 daha iyi başarımlar gözlenmiştir.

Çizelge 2.2'de yaşa göre vücut ağırlığı değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 2.2: Yaşa göre vücut ağırlığı değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları.

RESULTS	N=4				N=5			N=6		
	Linear Model	Polynomial Model	Fractional Model		Polynomial Model	Fractional Model		Polynomial Model	Fractional Model	
	MAPE	MAPE	MAPE	Alfa	MAPE	MAPE	Alfa	MAPE	MAPE	Alfa
3 % -Boy	15,94569	3,98476	2,42282	0,891	4,60996	2,36093	0,663	1,49245	0,74834	0,868
10 % -Boy	15,94129	3,69455	2,31801	0,893	3,96182	1,90771	0,688	1,48870	0,75488	0,824
25 % -Boy	16,10457	3,48382	2,23927	0,894	3,60270	1,47695	0,706	1,53045	0,97093	0,769
50 % -Boy	16,29961	3,35555	2,13458	0,893	3,35867	1,15528	0,732	1,65750	1,26550	0,699
75 % -Boy	16,29774	3,31752	2,10066	0,889	3,30272	1,20981	0,794	1,93788	1,56421	0,501
90 % -Boy	16,32250	3,30900	1,94452	0,880	3,19587	1,42814	0,521	2,18514	1,61275	0,501
97 % -Boy	16,08970	3,57404	1,79719	0,867	3,09237	1,58682	0,501	2,52023	1,71149	0,649
3 % -Gırl	13,26776	3,94569	3,27402	0,936	3,95172	2,24403	0,789	1,35364	2,63462	0,501
10 % -Gırl	12,49925	3,70836	2,86984	0,921	3,69524	2,09670	0,847	1,46558	2,45676	0,501
25 % -Gırl	11,66780	3,54829	2,51268	0,905	3,49846	2,09437	0,589	1,62987	2,34920	0,501
50 % -Gırl	10,92044	3,56472	2,08036	0,881	3,36231	1,92115	0,501	1,97542	2,36901	0,501
75 % -Gırl	10,08146	3,91997	1,71737	0,857	3,21661	2,13181	0,501	2,31587	2,32471	0,501
90 % -Gırl	9,55912	4,89740	1,59384	0,821	3,06135	2,34187	0,933	2,52907	2,15620	0,583
97 % -Gırl	9,21685	5,91773	1,88988	0,783	2,86849	2,17300	0,934	2,71388	1,94212	0,524
AMAPE	13,58670	3,87296	2,20679		3,48416	1,86633		1,91398	1,77577	

Yaşa göre vücut ağırlığı değerleri için Lineer Model ile, Polinom Modeli ile ve Kesirli Kalkülüs Modeli ile tüm yüzdelik dilimlerdeki hata oranı (3.1)'deki MAPE formülü ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.2'de karşılaştırılmıştır. Matris boyutu 4 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %84 daha iyi, polinom modeline göre ise %43 daha iyi başarımlar gözlenmiştir. Matris boyutu 5'e artırıldığında polinom modelinde %10 oranında iyileşme görülmekte; kesirli kalkülüs modelinde ise %15 oranında iyileşme görülmektedir. Matris boyutu 5 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %86 daha iyi, polinom modeline göre ise %52 daha iyi başarımlar gözlenmiştir. Matris boyutu 6'ya artırıldığında polinom modelinde %45 oranında iyileşme görülmekte; kesirli kalkülüs modelinde ise %5 oranında iyileşme görülmektedir. Matris boyutu 6 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %97 daha iyi, polinom modeline göre ise %7 daha iyi başarımlar gözlenmiştir.

Çizelge 2.3'te yaşa göre vücut kitle indeksi değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 2.3: Yaşa göre vücut kitle indeksi değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs model sonuçları.

RESULTS	N=4				N=5			N=6		
	Linear Model	Polynomial Model	Fractional Model		Polynomial Model	Fractional Model		Polynomial Model	Fractional Model	
	MAPE	MAPE	MAPE	Alfa	MAPE	MAPE	Alfa	MAPE	MAPE	Alfa
3 % -Boy	6,86547	2,63779	0,65110	0,559	2,58844	0,64888	0,564	1,81678	0,45063	0,631
10 % -Boy	6,91574	2,57413	0,50191	0,551	2,42529	0,49994	0,562	1,90530	0,44869	0,599
25 % -Boy	6,97157	2,51557	0,55829	0,559	2,31220	0,55668	0,568	1,93347	0,55693	0,571
50 % -Boy	7,01689	2,49044	0,67352	0,571	2,14042	0,65236	0,586	1,93058	0,62858	0,564
75 % -Boy	7,11994	2,57039	0,87931	0,591	2,14148	0,89000	0,609	2,03189	0,79382	0,547
90 % -Boy	7,11410	2,62753	0,96966	0,602	2,06025	0,97346	0,622	2,02588	0,84648	0,539
97 % -Boy	7,14870	2,80422	1,12182	0,579	2,08469	1,11742	0,639	2,05305	0,91220	0,533
3 % -Girl	6,85526	2,19452	1,04846	0,630	2,26459	0,92562	0,523	1,66866	0,88159	0,597
10 % -Girl	6,61193	2,08661	0,94634	0,616	2,09131	0,80258	0,533	1,63040	0,81109	0,548
25 % -Girl	6,46596	2,08869	0,87827	0,609	2,04343	0,79411	0,538	1,67036	0,80581	0,575
50 % -Girl	6,11670	2,10612	0,86565	0,597	1,99729	0,80348	0,534	1,74929	0,82997	0,539
75 % -Girl	5,74021	2,19502	0,84570	0,550	1,95730	0,85053	0,549	1,78864	0,85529	0,521
90 % -Girl	5,42576	2,25315	0,76747	0,550	1,91549	0,75475	0,569	1,77566	0,72961	0,545
97 % -Girl	5,27097	2,44349	0,87335	0,521	2,06460	0,67732	0,590	1,78447	0,67548	0,582
AMAPE	6,54566	2,39912	0,82721		2,14906	0,78194		1,84032	0,73044	

Yaşa göre vücut kitle indeksi değerleri için Lineer Model ile, Polinom Modeli ile ve Kesirli Kalkülüs Modeli ile tüm yüzdellik dilimlerdeki hata oranı (3.1)'deki *MAPE* formülü ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.3'te karşılaştırılmıştır. Matris boyutu 4 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %87 daha iyi, polinom modeline göre ise %66 daha iyi başarımlar gözlenmiştir. Matris boyutu 5'e artırıldığında polinom modelinde %10 oranında iyileşme görülmekte; kesirli kalkülüs modelinde ise %6 oranında iyileşme görülmektedir. Matris boyutu 5 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %88 daha iyi, polinom modeline göre ise %67 daha iyi başarımlar gözlenmiştir. Matris boyutu 6'ya artırıldığında polinom modelinde %15 oranında iyileşme görülmekte; kesirli kalkülüs modelinde ise %6 oranında iyileşme görülmektedir. Matris boyutu 6 alındığında elde edilen sonuçlarda lineer modele göre %89 daha iyi, polinom modeline göre ise %60 daha iyi başarımlar gözlenmiştir.

Çocukların fiziksel gelişim değerleri üç farklı metod ile modellenmiştir ve sonuçlar bu bölümde karşılaştırılmıştır. Bunlar Lineer Model, Polinom Modeli ve Kesirli Kalkülüs Modelidir. Kesirli Kalkülüs Modeli'nin Lineer Model ve Polinom Modeli karşısındaki başarı oranları *MAPE* değerleri oranlanarak yüzdesel biçimde hesaplanmıştır.

Çizelge 2.4'te Kesirli Kalkülüs Modeli'nin Lineer Model ve Polinom Modeli karşısında başarı oranları yer almaktadır.

Çizelge 2.4: Terim sayısına göre kesirli kalkülüs modelinin lineer ve polinom modellerine göre başarı oranları.

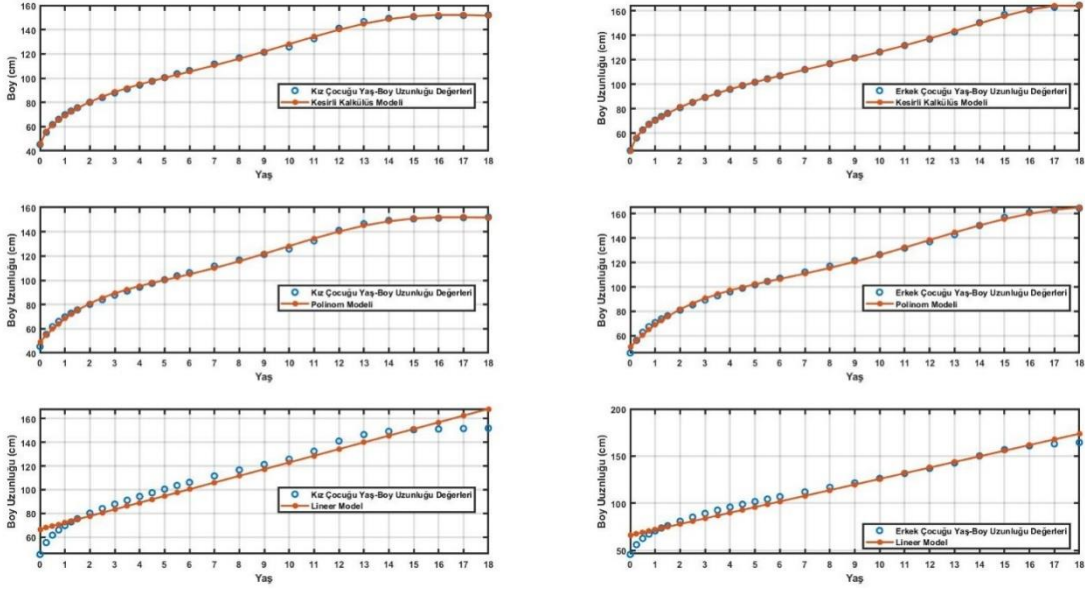
Terim Sayısı	Lineer Model			Polinom Modeli		
	Boy Uzunluğu	Vücut Ağırlığı	Vücut Kitle Endeksi	Boy Uzunluğu	Vücut Ağırlığı	Vücut Kitle Endeksi
N=4	%92	%84	%87	%69	%43	%66
N=5	%93	%86	%88	%63	%52	%67
N=6	%93	%97	%89	%44	%7	%60

Çizelge 2.4'te görüldüğü üzere Kesirli Kalkülüs Modelinin diğer modellere göre çok daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Terim sayısı (*N*) arttıkça Kesirli Kalkülüs Modeli'nin başarımı genel olarak artmaktadır. Aynı şekilde, terim sayısı arttıkça Polinom Modeli'nde de başarı oranı genel olarak artmasına rağmen Kesirli Kalkülüs Modeli daha iyi sonuçlar vermeye devam etmektedir.

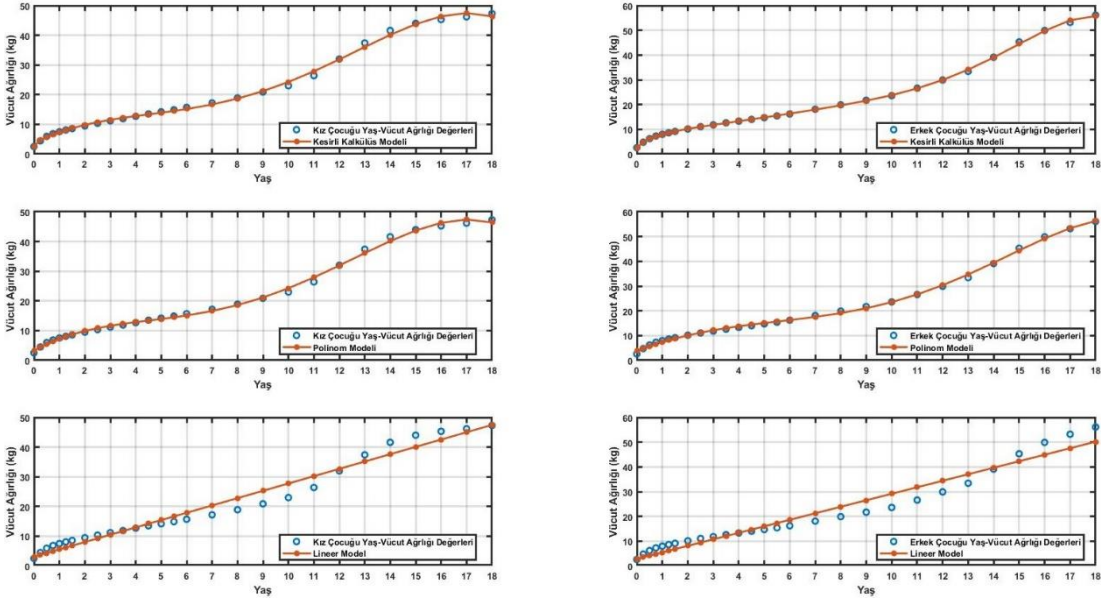
Şekil 2.1'de %3 dilimindeki erkek ve kız çocukların yaşa göre boy uzunluklarının değişimleri ile birlikte Kesirli Kalkülüs Modeli, Polinom Modeli ve Lineer Model ile üretilen fonksiyonlar gösterilmektedir.

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi %3 dilimindeki erkek ve kız çocuklara dair yaşa göre boy uzunluğu değişimi geliştirilen metotla başarılı bir şekilde modellenmiştir. Polinom Modeli ve Lineer Modelle kıyasla Kesirli Kalkülüs Modeli ile üretilen sürekli fonksiyon veri seti değerlerine oldukça yaklaşmıştır.

Şekil 2.2’de %3 dilimindeki erkek ve kız çocukların yaşa göre vücut ağırlıklarının değişimleri gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 2.2’de Kesirli Kalkülüs Modeli, Polinom Modeli ve Lineer Model ile üretilen fonksiyonlar veri setindeki değerler ile birlikte gösterilmektedir.



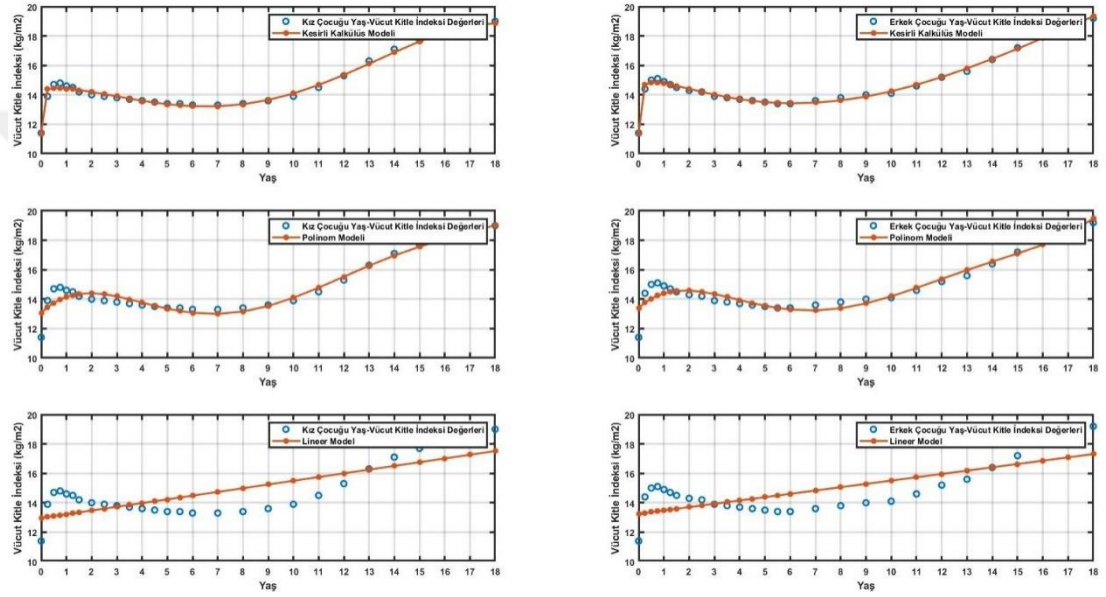
Şekil 2.1: 3 persentilyaşa göre boy uzunluğu değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs modeli sonuçları.



Şekil 2.2: 3 persentilyaşa göre vücut ağırlığı değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs modeli sonuçları.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi %3 dilimindeki erkek ve kız çocuklara dair yaşa göre vücut ağırlığı değişimi geliştirilen metotla başarılı bir şekilde modellenmiştir. Polinom Modeli ve Lineer Modele kıyasla Kesirli Kalkülüs Modeli ile üretilen sürekli fonksiyon veri seti değerlerine oldukça yaklaşmıştır.

Şekil 2.3’te %5’lik dilimdeki erkek ve kız çocukların yaşa göre vücut kitle endeksi değişimleri gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 2.1’de Kesirli Kalkülüs Modeli, Polinom Modeli ve Lineer Model ile üretilen fonksiyonlar veri setindeki değerler ile birlikte gösterilmektedir.



Şekil 2.3:5 persentilyaşa göre vücut kitle endeksi değerlerinin lineer, polinom ve kesirli kalkülüs modeli sonuçları.

Şekil 2.3’te görüldüğü gibi %5’lik dilimdeki erkek ve kız çocuklara dair yaşa göre vücut kitle endeksi değişimi geliştirilen metotla başarılı bir şekilde modellenmiştir. Polinom Modeli ve Lineer Modele kıyasla Kesirli Kalkülüs Modeli ile üretilen sürekli fonksiyon veri seti değerlerine oldukça yaklaşmıştır. Regresyon sonucunda elde edilen katsayılar ve veri setlerinden alınan $f(0)$ değerlerine karşılık gelen a ve a_n değerleri Çizelge 2.5 -Çizelge 2.10’da gösterilmektedir.

Çizelge 2.5:Erkek çocuk – boy uzunluğu persentil katsayıları ve $f(0), \alpha, a_n$ değerleri.

Katsayı	%3	%10	%25	%50	%75	%90	%97
a_0	25,4452	25,9037	26,2235	26,4007	26,4708	26,5820	26,7923
a_1	-1,7663	-1,8017	-1,4445	-0,9574	-0,3235	0,1178	0,5240
a_2	0,2762	0,2360	0,1424	0,0126	-0,1355	-0,2518	-0,3596
a_3	-0,0294	-0,0220	-0,0106	0,0049	0,0216	0,0356	0,0484
a_4	0,0018	0,0013	0,0007	-0,0001	-0,0010	-0,0017	-0,0024
a_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
α	0,8	0,808	0,803	0,799	0,791	0,788	0,785
$f(0)$	45,8935	47,1975	48,4505	49,9661	51,3015	52,8870	54,20133

Çizelge 2.6:Erkek çocuk – vücut ağırlığı persentil katsayıları ve ve $f(0), \alpha, a_n$ değerleri.

Katsayı	%3	%10	%25	%50	%75	%90	%97
a_0	2,5810	2,8511	3,1302	3,4301	3,7301	4,0005	4,4350
a_1	6,4467	6,2942	5,8982	5,1985	2,3878	2,1834	4,3512
a_2	-1,4875	-0,9381	-0,0844	1,2037	4,5198	5,4246	3,9210
a_3	0,3201	0,1930	0,0052	-0,2639	-0,7046	-0,9637	-0,9820
a_4	-0,0358	-0,0218	-0,0014	0,0279	0,0666	0,1030	0,1231
a_5	0,0020	0,0014	0,0004	-0,0009	-0,0019	-0,0039	-0,0061
α	0,868	0,824	0,769	0,699	0,501	0,501	0,649
$f(0)$	2,6476	2,9267	3,1860	3,4296	3,7295	3,9790	4,268286

Çizelge 2.7:Erkek çocuk – vücut kitle endeksi persentil katsayıları ve ve $f(0), \alpha, a_n$ değerleri.

Katsayı	%5	%15	%25	%50	%75	%85	%95
a_0	5,0371	4,9403	4,7397	4,6751	4,6796	4,6011	4,6889
a_1	-1,4407	-1,2119	-0,9286	-0,8099	-0,5401	-0,3957	-0,2096
a_2	0,2440	0,1739	0,0953	0,0423	-0,0530	-0,1056	-0,1810
a_3	-0,0217	-0,0128	-0,0036	0,0046	0,0181	0,0260	0,0385
a_4	0,0010	0,0005	0,0001	-0,0004	-0,0011	-0,0016	-0,0024
a_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
α	0,631	0,599	0,571	0,564	0,547	0,539	0,533
$f(0)$	11,3878	12,1843	12,6852	13,6898	14,6011	15,2001	16,1002

Çizelge 2.8:Kız çocuk – boy uzunluğu persentil katsayıları ve ve $f(0), \alpha, a_n$ değerleri.

Katsayı	%3	%10	%25	%50	%75	%90	%97
a_0	21,8467	22,2824	23,0113	23,5560	24,3042	24,7978	25,3020
a_1	1,4150	1,4516	1,1937	1,1217	0,9782	0,9307	0,9160
a_2	-0,5469	-0,5720	-0,5419	-0,5447	-0,5355	-0,5404	-0,5490
a_3	0,0731	0,0773	0,0760	0,0779	0,0788	0,0805	0,0826
a_4	-0,0039	-0,0042	-0,0042	-0,0044	-0,0045	-0,0047	-0,0048
a_5	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
α	0,773	0,776	0,784	0,789	0,794	0,798	0,8
$f(0)$	44,8783	46,1622	47,8930	49,3856	50,6848	51,9370	53,39682

Çizelge 2.9:Kız çocuk – vücut ağırlığı persentil katsayıları ve ve $f(0), \alpha, a_n$ değerleri.

Katsayı	%3	%10	%25	%50	%75	%90	%97
a_0	1,3434	1,2128	1,1030	1,0419	1,0399	2,2329	1,5938
a_1	3,2363	3,7481	4,2685	4,8509	5,4158	4,7854	6,0971
a_2	-0,4584	-0,6073	-0,7528	-0,9228	-1,0823	-1,1218	-1,3675
a_3	0,0347	0,0563	0,0779	0,1046	0,1309	0,1460	0,1857
a_4	-0,0004	-0,0017	-0,0029	-0,0046	-0,0062	-0,0077	-0,0101
a_5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
α	0,501	0,501	0,501	0,501	0,501	0,583	0,524
$f(0)$	2,5205	2,7593	2,9073	3,2889	3,5780	3,8393	4,096551

Çizelge 2.10:Kız çocuk – vücut kitle endeksi persentil katsayıları ve ve $f(0), \alpha, a_n$ değerleri.

Katsayı	%5	%15	%25	%50	%75	%85	%95
a_0	4,04871	3,70801	3,98279	3,95865	4,04813	4,36961	5,12779
a_1	-0,71145	-0,36713	-0,61180	-0,47360	-0,37905	-0,66687	-1,29712
a_2	0,07306	-0,00926	0,03426	-0,00550	-0,04198	0,02136	0,17201
a_3	-0,00440	0,00475	0,00176	0,00766	0,01435	0,00919	-0,00469
a_4	0,00025	-0,00018	-0,00011	-0,00044	-0,00086	-0,00070	-0,00016
a_5	-0,00001	0,00000	0,00000	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001
α	0,597	0,548	0,575	0,539	0,521	0,545	0,582
$f(0)$	11,3892	12,1898	12,5871	13,4851	14,3739	14,8716	15,7565



3. UYGULAMA

Bu bölümde geliştirilen uygulamaya dair bilgiler yer almaktadır. Uygulama temel olarak aşağıdaki dört özelliği sağlamaktadır.

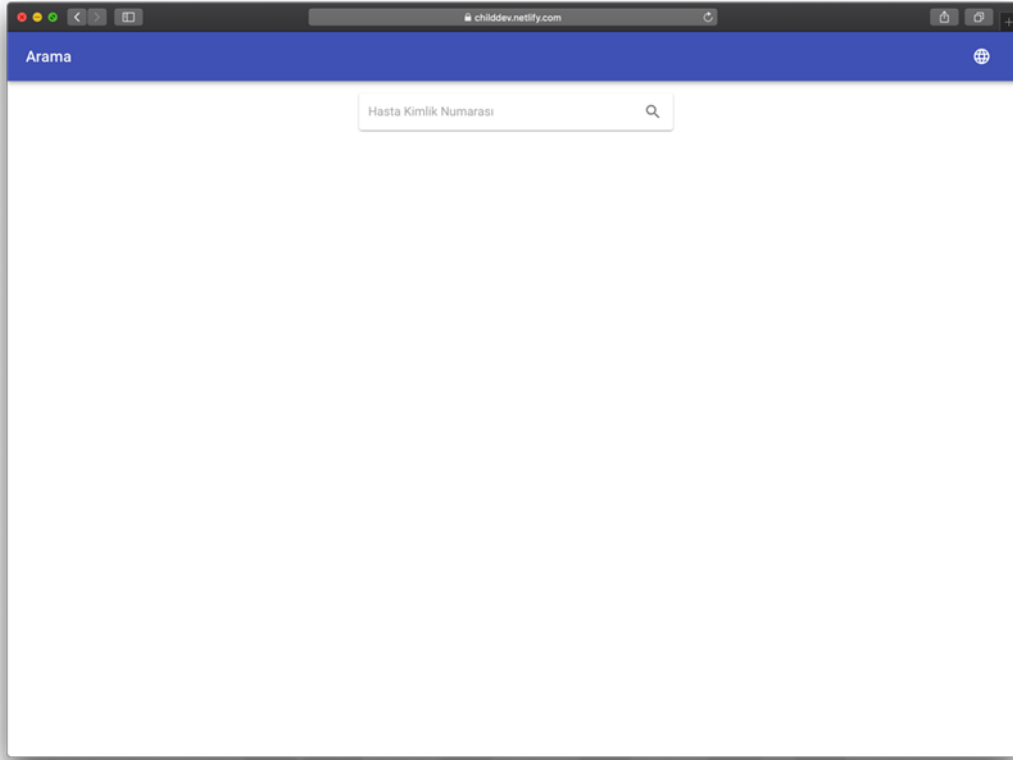
- Hasta kayıtları (Doğum tarihi ve doğum ölçüleri ile birlikte)
- Muayene ölçümleri girişi
- Beklenen ölçü hesabı ve ölçüm değerlendirilmesi
- Muayene kaydı ve gelişim grafiklerinde ölçüm geçmişi gösterimi

3.1 Hasta Kayıtları

Kullanıcı verilerinin korunumu her geçen gün önemini artırmaktadır. Özellikle sağlık sektöründe kişisel verilerin gizliliği bireyler ve kuruluşlar tarafından önemsenmektedir.

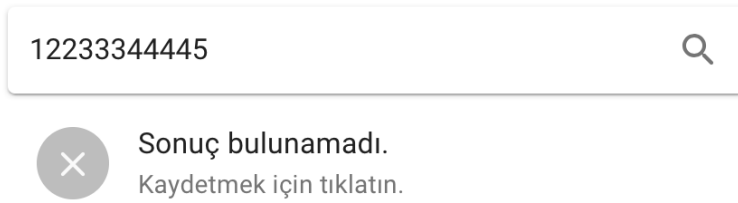
Bu uygulamada hasta verilerinin gizliliği de önemli görüldüğü için bir takım önlemler alınmıştır. Uygulamalarda yer alan hesaplama ve ölçüm geçmişlerinin kaydı için hiçbir merkezi veritabanı yahut servis kullanılmamaktadır. Hasta bilgileri ve ölçümler kullanıcının bilgisayarını, cep telefonu yahut tablet bilgisayarında tutulmaktadır. Ayrıca gizlilik sebebiyle kayıtlı hastalar uygulamaların herhangi bir bölümünde listelenmemektedir. Böylece hekime verilen hasta bilgileri başkalarının tarafından ulaşılmasına mani olunmaktadır.

Hekim bir hasta kaydına ulaşmak için hastanın Türkiye Cumhuriyeti kimlik numarası yahut yabancı kimlik numarası ile sorgulama yapması gerekmektedir. Şekil 3.4'te sorgu ekranı görülebilir. Bu ekranda hekim hasta kimlik numarasını girip arama düğmesine tıklayarak ilgili hastanın kayıtlarına ulaşabilir.



Şekil 3.1:Hasta kaydı arama ekranı.

Eğer arama yapılan kimlik numarası daha evvel kaydedilmişse ilgili kayıt sonuç alanında gösterilir (bkz. Şekil 3.3); kaydedilmemişse sonucun bulunamadığına dair bir mesaj gösterilir (bkz. Şekil 3.2). Girilen kimlik numarası için yeni bir kayıt oluşturma ekranına bu bölüme tıklatmakla ulaşılabilmektedir.



Şekil 3.1: Hasta kaydı arama sonucu - 1.



12233344445

Güldehan

Şekil 3.2: Hasta kaydı arama sonucu - 2.

Şekil 3.4'te de görülebileceği gibi hasta kaydı oluşturmak birkaç bilgi girişi ile kolaylıkla yapılabilen bir adımdır. Hastanın kimlik numarası, ismi, cinsiyeti, doğum tarihi ve doğum ağırlığı, doğum boyu bilgileri bu adımda kaydedilir. Kaydedilen bilgiler sonraki ölçümlerde kullanılmak üzere kullanıcının cihazında saklanmaktadır.

3.2 Muayene Ölçümleri ve Ölçüm Değerlendirmesi

Hasta kaydedildikten sonra kullanıcı hesaplama sayfasına yönlendirilir. Ayrıca bu sayfaya daha önce kaydı yapılmış olan hasta için arama ekranından da ulaşılabilir (bkz. Şekil 3.3). Bu sayfada muayene ölçümlerinin kolay ve anlaşılır biçimde değerlendirilmesini yaparak gelişimin beklenen aralıklarda olup olmadığı sezgisel biçimde ortaya konulmaktadır. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi bu sayfada hastanın doğum boy uzunluğu, doğum vücut ağırlığı ve doğum vücut kitle endeksi verileri ile doğum tarihi üst kısımda gösterilmektedir. Muayene tarihi çocuğun yaşını tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu tarih seçimi ön tanımlı olarak içinde bulunulan güne ayarlıdır. İstenirse bu seçim değiştirilerek geçmişe veya gelecekteki bir tarihe yönelik hesaplama yapılabilir. Alt kısımda yer alan boy, ağırlık bilgileri muayene esnasında çocuktan alınan ölçüler doğrultusunda doldurulur. “Hesapla” düğmesine tıklanarak Şekil 3.5'te görünen sonuçlara ulaşılabilir.

Arama

12233344445

Hasta Ekle

Kimlik Numarası *
12233344445

İsim *
Güldehan

Erkek
 Kız

Doğum Tarihi *
1 Nisan 2019

Doğum Boyu *
50 cm

Doğum Ağırlığı *
3.09 kg

KAYDET

Şekil 3.3 : Hasta kayıt girişi.

Hesaplama

Güldehan
01.04.2019 tarihinde doğdu

3.09 kg (25%) 50 cm (50%) B 12.36 kg/m² (15%)

Muayene Tarihi
7 Nisan 2019

Boy
0 cm

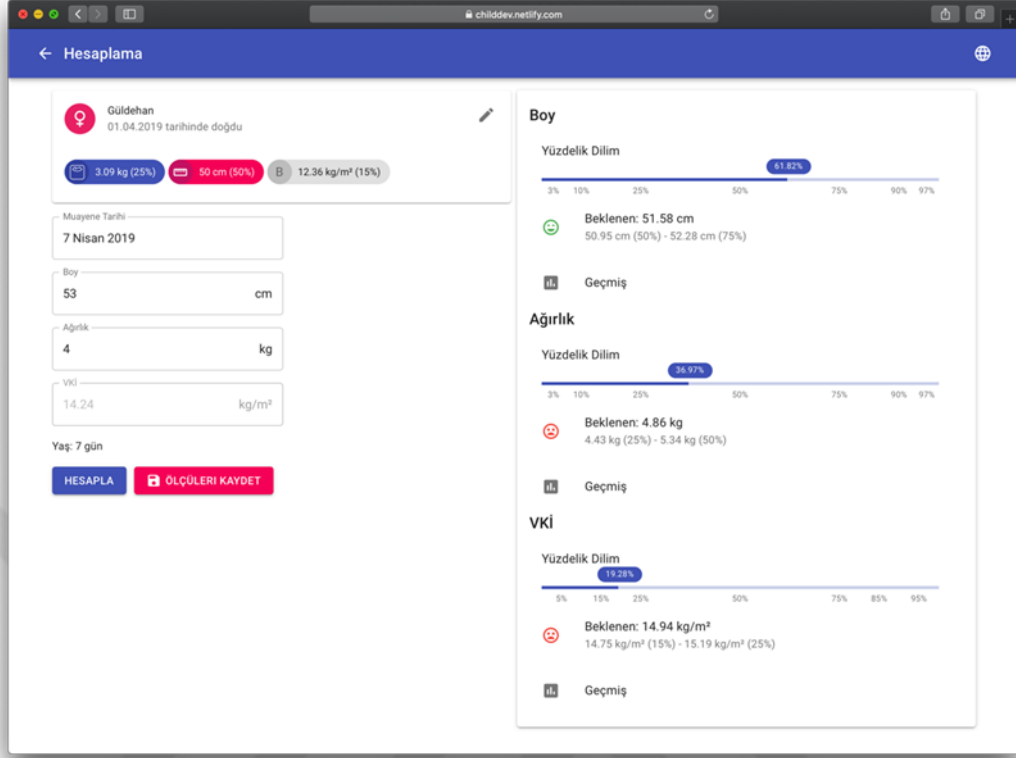
Ağırlık
0 kg

VKI
0.00 kg/m²

Yaş: 7 gün

HESAPLA ÖLÇÜLERİ KAYDET

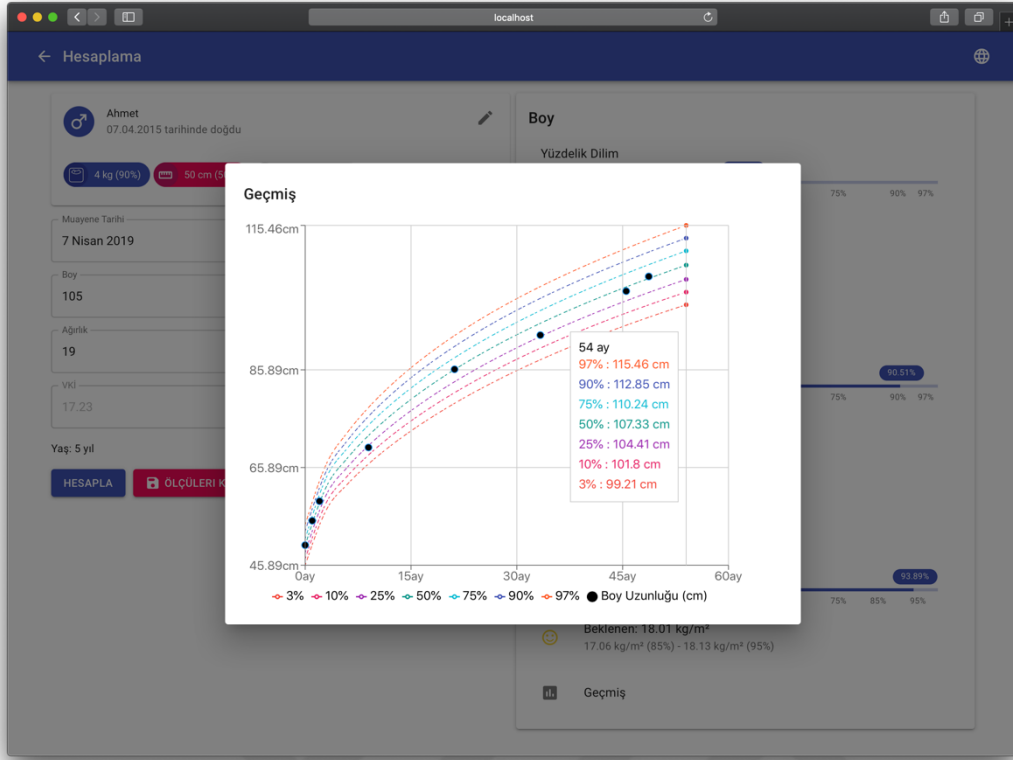
Şekil 3.4: Hesaplama sayfası.



Şekil 3.5: Hesaplama sonuçları.

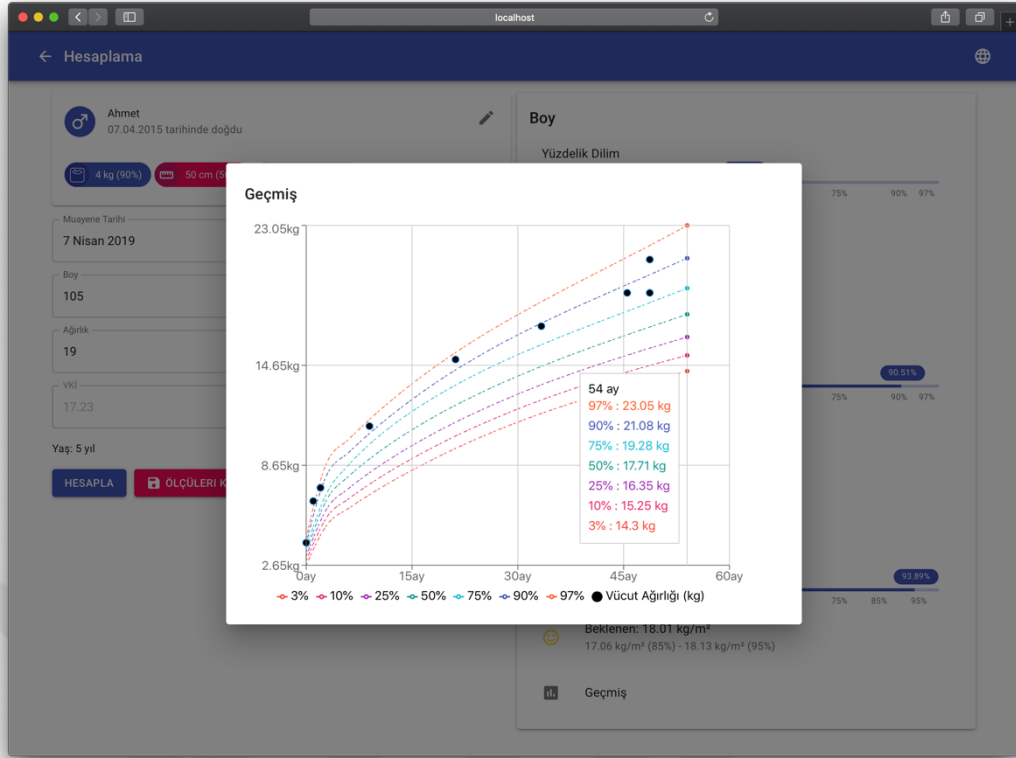
Hesaplama sonuçları üç ana başlıktan oluşmaktadır. Bunlar boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksidir.

Birinci olarak boy uzunluğu değerlendirilmektedir. Bu bölümde ölçülen uzunluğun hangi yüzdilik dilimde olduğu, beklenen değerin ne olduğu ve bir alt ve bir üst yüzdilik dilimin beklenen değerleri gösterilir. Beklenen değerin yanındaki simge çocuğun boy uzunluğu beklenen değerin üstünde ise yeşil renkte; alt ve üst dilimlerin beklenen değerleri arasında ise sarı; bir alt dilimin beklenen değerinin altında ise kırmızı renk almaktadır. Beklenen değerin altındaki geçmiş seçimi, Şekil 3.6'da görülebilen, çocuğun daha önce yapılan ve kaydedilen boy uzunluğu ölçümlerini standart büyüme değerleri grafiğinde göstermektedir. Bu grafik daha önce yapılan boy ölçümlerini gelişim eğrileri ile birlikte göstererek, hekime daha kolay ve kapsamlı bir değerlendirme yapmasında yardımcı olmaktadır.



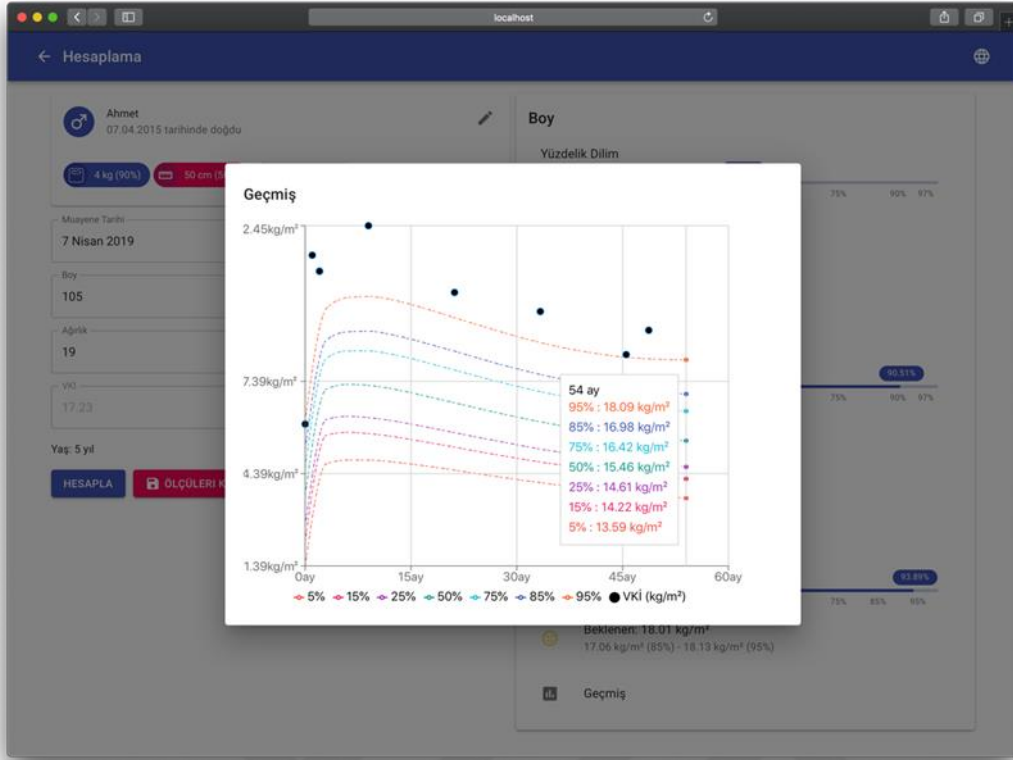
Şekil 3.6: Boy uzunluğu geçmiş grafiği.

İkinci olarak vücut ağırlığı değerlendirilmektedir. Bu bölümde ölçülen ağırlığın hangi yüzdeler diliminde olduğu, beklenen değerin ne olduğu ve bir alt ve bir üst yüzdeler diliminin beklenen değerleri gösterilir. Beklenen değerin yanındaki simge çocuğun vücut ağırlığı, beklenen değerin üstünde ise yeşil renkte; alt ve üst dilimlerin beklenen değerleri arasında ise sarı; bir alt dilimin beklenen değerinin altında ise kırmızı renk almaktadır. Beklenen değerin altındaki geçmiş seçimi, Şekil 3.7’de görülebilen, çocuğun daha önce yapılan ve kaydedilen vücut ağırlığı ölçümlerini standart büyüme değerleri grafiğinde göstermektedir. Bu grafik daha önce yapılan vücut ağırlığı ölçümlerini gelişim eğrileri ile birlikte göstererek, hekime daha kolay ve kapsamlı bir değerlendirme yapmasında yardımcı olmaktadır.



Şekil 3.7: Vücut ağırlığı geçmiş grafiği.

Son olarak vücut kitle endeksi değerlendirilmektedir. Bu bölümde ölçülen endeksin hangi yüzdeler diliminde olduğu, beklenen değerin ne olduğu ve bir alt ve bir üst yüzdeler diliminin beklenen değerleri gösterilir. Beklenen değerin yanındaki simge çocuğun vücut kitle endeksi, beklenen değerin üstünde ise yeşil renkte; alt ve üst dilimlerin beklenen değerleri arasında ise sarı; bir alt dilimin beklenen değerinin altında ise kırmızı renk almaktadır. Beklenen değerin altındaki geçmiş seçimi, çocuğun daha önce yapılan ve kaydedilen vücut kitle endeksi ölçümlerini standart büyüme değerleri grafiğinde göstermektedir. Bu grafik daha önce yapılan vücut kitle endeksi ölçümlerini gelişim eğrileri ile birlikte göstererek, hekime daha kolay ve kapsamlı bir değerlendirme yapmasında yardımcı olmaktadır.



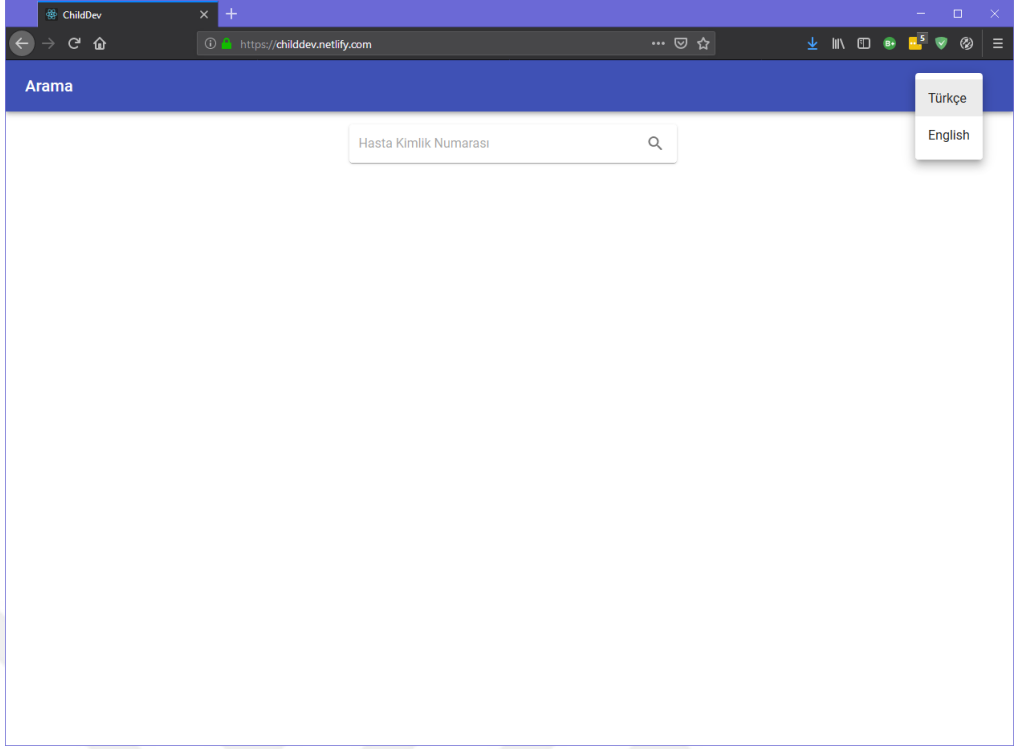
Şekil 3.8: Vücut kitle endeksi geçmiş grafiği.

Yapılan ölçümler Şekil 3.5'te görülen, "Ölçümleri Kaydet" düğmesi aracılığıyla kaydedilir. Kaydedilmiş ölçüler ilgili grafiklerde yukarıda olduğu gibi görüntülenebilmektedir.

3.3 Diğer Özellikler

Uygulama iki dil desteği barındırmaktadır: Türkçe ve İngilizce. Uygulamadaki tüm metinler İngilizce ve Türkçe tercümelere sahiptir. Daha sonra gerekli olması halinde uygulamaya yeni dillerin eklenmesi de mümkündür. Yalnızca metinlere ait yeni tercümelere eklenmelidir.

Arayüzde dil seçimi sağ üstte yer alan Şekil 3.9'da görülen seçenekler ile değiştirilebilir.



Şekil 3.9: Dil seçenekleri.



4. SONUÇLAR

Bu çalışma ile fiziksel çocuk gelişimini modelleyen sürekli bir fonksiyon Kesirli Kalkülüs Modeli kullanılarak geliştirilmiştir. Bu fonksiyon Türkiye'deki çocuklara ilişkin 7 veri grubundaki ayırık boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle endeksi verilerine dayalı olarak en küçük kareler yöntemi ve kesirli dereceli türev yardımı ile geliştirilmiştir. Modelin başarısını ölçmek için Lineer ve Polinom modelleri ile MAPE formülasyonu kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Çizelge 2.4'te de görüldüğü üzere Kesirli Kalkülüs Modelinin Lineer ve Polinom Modellerine göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Bu model ile çocukların yüzdelik grubunu belirleyerek gelişiminin takip edilmesinin yanında çocukların geçmişte elde edilen ölçümleri ile 18 yaşına kadarki değerlerini tahmin etmeyi de sağlamaktadır. Böylece, çocukların sadece 7 yüzdelik dilim grubunda sınırlandırmak yerine, 3-97 yüzdelik dilimleri arasında hangi dilime dahil olduklarını ve herhangi bir zamanda bu dilime dayalı olarak normal şartlarda ne kadar gelişme göstereceğini bulmak mümkün hale gelmiştir.

Geliştirilen matematiksel modelden faydalanarak hem sağlık personelleri hem de ebeveynler için kolay kullanılabilir ve modern bir web uygulaması ile; Android ve iOS platformları için mobil uygulamalar geliştirilmiştir. Bu uygulamalar ile çocukların periyodik gelişim takiplerinin daha kolay ve daha verimli yapılması amaçlanmaktadır.

Uygulamalar alternatiflerine kıyasla kullanıcı dostu arayüzü ve sağladığı kolay kullanım itibarıyla farklılık göstermektedir. Ayrıca alternatiflerinden farklı olarak çocuk gelişiminin değerlendirilmesinde etken rol alabilecek bir takım özellikler sağlamaktadır. Bu özellikler; doğum tarihi ve doğum ölçüleri ile birlikte hasta kaydının yapılması, muayene ölçümleri ile beklenen ölçü hesabı ve ölçüm değerlendirilmesi, muayene kaydı ve gelişim grafiklerinde ölçüm geçmişi gösterimi ve çoklu dil desteğidir. Geliştirilen uygulamalar ile çocukların periyodik gelişim takiplerinin daha kolay ve daha verimli yapılması sağlanmaktadır.



KAYNAKLAR

- [1] **Machado, J. T., Kiryakova, V., & Mainardi, F.** (2011). Recent history of fractional calculus. *Communications in nonlinear science and numerical simulation*, 16(3), 1140-1153.
- [2] **Loverro, A.** (2004). *Fractional calculus: history, definitions and applications for the engineer*. Rapport technique, Univeristy of Notre Dame: Department of Aerospace and Mechanical Engineering, 1-28.
- [3] **Podlubny, I.** (1998). *Fractional differential equations: an introduction to fractional derivatives, fractional differential equations, to methods of their solution and some of their applications* (Vol. 198). Elsevier.
- [4] **Sabatier, J. A. T. M. J., Agrawal, O. P., & Machado, J. T.** (2007). *Advances in fractional calculus* (Vol. 4, No. 9). Dordrecht: Springer.
- [5] **JavaScript Library Usage Distribution in the Top 10k Sites**,
In BuiltWith Pty Ltd. Alındığı tarih: 01.04.2019,
adres:<https://trends.builtwith.com/javascript/javascript-library/traffic/Top-10k>.
- [6] **React Native - Build native mobile apps using JavaScript and React**,
In Facebook Inc, Alındığı tarih: 01.04.2019,
adres:<https://trends.builtwith.com/javascript/javascript-library/traffic/Top-10k>.
- [7] **Neyzi, O., Günöz, H., Furman, A., Bundak, R., Gökçay, G., & Darendeliler, F.** (2008). Türk çocuklarında vücut ağırlığı, boy uzunluğu, baş çevresi ve vücut kitle indeksi referans değerleri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 51(1), 1-14.
- [8] **Rogol, A. D., & Hayden, G. F.** (2014). Etiologies and early diagnosis of short stature and growth failure in children and adolescents. *The journal of pediatrics*, 164(5), S1-S14.
- [9] **Kuczmarski, R. J.** (2000). CDC growth charts; United States
- [10] **World Health Organization.** (1978). *A growth chart for international use in maternal and child health care: guidelines for primary health care personnel*.
- [11] **WHO Multicentre Growth Reference Study Group.** (2006). *WHO Child Growth Standards based on length/height, weight and age*. Acta paediatrica (Oslo, Norway: 1992). Supplement, 450, 76.
- [12] **Neyzi, O., Binyildiz, P., & Alp, H.** (1978). Türk çocuklarında büyüme gelişme normları 1. *İstanbul Tıp Fak Mecm*, 41(74), 3-22.
- [13] **Demir, K., Özen, S., Konakçı, E., Aydın, M., & Darendeliler, F.** (2017). A comprehensive online calculator for pediatric endocrinologists: CEDD Çözüm/TPEDS metrics. *Journal of clinical research in pediatric endocrinology*, 9(2), 182.
- [14] **Samko, S. G., Kilbas, A. A., & Marichev, O. I.** (1993). *Fractional integrals and derivatives: theory and applications*.



EKLER

EK A.1:Türk çocuklarının vücut ağırlığı – boy uzunluğu – vücut kitle endeksi persentil tabloları.

EK B.1: Geliştirilen uygulamalarda kullanılan açık kaynaklı kütüphanelere dair lisanslar.



EK A.1**Çizelge A.1:** Erkek çocuklar için ağırlık persentil değerleri [7].

Yaş	3	10	25	50	75	90	97
Doğum	2.58	2.85	3.13	3.43	3.73	4.00	4.27
3 ay	4.75	5.26	5.79	6.38	6.99	7.54	8.10
6 ay	6.21	6.79	7.41	8.12	8.85	9.54	10.25
9 ay	7.27	7.87	8.51	9.26	10.06	10.81	11.58
12 ay	7.96	8.61	9.32	10.16	11.05	11.92	12.82
15 ay	8.61	9.28	10.01	10.89	11.83	12.75	13.72
18 ay	9.13	9.82	10.58	11.49	12.48	13.46	14.49
2 yaş	10.12	10.85	11.66	12.66	13.76	14.86	16.05
2.5 yaş	11.06	11.84	12.71	13.80	15.04	16.29	17.69
3 yaş	11.81	12.65	13.61	14.83	16.24	17.71	19.39
3.5 yaş	12.6	13.5	14.6	15.9	17.4	18.9	20.6
4 yaş	13.3	14.3	15.4	16.8	18.5	20.1	22.0
4.5 yaş	14.0	15.0	16.2	17.7	19.5	21.3	23.3
5 yaş	14.7	15.8	17.0	18.6	20.5	22.4	24.6
5.5 yaş	15.4	16.5	17.9	19.6	21.6	23.6	26.0
6 yaş	16.2	17.4	18.9	20.7	22.8	25.1	27.7
7 yaş	18.1	19.5	21.1	23.2	25.8	28.5	31.6
8 yaş	19.9	21.5	23.4	25.9	28.9	32.2	36.1
9 yaş	21.7	23.6	25.8	28.8	32.4	36.4	41.3
10 yaş	23.6	25.9	28.6	32.2	36.7	41.6	47.8
11 yaş	26.6	29.6	33.1	37.8	43.6	50.0	57.8
12 yaş	29.9	33.8	38.4	44.3	51.3	58.7	67.1
13 yaş	33.4	38.0	43.2	49.8	57.3	64.9	73.3
14 yaş	39.1	44.0	49.4	56.2	63.9	71.6	80.1
15 yaş	45.3	50.1	55.4	62.1	69.7	77.4	85.9
16 yaş	49.9	54.5	59.7	66.2	73.6	81.2	89.6
17 yaş	53.2	57.8	62.8	69.2	76.5	84.0	92.4
18 yaş	56.1	60.5	65.5	71.8	79.0	86.4	94.7

Çizelge A.2: Kız çocuklar için ağırlık persentil değerleri [7].

Yaş	3	10	25	50	75	90	97
Doğum	2.52	2.76	3.01	3.29	3.58	3.84	4.10
3 ay	4.48	4.90	5.33	5.82	6.32	6.78	7.24
6 ay	5.94	6.38	6.85	7.43	8.06	8.68	9.34
9 ay	6.85	7.34	7.89	8.55	9.29	10.02	10.82
12 ay	7.52	8.06	8.66	9.39	10.20	11.00	11.87
15 ay	8.09	8.67	9.31	10.10	10.96	11.81	12.73
18 ay	8.57	9.19	9.87	10.71	11.63	12.55	13.54
2 yaş	9.49	10.20	10.99	11.94	12.99	14.03	15.15
2.5 yaş	10.35	11.17	12.06	13.12	14.25	15.33	16.47
3 yaş	11.19	12.09	13.05	14.18	15.37	16.51	17.68
3.5 yaş	11.9	12.8	13.9	15.1	16.5	17.8	19.3
4 yaş	12.7	13.7	14.8	16.1	17.7	19.2	20.8
4.5 yaş	13.5	14.5	15.8	17.3	19.0	20.7	22.5
5 yaş	14.2	15.4	16.7	18.4	20.3	22.2	24.3
5.5 yaş	14.9	16.2	17.7	19.5	21.6	23.7	26.1
6 yaş	15.7	17.0	18.6	20.6	22.9	25.3	27.9
7 yaş	17.2	18.7	20.6	22.9	25.7	28.6	31.9
8 yaş	18.9	20.8	22.9	25.7	28.9	32.4	36.5
9 yaş	20.9	23.1	25.6	28.9	32.8	37.0	41.8
10 yaş	23.0	25.6	28.7	32.6	37.3	42.3	48.0
11 yaş	26.4	29.6	33.4	38.2	43.7	49.5	55.9
12 yaş	32.0	35.8	39.9	45.1	50.9	56.8	63.1
13 yaş	37.4	41.1	45.1	50.0	55.5	60.8	66.6
14 yaş	41.6	45.0	48.8	53.3	58.3	63.2	68.5
15 yaş	44.0	47.3	50.9	55.3	60.1	64.8	69.8
16 yaş	45.3	48.5	52.0	56.3	61.0	65.7	70.7
17 yaş	46.2	49.4	52.9	57.2	61.8	66.4	71.4
18 yaş	47.3	50.5	53.9	58.1	62.2	67.3	72.2

Çizelge A.3: Erkek çocuklar için boy uzunluğu persentil değerleri [7].

Yaş	3	10	25	50	75	90	97
Doğum	45.9	47.2	48.5	50.0	51.5	52.9	54.2
3 ay	56.2	57.8	59.5	61.3	63.2	64.8	66.4
6 ay	62.8	64.5	66.2	68.0	69.9	71.6	73.2
9 ay	67.4	69.1	70.9	72.8	74.7	76.4	78.1
12 ay	70.8	72.7	74.7	76.9	79.1	81.1	83.0
15 ay	73.8	75.8	77.9	80.2	82.5	84.5	86.6
18 ay	76.4	78.5	80.7	83.1	85.5	87.7	89.8
2 yaş	81.0	83.3	85.6	88.2	90.8	93.2	95.5
2.5 yaş	85.3	87.6	90.0	92.6	95.3	97.6	100.0
3 yaş	89.3	91.7	94.1	96.8	99.4	101.8	104.2
3.5 yaş	92.8	95.2	97.7	100.5	103.2	105.7	108.2
4 yaş	96.0	98.6	101.1	104.0	106.9	109.5	112.0
4.5 yaş	99.0	101.7	104.3	107.3	110.3	113.0	115.6
5 yaş	101.8	104.5	107.3	110.4	113.5	116.2	119.0
5.5 yaş	104.5	107.3	110.1	113.3	116.4	119.3	122.1
6 yaş	107.1	110.0	112.9	116.1	119.3	122.2	125.1
7 yaş	112.1	115.1	118.2	121.5	124.9	128.0	131.0
8 yaş	116.9	120.0	123.3	126.9	130.5	133.7	136.9
9 yaş	121.6	124.9	128.3	132.1	135.9	139.3	142.7
10 yaş	126.4	130.0	133.6	137.6	141.6	145.2	148.7
11 yaş	131.7	135.5	139.4	143.8	148.1	152.0	155.9
12 yaş	137.0	141.3	145.7	150.6	155.4	159.8	164.1
13 yaş	142.8	147.6	152.4	157.7	163.1	167.9	172.6
14 yaş	150.3	155.0	159.7	164.9	170.1	174.8	179.5
15 yaş	156.9	161.2	165.5	170.3	175.1	179.4	183.7
16 yaş	160.9	164.9	168.9	173.4	177.9	181.9	185.9
17 yaş	163.0	166.8	170.7	175.0	179.3	183.2	187.1
18 yaş	164.5	168.2	172.0	176.2	180.4	184.2	187.9

Çizelge A.4: Kız çocuklar için boy uzunluğu persentil değerleri [7].

Yaş	3	10	25	50	75	90	97
Doğum	45.3	46.6	47.9	49.4	50.8	52.1	53.4
3 ay	55.3	56.8	58.2	59.9	61.5	63.0	64.5
6 ay	61.6	63.1	64.7	66.4	68.2	69.7	71.3
9 ay	66.0	67.7	69.3	71.2	73.0	74.6	76.3
12 ay	69.7	71.4	73.2	75.1	77.1	78.8	80.5
15 ay	72.8	74.6	76.5	78.5	80.6	82.4	84.2
18 ay	75.5	77.4	79.3	81.5	83.7	85.6	87.6
2 yaş	80.1	82.3	84.4	86.8	89.2	91.4	93.5
2.5 yaş	84.0	86.3	88.6	91.2	93.8	96.1	98.4
3 yaş	87.8	90.2	92.7	95.4	98.1	100.6	103.0
3.5 yaş	91.1	93.6	96.2	99.0	101.9	104.5	107.0
4 yaş	94.3	96.9	99.6	102.5	105.5	108.1	110.7
4.5 yaş	97.4	100.1	102.8	105.9	108.9	111.6	114.3
5 yaş	100.4	103.2	105.9	109.1	112.2	114.9	117.7
5.5 yaş	103.6	106.3	109.0	112.1	115.3	118.3	121.2
6 yaş	106.2	109.0	111.9	115.1	118.4	121.3	124.1
7 yaş	111.6	114.6	117.7	121.1	124.4	127.5	130.5
8 yaş	116.7	119.9	123.1	126.7	130.3	133.5	136.7
9 yaş	121.3	124.7	128.2	132.1	136.0	139.5	142.9
10 yaş	125.8	129.6	133.5	137.9	142.2	146.1	150.0
11 yaş	132.5	136.6	140.8	145.4	150.1	154.2	158.3
12 yaş	141.1	144.9	148.8	153.1	157.4	161.2	165.1
13 yaş	146.6	150.2	153.8	157.8	161.8	165.5	169.0
14 yaş	149.3	152.8	156.4	160.4	164.3	167.9	171.4
15 yaş	150.7	154.2	157.8	161.7	165.7	169.3	172.8
16 yaş	151.3	154.8	158.4	162.4	166.3	169.9	173.4
17 yaş	151.7	155.2	158.8	162.7	166.7	170.3	173.8
18 yaş	152.0	155.6	159.1	163.1	167.1	170.7	174.2

Çizelge A.5: Erkek çocuklar için vücut kitle endeksi persentil değerleri [7].

Yaş	5	15	25	50	75	85	95
Doğum	11.4	12.2	12.7	13.7	14.6	15.2	16.1
3 ay	14.4	15.3	15.8	16.9	18.0	18.6	19.7
6 ay	15.0	15.9	16.5	17.5	18.6	19.2	20.3
9 ay	15.1	16.0	16.5	17.5	18.6	19.3	20.4
12 ay	14.9	15.7	16.2	17.2	18.3	18.9	20.0
15 ay	14.7	15.5	16.0	17.0	18.0	18.6	19.7
18 ay	14.5	15.3	15.7	16.7	17.7	18.3	19.3
2 yaş	14.3	15.0	15.4	16.3	17.3	17.9	19.0
2.5 yaş	14.2	14.8	15.3	16.2	17.2	17.7	18.8
3 yaş	13.9	14.6	15.0	15.9	17.0	17.6	18.7
3.5 yaş	13.8	14.5	14.9	15.8	16.8	17.4	18.5
4 yaş	13.7	14.4	14.8	15.7	16.7	17.3	18.4
4.5 yaş	13.6	14.2	14.7	15.6	16.6	17.2	18.4
5 yaş	13.5	14.2	14.6	15.5	16.5	17.1	18.3
5.5 yaş	13.4	14.1	14.5	15.4	16.5	17.1	18.4
6 yaş	13.4	14.1	14.5	15.4	16.5	17.2	18.5
7 yaş	13.6	14.3	14.7	15.7	16.9	17.6	19.1
8 yaş	13.8	14.5	15.0	16.1	17.4	18.2	19.9
9 yaş	14.0	14.8	15.3	16.5	18.0	19.0	21.0
10 yaş	14.1	15.1	15.7	17.1	18.9	20.1	22.5
11 yaş	14.6	15.8	16.5	18.2	20.4	21.7	24.5
12 yaş	15.2	16.5	17.4	19.3	21.7	23.1	26.0
13 yaş	15.6	17.0	18.0	19.9	22.3	23.7	26.5
14 yaş	16.4	17.7	18.6	20.5	22.8	24.2	27.0
15 yaş	17.2	18.5	19.4	21.2	23.4	24.8	27.6
16 yaş	18.0	19.3	20.1	21.9	24.1	25.4	28.2
17 yaş	18.7	19.9	20.7	22.5	24.7	26.1	28.8
18 yaş	19.2	20.5	21.3	23.1	25.2	26.6	29.4

Çizelge A.6: Kız çocuklar için vücut kitle endeksi persentil değerleri [7].

Yaş	5	15	25	50	75	85	95
Doğum	11.4	12.2	12.6	13.5	14.4	14.9	15.8
3 ay	13.9	14.8	15.3	16.3	17.3	17.9	18.9
6 ay	14.7	15.4	15.9	16.9	18.0	18.6	19.7
9 ay	14.8	15.5	16.0	17.0	18.0	18.6	19.8
12 ay	14.6	15.3	15.7	16.6	17.7	18.2	19.4
15 ay	14.5	15.1	15.6	16.4	17.4	18.0	19.1
18 ay	14.2	14.9	15.3	16.2	17.1	17.7	18.8
2 yaş	14.0	14.6	15.1	15.9	16.9	17.4	18.5
2.5 yaş	13.9	14.6	15.0	15.8	16.7	17.3	18.3
3 yaş	13.8	14.4	14.8	15.5	16.4	17.0	17.9
3.5 yaş	13.7	14.3	14.7	15.5	16.4	17.0	18.0
4 yaş	13.6	14.2	14.6	15.4	16.4	17.0	18.1
4.5 yaş	13.5	14.2	14.6	15.4	16.5	17.1	18.2
5 yaş	13.4	14.1	14.5	15.4	16.5	17.2	18.5
5.5 yaş	13.4	14.0	14.5	15.5	16.6	17.3	18.8
6 yaş	13.3	14.0	14.5	15.5	16.7	17.5	19.1
7 yaş	13.3	14.0	14.5	15.6	16.9	17.8	19.7
8 yaş	13.4	14.2	14.7	15.9	17.4	18.4	20.4
9 yaş	13.6	14.5	15.1	16.4	18.1	19.2	21.5
10 yaş	13.9	14.9	15.6	17.1	19.0	20.2	22.6
11 yaş	14.5	15.6	16.4	18.0	20.0	21.3	23.8
12 yaş	15.3	16.5	17.3	19.0	21.1	22.3	24.8
13 yaş	16.3	17.5	18.3	19.9	21.9	23.1	25.4
14 yaş	17.1	18.3	19.0	20.6	22.5	23.6	25.8
15 yaş	17.7	18.8	19.5	21.0	22.8	23.9	26.0
16 yaş	18.1	19.1	19.8	21.2	23.0	24.0	26.1
17 yaş	18.5	19.5	20.1	21.5	23.1	24.2	26.2
18 yaş	19.0	19.9	20.5	21.8	23.3	24.3	26.1

EK B.1

Uygulama geliştirmesinde kullanılan açık kaynaklı kütüphanelere ait lisanslar.

Çizelge B.1: Açık kaynaklı kütüphanelere ait lisanslar.

Kütüphane	Lisanslar
asn1 (0.2.4)	MIT
assert-plus (1.0.0)	MIT
asynckit (0.4.0)	MIT
	Multi-license: BSD-2-Clause <i>OR</i> BSD-3-Clause <i>OR</i> MIT, Multi- license: BSD-3-Clause <i>OR</i> MIT
bcrypt-pbkdf (1.0.2)	
copy-descriptor (0.1.1)	MIT
dashdash (1.14.1)	MIT
date-fns (1.30.1)	MIT
@date-io/date-fns (1.0.1)	MIT
@date-io/dayjs (1.1.0)	MIT
dayjs (1.8.8)	MIT
delayed-stream (1.0.0)	MIT
ecc-jsbn (0.1.2)	MIT
extsprintf (1.3.0)	MIT
final-form (4.11.1)	MIT
final-form-material-ui (0.3.0)	MIT
getpass (0.1.7)	MIT
get-value (2.0.6)	MIT
har-schema (2.0.0)	Multi-license: MIT <i>OR</i> ISC
has-value (0.3.1)	MIT
has-values (1.0.0)	MIT
is-accessor-descriptor (0.1.6)	MIT
is-arrayish (0.3.2)	MIT
is-data-descriptor (0.1.4)	MIT
is-number (4.0.0)	MIT
isobject (2.1.0)	MIT
is-utf8 (0.2.1)	MIT
jsbn (0.1.1)	MIT
	http://trac.dojotoolkit.org/browser/dojo/trunk/LICENSE#L13 , http://trac.dojotoolkit.org/browser/dojo/trunk/LICENSE#L43
json-schema (0.2.3)	
jsprim (1.4.1)	MIT

Çizelge B.2 (devam) : Açık kaynaklı kütüphanelere ait lisanslar.

Kütüphane	Lisanslar
-----------	-----------

kind-of (4.0.0)	MIT
localforage (1.7.3)	Apache-2.0
map-visit (1.0.0)	MIT
@material-ui/core (3.9.2)	MIT
@material-ui/icons (3.0.2)	MIT
@material-ui/lab (3.0.0-alpha.30)	MIT
math-random (1.0.4)	MIT
minimist (0.0.10)	MIT
object-copy (0.1.0)	MIT
object-visit (1.0.1)	MIT
randomatic (3.1.1)	MIT
react (16.8.3)	MIT
react-dom (16.8.3)	MIT
react-final-form (4.1.0)	MIT
react-intl (2.8.0)	BSD-3-Clause, Multi-license: BSD-2-Clause <i>OR</i> BSD-3-Clause
react-intl-cra (0.3.4)	MIT
react-intl-translations-manager (5.0.3)	MIT
react-router-dom (4.3.1)	MIT
react-scripts (2.1.5)	MIT
recharts (1.5.0)	MIT
set-value (0.4.3)	MIT
simple-swizzle (0.2.2)	MIT
spdx-exceptions (2.2.0)	CC-BY-3.0
spdx-license-ids (3.0.3)	Multi-license: Unlicense <i>OR</i> MIT <i>OR</i> CC0-1.0, Multi-license: MIT <i>OR</i> Unlicense
sshpk (1.16.1)	MIT
strip-bom (2.0.0)	MIT
titlecase (1.1.3)	MIT
tmpl (1.0.4)	BSD-3-Clause
trim (0.0.1)	MIT
tweetnacl (0.14.5)	
unstated (2.1.1)	MIT
verror (1.10.0)	MIT
wordwrap (0.0.3)	MIT



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: İsmail Demirbilek
Doğum Yeri ve Tarihi: 01.01.1989 - Antalya
Adres: İnkılap Mh. Hatip Cd. No: 14/9 Ümraniye, İstanbul
E-Posta: demirbilek.ismail@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi - Bilgisayar Mühendisliği,2014.

YAYIN ve PATENT LİSTESİ:

Demirbilek, İ., Önal, N. Ö., Karaçuha, K., & Karaçuha, E. (2019). International Conference on Computational Methods in Applied Sciences, Istanbul, 2019. Place of publication: Progress in Fractional Differentiation and Applications.