

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Sağlık ve İlk Yardım

PROJE ADI: Yapay Zekâ Destekli Kolesterol Takip Çubukları: I-Kolesterol

TAKIM ADI: TETRAPOD

TAKIM ID: T3-25238-151

TAKIM SEVİYESİ: Lise

DANIŞMAN ADI: Ömer Faruk Pekuz

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)	3
2. Problem/Sorun	3
3. Çözüm	3
4. Yöntem	4
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	8
6. Uygulanabilirlik	8
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	9
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)	9
9. Riskler	10
10. Proje Ekibi	10
11. Kaynaklar	10



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bu çalışmada, artan anlık kolesterol takibi ihtiyacına cevap vermek ve her profilden kolesterol hastasının vücut kolesterolü değerini, sterilizasyon ihtiyacı az ve kandaki yabancı maddelerden (örneğin ilaç) en az düzeyde etkilenen bir yöntemle ölçmesini sağlayacak bir sağlık teknolojisinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Temeli memelilerin kolesterolü taşıma ve tanıma mekanizması olan LCAT mekanizmasının biyokimyasal olarak taklit edilmesine dayanan çalışmada, maliyeti az ve kullanışlı bir yöntem olarak, gözyaşı kolesterolünün görüntü işleme ve yapay zekâ algoritmaları ile desteklenmiş bir yöntemle vücut kolesterolünü ölçmede kullanılması planlanmıştır.

2. Problem/Sorun:

Özellikle son yıllarda ön plana çıkan hızlı beslenme kültürü ve hareketsiz yaşam rutinleri, tüm dünyada obeziteyi ve “zararlı kolesterol” olarak bilinen yüksek LDL ve VLDL kolesterol değerlerini tetiklemiştir. Bu nedenle -özellikle pediatrik vakalarda- kısa, orta, uzun vadelerde ve anlık ölçekte kolesterol takibine duyulan ihtiyaç artmıştır.

Vücuttaki kolesterol miktarının tayini için hâlihazırda kullanılan en yaygın yöntem olan santrifüjleme ile desteklenmiş kan tahlilleri; analitin oksidasyonu sonucu yanlış sonuç vermesi, kan akış hızı düşük dokulardan (felçli, kangrenli) analit toplanamaması, kandaki kortizol gibi yabancı ajanlardan etkilenmesinin yanı sıra, pediatrik hiperkolesterolemi hastalarının takibi için psikososyal riskler içermektedir.

3. Çözüm

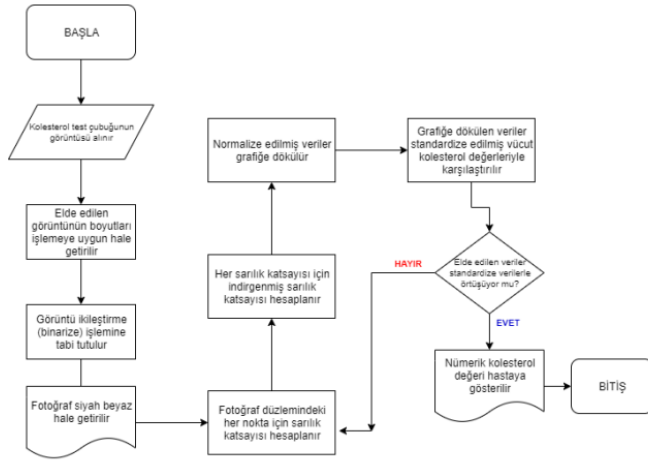
Bölüm 2. de bahsedilen problemlerin önlenmesi adına kan tahliline alternatif olarak; vücudun kolesterolü tanıma ve taşıma mekanizması olan LCAT mekanizması taklit edilerek yapay zeka destekli; anlık, ucuz ve güvenilir sonuç veren bir milli kolesterol takip algoritması geliştirilmiştir.

İki basamaktan oluşan I-Kolesterol algoritmasının birinci adımında; yapılan literatür taraması sonucunda kan ve doku sıvısı içeriğini büyük oranda yansıtan gözyaşı sıvısındaki ucuz ve sağlığa zararsız bir emülgatör olarak kullanılan kalsiyum lesitinat tuzları yardımıyla 4x1 cm test çubuklarında çöktürülerek çubukların bağıl sarı renk kazanması beklenir.

Algoritmanın ikinci basamağında ise, yapay zekânın önemli bileşenlerinden olan görüntü işleme algoritmaları kullanılarak test çubuklarının üstünde yer alan çökeleklerin bağıl sarılığında yola çıkılarak hastanın gerçek kolesterol değeri nümerik olarak tespit edilir.



Resim 1. I-Kolesterol takip çubuklarının gözyaşındaki kolesterol çöktürüldüğünde oluşturduğu bağıl sarılık durumları



Diyagram 1. I-Kolesterol algoritmasının ikinci basamağına ait görüntü işleme algoritması ve algoritma akış diyagramı

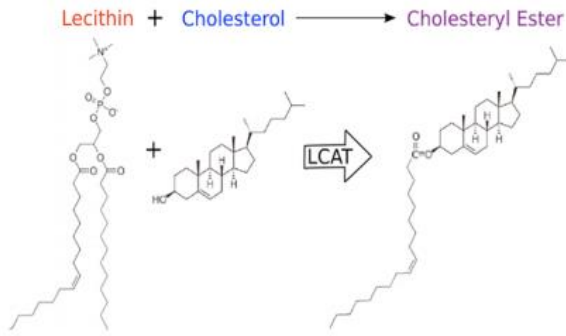
4. Yöntem

Bölüm 2. de bahsedilen soruna çözüm bulmak amacıyla hazırlanan çalışmada, ilk önce kolesterol takibinin yapılabileceği alternatif bir vücut sıvısı tespit edilmiş ve memeli organizmalardan salgılanan tüm dış salgıların içerikleri ve oluşum mekanizmaları incelenmiştir. Yapılan literatür taraması sonucu; lipit, su ve mukoza olmak üzere üç farklı tabakadan oluşan gözyaşının yapısında bulunan su, tuz, lizozim, antijenler, değişken protein yapıları (örneğin, duygusal gözyaşlarında ACTH hormonu konsantrasyonu daha fazlayken, öfke sonucu oluşan gözyaşlarında doğal bir ağrı kesici olan enkepalin daha fazladır) (Frey II, DeSota- Johnson, Hoffman ve McCall, 1981) ve araştırma için en büyük öneme sahip kolesterol nedeniyle tahlil için ideal alternatif olabileceği görülmüştür. Literatürde yer alan çalışmalarda kolesterolün gözyaşı filmi (tear film) adı verilen bir yağ tabakası üzerinden gözyaşında bulunduğu (Caffery, 1989) ve bahsedilen yapının kan ve doku sıvıları yardımıyla dinamik bir dengede kendisini yenilediği ve bu yenileme sonucunda vücut kolesterolü ile gözyaşı kolesterolünün doğru oranı sonucu normal değerlerden daha fazla LDL kolesterole sahip bireylerde gözyaşı kolesterolünün artarak gözyaşı kanallarında plaklaşmaya bağlı göz kuruluğuna rastlandığı görülmüştür. (Rantamäki, Seppänen-Laakso, Oresic, Jauhainen ve Holopainen, 2011) (Chun, Kim ve Han, 2013)

Yapılan literatür taraması sonucunda, kan ve doku sıvısı içeriğini büyük oranda yansıtmaması, gözyaşı plağının kan ölçüğünde kortizondan etkilenmemesi ve kan akışı hızına bağlı olmaması nedeniyle, felçli hastalar dahil olmak üzere, fizyolojik profil ayırt etmeden hastalara hitap ettiği görülmüştür. Bahsedilen avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, gözyaşındaki kolesterolün çöktürülmesi ve çıkan katı renginin görüntü işleme teknolojisi yardımıyla yorumlanması prensipleriyle çalışan; anlık ölçekte, kısa, orta ve uzun vadede kolesterol takibi sağlayan “I-Kolesterol” adlı, 2 basamaklı entegre bir sistem geliştirilmiştir.

Sistemin 1. aşamasında, gözyaşında bulunan kolesterol çöktürülerek indike edilmiş ve gözyaşında bulunan kolesterol konsantrasyonu bağıl olarak gözlemlenmiştir. İnsan sağlığı için, literatürdeki vücut kolesterolü ve gözyaşı kolesterol değerleri göz önünde bulundurulmuş ve sentetik kolesterol, gözyaşı filminde kütüce en yüksek oranda bulunan yağ asitleri olan O-açıl-omega-hidroksi yağ asitleri içinde çözülerek yapay gözyaşı solüsyonları oluşturulmuştur.

Hazırlanan sentetik gözyaşı solüsyonlarının çöktürülerek bağlı kolesterol derişiminin elde edilmesinde, vücudun kolesterolü taşıma mekanizması olan “lesitin-kolesterol açıl transferaz enzimi” (LCAT) destekli açılleme mekanizması taklit edilmiştir. Bu mekanizmada, bir steroid alkol olan kolesterolün hidroksil grubu, kanda ve doku sıvısında toprak alkali metallere oluşturduğu iyonik tuzlarla taşınan bir fosfor yilidi lesitinle LCAT enzimi tarafından katalizlenmiş bir reaksiyona girerek kolesteril ester oluşturur ve depolanmak üzere hedef hücrelere taşınır.

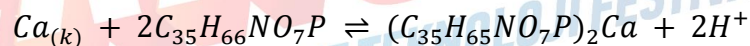


Diyagram 2.

Vücudun kolesterolü taşıma formu olan kolesteril esteri oluştururken kullandığı mekanizmanın şematik gösterimi (Daniels, Killinger, Michal, Wright Jr ve Jiang, 2009)

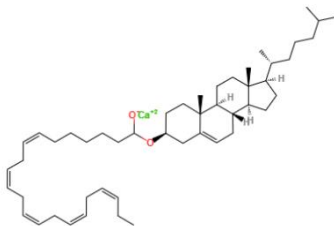
Çalışmada, kolesterolün çöktürülmesi için kalsiyum lesitinat tuzları kullanılmıştır. Bir organik yilit, fosfolipit ve vücut için önemli bir biyokimyasal molekül olan lesitin, kalsiyumun çözücü molekülle tepkimesini engellemek amacıyla supramoleküler bir yağ sistemi içerisinde aşırı kalsiyum metaliyle reaksiyona sokulur ve hacimli bir iyonik tuz olan kararsız kalsiyum lesitinat elde edilir.

Beyaz bir katı olan ve sudaki çözünürlüğü çok yüksek olan kalsiyum lesitinat, 4 cm uzunluğunda ve 1 cm genişliğinde hazırlanan test çubuklarının üst tarafına ince bir katman halinde tatbik edilir. Yarıçapça kendisinden çok daha büyük olan lesitinat anyonu ile güçlü bir iyonik bağ kuramayan kalsiyum katyonu, O-açıl-omega-hidroksi yağ asidinde çözülmüş kolesterolle reaksiyona girince yapıdan ayrılır ve lesitinat anyonları, yağ çözeltisinde serbest halde bulunan hidrojen iyonlarını bünyesine alarak lesitin oluşturur.



Denklem 1. Supramoleküler yağ sistemi içerisinde kalsiyum lesitinat tuzu eldesi

Oluşan lesitin, yapay gözyaşı çözeltisindeki kolesterolle reaksiyona girerek, vücutta oluşturduğu üzere, kolesteril esterleri oluşturur. Oluşan kolesteril esterler, çözeltide serbest halde bulunan kalsiyum katyonlarıyla iyonik tuz (kalsiyum karboksilat tuzu) oluşturur ve yağ sarısı bir çökelek olarak çubukta kalır.



Şekil 1. Sarı renkli çökelek kalsiyum karboksilat tuzunun iskelet formülüyle ampirik olarak gösterimi

Sistemin 2. basamağında ise yapay zekânın önemli bileşenlerinden olan görüntü işleme algoritmaları kullanılarak test çubuklarının üstünde yer alan çökeleklerin bağıl sarılığında yola çıkılarak hastanın gerçek kolesterol değeri yaklaşık olarak tespit edilir.

İki alt mekanizmadan oluşan bağıl kolesterolü nümerik kolesterol değerine çevirme algoritması, OpenCV görüntü işleme kütüphanelerini kullanır ve test çubuklarında yer alan sarılık tonundan yola çıkarak kalsiyum karboksilat yoğunluğunu, dolayısıyla yapay gözyaşı çözeltisindeki kolesterol derişimini yorumlar ve standardize edilmiş değerler yardımıyla hastanın kolesterol değer aralığını tespit eder. Nümerik kolesterol algoritmasının doğru çalışabilmesi için, standardize edilmiş ve derişimi önceden bilinen yapay çözeltiler algoritmaya tabi tutulmuştur. İşlenen veriler sonucunda bir veri tabanı oluşturulur ve yeni değerler bu model esas alınarak yorumlanır ve iyileştirilir.

Nümerik kolesterol algoritmasının ilk kısmında, çubuğun fotoğrafı çekilir ve çekilen fotoğraf PyCharm yardımıyla işlenebilir boyutlara düşürülür. Test çubuğunun merkeze alındığı düzenlenmiş fotoğraflar, tüm renklerden arındırılarak siyah ve beyaz hale getirilir (ikilileştirilir). İkili görüntüler; daha az gürültü içermeleri, nesnelerin daha belirgin olması gibi nedenlerden dolayı diğer görüntülere göre daha kolay işlenebilmektedir. Görüntünün “binarize” edilme aşamaları aşağıda verilmiştir:

- Görüntüde yer alan renklerin ait olduğu renk uzaylarına uygun olacak bir eşik değeri belirlenir. (threshold değeri)
- Pikseller, verilen eşik değerine bağılı olarak siyah ya da beyaz olarak güncellenir.

Algoritmanın ikinci basamağında ise ikileştirilen resimdeki sarılık oranı, 0 ile 255 arasında bir değerle tespit edilir ve çubuğun sarı çökelek kısmına ait görüntüdeki noktaların her birisi için sarılık oranı 0-255 arasında bir değer (sarılık katsayısı) alır. Fotoğraf düzlemindeki her nokta için sarılık katsayısı (∂K) değeri tespit edildikten sonra tüm veriler nokta grafiğine aktarılır ve verileri 0-1 aralığında konumlandırarak integre bir fonksiyon tanımlanır. Genellikle lineer ve tanım aralığında sürekli bir fonksiyon olan bu fonksiyona normalizasyon fonksiyonu (f_n), 0-1 aralığında tanımlanan yeni sarılık katsayısına ise indirgenmiş sarılık katsayısı (μ_N) adı verilir. Bu işlem (normalizasyon) sayesinde hesaplanan bağılı sarılık oranlarının literatür verileriyle daha kolay kıyaslanması, veri tutarlılığının artırılması ve tekrarlanan atıl verilerin olay akışından düşürülerek işlem hızının artırılması sağlanır.

$$f_n(\mu_N) = \int \prod_{k=n}^n \partial_n \partial_{K_n} x + b_n dx$$

Denklem 1. Verilerin normalizasyonu ve iyileştirilmesi sırasında kullanılan genel matematiksel bağıntı

Normalize edilen veriler grafiğe dökülür ve grafikteki veriler, önceden normalize edilerek hafızaya kaydedilmiş kontrol verileriyle örtüştürülerek yüksek doğrulukla vücuttaki kolesterol konsantrasyonu tespit edilmiş olur. Verilerin örtüşmemesi durumunda sistematik yaklaştırma uygulanarak en az hata tespit edilen veriye ulaşılmak üzere tekrar normalizasyon uygulanır.



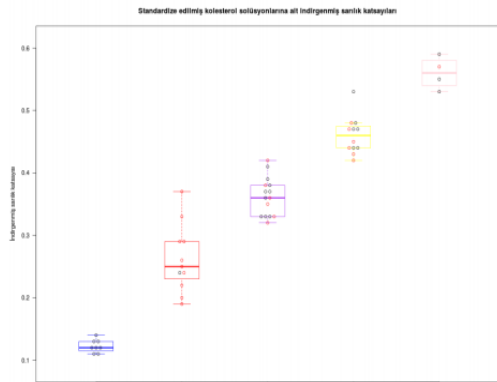
Resim 2. I-Kolesterol mobil uygulaması girdi alma ekranı görüntüsü

Normalize edilmiş ve doğruluğu yeni verilerle denetlenen veri tabanının oluşturulmasının ardından, sık kolesterol takibine ihtiyaç duyan hastalar başta olmak üzere proje hedef kitlesinin çözümden faydalanabilmesi adına “I-Kolesterol” mobil uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulama yardımıyla, hastalar bir damla gözyaşını hazırlanan çubuklardan birine tatbik etmelerinin ardından telefon kameralarıyla çubuğun fotoğrafını çekerek kolesterol değerlerini anında öğrenebilmektedirler.

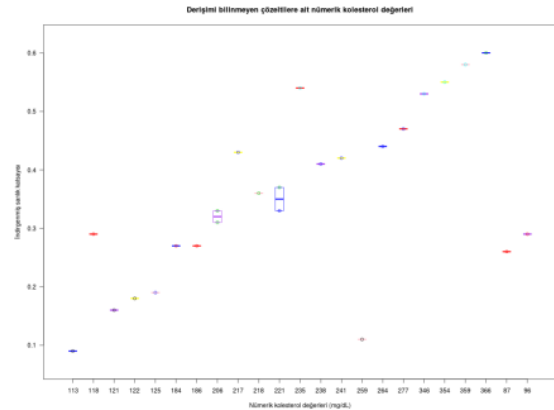
“I-Kolesterol” algoritmasının hazırlanmasının ve kavramsal analizinin tamamlanmasıyla birlikte, teorik ve deneysel test süreçleri başlatılmış olup, teorik süreçler PyCharm ve OpenCV gibi arayüzler yardımıyla; laboratuvar deneyleri de pandemi öncesinde yapılabildiği ölçüde ve 18-20 yaş için sokağa çıkma kısıtlamasının kaldırılmasının ardından Ekip Liderimiz ve İsmail Yaşar Kökçüler tarafından okulumuz laboratuvarlarında tamamlanmıştır.

Laboratuvar deneyleri, canlı sağlığını riske atmamak adına karbon sayıları 28 ile 32 arasında değişkenlik gösteren, literatür araştırması sonucu (Chun, Kim ve Han, 2013) O açıl-omega-hidroksi yağ asitleri içerisinde derişimleri bilinen, 5 ayrı grupta yüzer mililitrelik kolesterol çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler, kırk mg Ca metali ve 10^{-3} molar derişimde lesitin çözeltisinin reaksiyonu ile elde edilmiş solüsyonla kaplanan test çubuklarına damlatılmış ve elde edilen veriler yapay zekâ modelinin standardizasyonu için kullanılmıştır.

Derişimi bilinen çözeltilerle yapılan görüntü işleme sonucunda, vücut kolesterol değerleri, sarılık katsayıları ve indirgenmiş katsayılar arasındaki ilişki hesaplanarak Tablo 1. e aktarılmıştır. Görüntü işleme destekli yapay zekâ modelinin derişimi bilinen çözeltilerle eğitilmesinin ardından kolesterol derişimi önceden belirlenmemiş 30 farklı yapay gözyaşı çözeltisi hazırlanarak test çubuklarına damlatılmış ve test çubuklarının görüntüleri I-Kolesterol algoritmasıyla işlenmiştir. Binarize edilen fotoğraflardan elde edilen sarılık katsayılarına normalizasyon uygulanmış ve Grafik 1. ve Grafik 2. de yer alan veriler sonucu, I-Kolesterol algoritmasının yüksek doğrulukla çalıştığı anlaşılmıştır.



Grafik 1. Standardize edilmiş kolesterol solüsyonlarına ait ∂K değerleri



Grafik 2. Derişimi standardize edilmemiş kolesterol solüsyonlarında ∂K ve nümerik kolesterol değerleri

Vücut Kolesterol Grubu	Gözyaşı Kolesterol Derişimi	Sarılık Katsayısı Aralığı	İndirgenmiş Sarılık Katsayısı Aralığı
1	Çok düşük (<125 mg/dL)	8-35	0.10-0.19
2	Düşük (125-200 mg/dL)	36-97	0.20-0.29
3	Orta (200-235 mg/dL)	98-152	0.30-0.39
4	Yüksek (235-300 mg/dL)	153-200	0.40-0.49
5	Yüksek (235-300 mg/dL)	201-255	0.50-0.59
0	Sadece kalsiyum lesitinat var	0-8	0

Tablo 1. Test çubuklarının üzerinde hazırlanan standart kolesterol solüsyonlarına dair detaylar

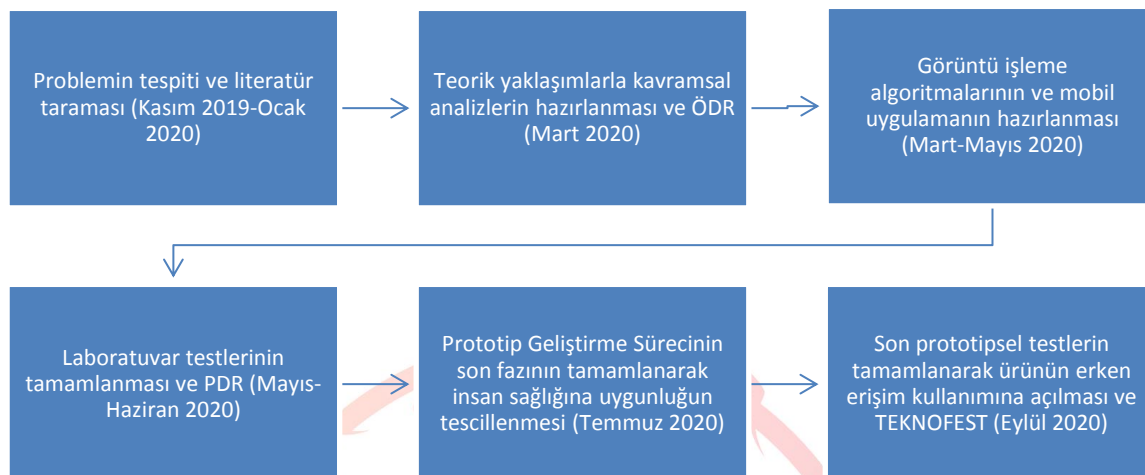
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

I-Kolesterol, felçli hastalar dahil olmak üzere fizyolojik profil ayırt etmeden tüm hastalara hitap eden, kan tahliline ucuz ve güvenilir bir alternatif sunmasının yanı sıra, yapay zeka destekli olması nedeniyle hastaların kolesterol geçmişini ikincil bir arayüz olmadan direkt takip edebilecek ve diyabet hastalığı kadar yüksek bir yayılım oranına sahip olan kolesterol hastalarının evlerinden ayrılmadan, kolayca, sterilizasyon ihtiyacı az bir yöntemle kolesterollerini ölçmelerine olanak sağlayacaktır.

6. Uygulanabilirlik

Test sonuçları doğrultusunda, I-Kolesterol'ün doğruluk oranının yüksek olduğu ve geliştirilmeye açık olduğu görülmüştür. Biyokimyasal mekanizmaların yüksek verim oranıyla çalışması ilk hazırlanan kolesterol değerlerinin büyük oranda korunmasını sağlamıştır. Kullanılan biyokimyasal taklit metodu yoluyla oluşan yağ sarısı çökelek, sarının birçok farklı tonunda oluşabildiği ve kademeli olarak koyulaştığından görüntü işleme için uygun bir renk teşkil etmiştir. Kullanılan malzemelerin biyomimikri ile seçilmesi (lesitin birçok gıdada bulunan zararsız bir emülgatör ve hayati bir organik moleküldür), algoritmanın yapılan deneylerle kendi kendini eğitebilmesi gibi nedenlerle uygulamanın güvenilir olduğu görülmüş; I- Kolesterol'ün her ölçekte, ucuz, güvenilir ve steril ortamlara ihtiyaç duymadan kolesterol takibi yapabilmesi sonucu; prototip geliştirme sürecinin tamamlanmasıyla birlikte diyabet ölçüm çubukları gibi satışa çıkarılabilecek ve hastaların mobil uygulama yardımıyla kolayca kullanabilecekleri bir çözüm olarak hazırlanmıştır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması



Yukarıda iş-zaman akışı verilen I-Kolesterol'e ait maliyet analizi Tablo 2. de verilmiştir.

Malzeme	Adet	Birim Fiyat	Fiyat
Kalsiyum Klorür	1 kg	313,00 TL	313,00 TL
Lesitin (E322)	1 kg	45,90 TL	45,90 TL
Plastik (PE)	5 kg	24,00 TL	120,00 TL
Raspberry Pi 4 4 GB	1 adet	483,85 TL	483,85 TL
TOPLAM			962,75 TL

Tablo 2. I-Kolesterol maliyet analizi (Vurgulu kalemler takımın envanterinde bulunmaktadır)

Toprak alkali metal (2. grup) elementlerinden olan kalsiyum metalinin %99 saflıkta tedarikinin zor olması ve saf halinin gereğinden aktif olması nedeniyle endüstriyel saflıkta kalsiyum eldesi için doğada çok yüksek oranda bulunan kalsiyum klorürün hidrolizi ile elde edilmesi planlanmaktadır. Kalsiyum eldesinin ardından çoğu besinde kullanılan zararsız bir emülgatör olan lesitinle reaksiyon hazırlanarak elde edilen çökelek, yine en zararsız plastik grubu olan polietilen üzerine tatbik edilerek çubuklar kullanıma hazır hale getirilmektedir. Raspberry Pi ise bağımsız bir ortamda OpenCV ve PyCharm kullanılarak veritabanının oluşturulması ve verilerin anlık olarak yorumlanması için kullanılacaktır. Raspberry Pi giderinin sabit donanım gideri olduğu göz önünde bulundurulduğunda; verilen maliyetten yaklaşık olarak 750 test çubuğu üretilmekte ve I-Kolesterol ile yapılan bir ölçüm ortalama 1 TL'ye karşılık gelmektedir. Vücut kolesterol tayininde en çok kullanılan yöntem olan kan tahlili, bir ölçümde ortalama 45 TL'ye mal olmaktadır.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

"I-Kolesterol", sürekli kolesterol takibi gerektiren hastalar başta olmak üzere, ucuz, hızlı ve güvenilir bir biçimde, sterilizasyonun sağlanamadığı acil durumlarda, kan akışının sağlanamadığı hastalarda kolesterol tayini yapmak isteyen sağlık görevlileri başta olmak üzere tüm kolesterol muhataplarını hedef kitlesine almaktadır.

Ek olarak, özellikle son yıllarda tüm dünyayı etkisi altına alan, alkolik olmayan yağlı karaciğer hastalığının (AOSYH) çocuklarda da görülmesiyle birlikte (2014 yılı verilerine göre Türkiye’deki her on çocuktan birisi AOSYH hastasıdır), iğne fobisi (tripanofobi) kaynaklı baltalanan takip ve tedavi süreçlerini kolaylaştırıcı bir çözüm olan I-Kolesterol, kandaki kortizol gibi yabancı ajanlardan da etkilenmediği için hormonal tedavi gören kolesterol hastalarına da vakit kazandıracaktır.

9. Riskler

“I-Kolesterol” projesi, geliştirme sürecinde insan ve çevre sağlığına olan etkileri başta olmak üzere birçok yönden ele alınmış ve eksikleri giderilerek prototipi geliştirilmiş bir çözümdür. Hazırlanan test ve simülasyonlar, literatür bilgileriyle ve uzman doktor görüşleriyle mukayese edildiğinde kalsiyum lesitinat çökeleği ve polietilenin sağlık açısından hiçbir risk taşımadığı görülmüştür. Olası bir alerjen durumunun testi için, pandemi koşullarının hafiflemesiyle birlikte uzman doktorlardan alınacak tavsiyeler doğrultusunda, gerekli izinler alınarak en azından omurgalı hayvanlarda testler yapılması planlanmaktadır. Testlerin tamamlanmasının ardından, ilgili mevzuat doğrultusunda Sağlık Bakanlığı ve kuruluşlarına gereken başvuruların yapılması hedeflenmekte ve ürünün kullanıcı erişimine açılması planlanmaktadır. Kalsiyum lesitinatın alerjen olması gibi bir durumla karşılaşılması durumunda, yine biyomimikriye başvurularak vücudun şilomikron taşıma yollarından birisi olarak demir lesitinat kullanılması planlanmaktadır.

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: İsmail Yaşar Kökçüler

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okulu	İlgili Tecrübeleri
İsmail Yaşar Kökçüler	Takım Lideri ve Bilimsel Süreçler Sorumlusu	Denizli Erbakır Fen Lisesi	2018’den beri yıldır biyoinorganik kimya alanında akademik araştırmalara katılmaktadır.
Hasan Kan	Görüntü İşleme Sorumlusu ve Veri Analisti	Denizli Erbakır Fen Lisesi	2019 yılından itibaren OpenCv ile modüler görüntü işleme ve derin öğrenme üzerine çalışmaktadır.
Yusuf Yılıbr	Programlama ve Analiz Sorumlusu, Araştırmacı	Denizli Erbakır Fen Lisesi	2018’den beri veri analiz algoritmaları ve biyofizik uygulamaları üzerine çalışmaktadır.

11. Kaynaklar

- Caffery, B. (1989). The influence of diet on the tear film. Journal of The British Contact Lens Association. 12. 14-17.
- Chun, Yoon Hong, Kim, Hye Rang, Han, Kyungdo. (2013). Total cholesterol and lipoprotein composition are associated with dry eye disease in Korean women. Lipids Health Dis 12, 84.
- Daniels TF, Killinger KM, Michal JJ, Wright Jr. RW, Jiang Z. (2009). Lipoproteins, cholesterol homeostasis and cardiac health. Int J Biol Sci. 5(5):474-488.
- Frey W. H. II, Desota-Johnson D., Hoffman C., McCall, J. H. (1981). Effect of Stimulus on the Chemical Composition of Human Tears, American Journal of Ophthalmology, 92, 4, 559-567, ISSN 0002-9394. doi: 10.1016/0002-9394(81)90651-6
- Rantamäki AH, Seppänen-Laakso T, Oresic M, Jauhiainen M, Holopainen JM (2011). Human Tear Fluid Lipidome: From Composition to Function. PLOS ONE 6(5).