

# Ortam Destekli Yaşam Uygulamaları için Gürbüz Düşme Sezme Yöntemi

## A Robust Multimodal Fall Detection Method for Ambient Assisted Living Applications

Hande Özgür Alemdar, Yunus Emre Kara, Mustafa Ozan Özen, Gökhan Remzi Yavuz\*,  
Özlem Durmaz İncel, Lale Akarun, Cem Ersoy

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Boğaziçi Üniversitesi

{hande.ozgur,gokhan.yavuz,ozan.ozen,yunus.kara,ozlem.durmaz,akarun,ersoy}@boun.edu.tr

### Özetçe

Özellikle 65 yaş üzeri kişilerin hayatlarını tehdit eden kazayla düşme durumlarında hızlı müdahale hayat kurtarabilmektedir. Yalnız yaşayan kişiler ve kronik hastalığı olanlar başlıca risk gruplarını oluşturmaktadır. Düşmelerin hızlı ve etkin tespiti ile bu kişilerin yaşam kalitesi artırılabilir. Bu çalışmada ivme-ölçerler ile video algılayıcılar kullanılarak, çok kipli bir düşme sezme düzeneği önerilmiş ve başarımı raporlanmıştır. Sonuçlar, ivme-ölçerler ile tetiklenen bir video işleme yönteminin, işlem maliyetlerini ve mahremiyet sorunlarını en aza indirgeyeceğine işaret etmektedir.

### Abstract

*Accidental falls threaten the lives of people over 65 years of age and can be overcome with quick action for saving lives. Old people who live alone and those who have chronic diseases constitute the main risk groups. Fast and effective detection of falls will increase the quality of life of these people. In this study, using accelerometers together with a video sensor, a multi-modal fall detection mechanism is proposed and its performance has been evaluated. The results indicate that an accelerometer triggered video processing method will minimize the processing costs together with privacy related issues.*

### 1. Giriş

Ortam destekli yaşam uygulamaları, vücut üzerindeki ve yaşam alanındaki algılayıcılar sayesinde birçok etkeni, evde ya da dışarıda algılayarak değerlendirme yeteneğine sahip uygulamalardır. Böyle çok-kipli bir şekilde toplanan veriler analiz edilerek bilgiye dönüştürülürler. Bu bilgiler işlenerek erişim düzenekleri yardımıyla, uzaktan kontrollü eyleme geçme sağlanabilir. Çok-kipli arayüzler, çoklu ortamlar aracılığıyla da kişilerin sistemle etkileşimleri sağlanır. Ortam destekli yaşam uygulamaları özellikle kronik hastalar ve yalnız yaşayan yaşlılar gibi kişilerin hayatını kolaylaştırmaktadır. Örneğin, yaşlılarda sıkça karşılaşılan düşmeye bağlı ölümler özellikle 65 yaş üstü kişiler için önemlidir. Tıbbi yardım gerektiren düşme vakalarının yüzde otuzunun 65 yaş ve üstü, yüzde kırkının ise 80 yaş ve üzeri olduğu belirtilmektedir [1].

\* İsimler soyadı sırasına göre verilmiştir.

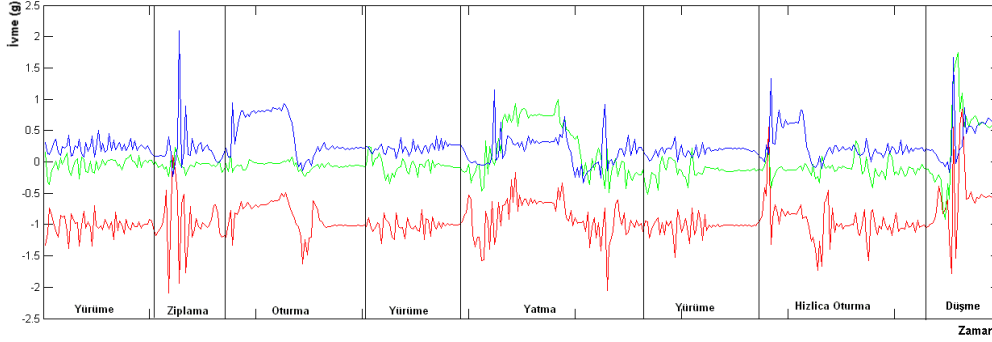
Bu nedenle düşmeler hafife alınmaması ve mümkün olduğunca hızlı sezilip müdahale edilmesi gereken vakalardır. Bu çalışmada ortam destekli bir uygulama için çok-kipli bir düşme sezme algoritması önerilmekte ve başarım sonuçları paylaşılmaktadır.

Literatürdeki düşme sezme ve hareket sınıflandırma çalışmalarında önerilen sistemlerin bir kısmı ivme-ölçerlerden toplanan verilerin analizi ile çalışmaktadır [2, 3]. Ancak bu tür sistemler hızlı oturma veya zıplama gibi aktiviteleri düşmeden ayırt etmede zorlanmakta ve bazı durumlarda yanlış sonuçlar üretmektedir. Dolayısıyla yalnızca ivme-ölçerlerden toplanan verilerle düşme tespiti yapmak bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Diğer tip çözümlerde ise ivme-ölçerlerinin yanı sıra eğim ve titreşim-ölçer algılayıcılar ve jiroskoplar ile beden oryantasyonu bilgisi kullanılmaktadır [4, 5]. Bazı düşme algılama algoritmalarında ise kişinin yatay olarak yere düşüp uzanacağı olgusuna yoğunlaşılmıştır, ancak kişinin yatay olarak düşmeyeceği mesela merdivenlerde meydana gelecek düşmelerde algoritmaların başarımı konusunda soru işaretleri mevcuttur. Dolayısıyla otomatik düşme algılama algoritmalarının ve sistemlerinin doğruluğunun geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Mercury [6] hareket analizi yapabilen giyilebilir algılayıcıların oluşturduğu bir sistem olarak tasarlanmıştır ve nöromotor hastalıklar taşıyan kullanıcıların hareketlerinin analizine olanak sağlamaktadır. SATIRE sistemi [7] ise aktivite sınıflandırma amaçlı tasarlanmış ve ivme-ölçerlerden oluşan ve kullanıcının kıyafetlerine bütünleştirilebilecek algılayıcılardan oluşmaktadır. Bu çalışmada ise ivme-ölçerler ve video algılayıcılar ile çok-kipli bir gürbüz düşme sezme yöntemi elde edilmesi hedeflenmiştir.

Bölüm 2'de düşme sezme düzeneği tanıtılmaktadır. Bölüm 3'te deney düzeneği ve sonuçlar sunulmuştur. Bölüm 4'te sonuç ve tartışmaya yer verilmiş ve gelecek çalışmalar anlatılmıştır.

### 2. Düşme Sezme Düzeneği ve Yöntem

Geliştirilen düşme sezme düzeneği Boğaziçi Üniversitesi Ortam Destekli Yaşam Laboratuvarı'nda kurulmuş ve deneyler burada gerçekleştirilmiştir. Gerçek bir ev gibi düzenlenen 55 metrekarelik bu laboratuvar, ortama yerleştirilen RFID, sıcaklık, rutubet, ses ve ışık ölçen kablosuz algılayıcılar ve çeşitli kablosuz video algılayıcılarla donatılmıştır. Bu laboratuvarında gerçekleştirdiğimiz deneylerde elde ettiğimiz verileri, aşağıdaki anlatılan yöntemler ile işleyerek gürbüz bir düşme sezme yöntemi elde etme çalışması yapılmıştır.



Şekil 1. Değişik aktiviteler için üç eksenli ivme-ölçer değerleri; her bir renk farklı bir eksen den okunan değerleri belirtir.

## 2.1. İvme-ölçer ile Düşme Sezme

İvme-ölçer verisi üzerinde Naif Bayes, Öklid uzaklığı, az-sıklıklı desen bulunması ve eşikleme yöntemleri kullanılarak, düşme sezme çalışmaları yapılmıştır.

### 2.1.1. Öklid Uzaklığı

Bu yöntemde eğitim kümesi içerisindeki düşme durumu ölçümlerinden düşme taslak vektörü, üç-eksenli düşme ölçümlerinin ortalaması olarak oluşturulmuştur. Daha sonra bu vektörün sına kümesindeki ivme ölçümlerine olan Öklid uzaklıkları hesaplanmıştır. Bu uzaklıklar düzgelenecek, değeri deneysel olarak belirlenen 0,7 eşikinin altında kalanlar düşme olarak işaretlenmiştir.

### 2.1.2. Naif Bayes

Düşme sezmesi uygulaması için bir Naif Bayes sınıflandırma sistemi geliştirilerek, iki ölçüm sınıfı üzerinden eğitilmiştir. Sınıflar “Düşme” ve “Normal” olmak üzere iki tanedir. Eğitim kümesi her denegin senaryo tekrarlarının yarısı olarak belirlenip, diğer yarısı sına kümesine ayrılmıştır. Eğitim kümesi üzerinden sistem Denklem (1)’de görülen parametreleri hesaplar.

$$P(C_i|X) = \frac{P(X|C_i) * P(C_i)}{P(X)} \quad (1)$$

$$P(X) = \sum_t P(X|C_t) * P(C_t) \quad (2)$$

$P(X / C_i)$  verilen sınıftan  $X$  vektörünün alınma olasılığı,  $P(C_i)$ ,  $C_i$  sınıfının görülme olasılığı,  $P(X)$ ,  $X$  vektörünün görülme olasılığı ve  $P(C_i / X)$  verilen  $X$  vektörünün  $C_i$  sınıfı tarafından oluşturulmuş olma olasılığıdır. Geliştirilen model  $P(X / C_i)$  için normal dağılım varsayımında bulunur ve eğitim kümesi üzerinden her sınıf için bu dağılımın parametrelerini öğrenir.  $P(C_i)$  ise verilen küme içerisinde  $i$  sınıftan gelen veri sayısının toplam veri sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Model bu parametreleri eğitim seti ile öğrendikten sonra, sına kümesi üzerinde çalıştırılmıştır.

### 2.1.3. Az-Sıklıklı Desen Bulma

Bu yöntem [8]’de tanımlanan bir veri madenciliği yöntemine dayanmaktadır. Model, içerisinde sadece normal durumların olduğu bir eğitim kümesi üzerinde eğitilir. Bu küme üzerinde yöntem, peş peşe gelen iki okuma arasındaki uzaklıkları hesaplayarak bunları hafızasına kaydeder. Yöntem sına kümesinde çalıştırıldığında bu küme üzerinde peş peşe gelen okumaların aralarındaki uzaklıkları hesaplar ve bunların

daha önce karşılaştığı uzaklıklar arasında olup olmadığını kontrol eder. Eğer bir uzaklık ile daha önce karşılaşmamış (ya da az-sıklıklı karşılaşılmış) ise söz konusu uzaklığa sebep olan ölçüm beklenmedik olarak işaretlenir.

Bu yöntemi eğitmek üzere kullanılacak eğitim kümesi, diğer yöntemlerin eğitimi için kullanılan kümelerden düşme etiketli okumaların çıkarılması ile oluşturulmuş, sına kümesi olduğu gibi kullanılmıştır. Yapılan ilk deneylerde [8]’de belirtilen asıl yöntemin, ivme-ölçer verisinde bulunan gürültüye çok dayanımsız olduğu gözlenmiş ve bu sebeple yöntem, eğitim kümesinden elde edilen uzaklıkların sına kümesindeki uzaklıklar ile karşılaştırılması sırasında belirli bir hata payı içerisinde bulunmaları halinde eşit sayılmaları kistası eklenmiştir. Söz konusu hata payı deneysel olarak 0,005 g olarak belirlenmiştir. Ayrıca yöntem bu hali ile tek boyutlu veri üzerinde çalışabildiğinden üç boyutlu ivme-ölçer verisi toplam vektör uzunluğu kullanılarak tek boyuta indirilerek yöntem bunun üzerinde çalıştırılmıştır.

Diğer bir yaklaşım olarak ivme-ölçer eksen bilgilerinin ayrı ayrı incelenerek onlar üzerinden verilen kararların birleştirilmesi denlenmiştir. Birleştirme işlemi, herhangi bir anda eksenlerin herhangi birinde uyarı kararı verildiğinde, genel kararın uyarı olması şeklinde yapılmıştır.

### 2.1.4. Eşikleme

Eşikleme yöntemi, alınan ölçümlerin belirli bir “eşik” değerin altına düşmesi ya da bu değerin üstüne çıkması durumunda uyarı üretilmesi ya da bir aktivitede bulunulması olarak belirlenebilir. Belirlenen eşik değerine göre yöntemin doğruları bulma ve yanlış uyarı verme oranları değişmektedir, dolayısıyla bu parametrenin seçimi önemli bir noktadır.

## 2.2. İmge işleme ile Düşme Sezme

Video işleme ile düşme sezmede izlenen yöntem şu adımlardan oluşur: Öncelikle her bir video çerçevesinden arka plan ayıklaması yapılır ve ön plan bulunur. Bulunan ön plan iki adet morfolojik işlemden geçirilerek gürültüden arındırılır, bu şekilde büyük ve birbirine yakın lekelerin birleşmesi sağlanır. İlk morfolojik işlem 50x50’lik kare ile genişleme, ikincisi 60x60’lık kare ile kemirmedir. Bu işlemlerden sonra 640x480 çözünürlüğündeki videoda, alan süzgeci kullanılarak insan vücudu olamayacak kadar küçük alanlar gürültü olarak kabul edilerek elenir. Sonraki adımda, çerçevedeki en büyük leke insan silüeti olarak kabul edilir. Bu silüete oturtulabilen en küçük elips bulunur. Şekil 2’de yöntemün uygulanma aşamaları gösterilmiştir. Bulunan elipsin oryantasyonu (ana ekseninin yatay eksenine ile) yaptığı açı ve bu elipsin uzanımı (boyunun enine oranı) hesaplanır. Oryantasyon ve uzanımın



Şekil 2. Çerçevden arka plan ayrıştırma ve silüet üzerine elips modeli oturtma.

birinci ve ikinci türevleriyle sırasıyla hız ve ivme bilgileri elde edilmektedir. Bu şekilde insan silüeti olduğuna karar verilen her çerçeve için altı boyutlu öznelik bilgisi bulunur.

Sınıflandırmada kullanılan yöntem ise en yakın komşu yöntemidir. Her bir çerçevenin altı boyutlu öznelik vektörü için her iki sınıftan en yakın elemana olan uzaklıklar  $d_1$  ve  $d_2$  bulunur. Bu uzaklıklardan her iki sınıfa ait olma olasılıkları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P(\text{Düşme}) = \frac{\frac{1}{d_1}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \quad (3)$$

$$P(\text{Normal}) = \frac{\frac{1}{d_2}}{\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2}} \quad (4)$$

Bu şekilde hesaplanan skorların kayan pencere ortalamaları 0,5'ten büyükse düşme olduğu kararı verilir.

### 3. Deney Sonuçları

#### 3.1. Deney Düzenegi ve Verisi

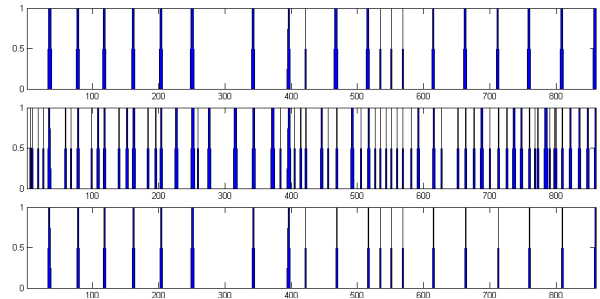
Deneyler fiziksel engeli olmayan 5 adet sağlıklı gönüllü denek ile gerçekleştirilmiştir (2 kadın, 3 erkek, yaş ortalaması 27). Deneklere bir tanesi göğüs hizasında bir tanesi de bel hizasında olmak üzere 2 adet üç eksenli kablosuz ivme-ölçer bağlanmış ve önceden belirlenmiş bir senaryoya göre belirli hareketleri yapmaları istenmiştir. Bu hareketler yürüme, zıplama, oturma, yere yavaşça uzanma, koltuğa hızlıca oturma ve yere düşme olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de çekilen senaryo sırasında kaydedilen ivme-ölçer verileri gösterilmiştir. Her denek aynı senaryoyu 10-20 kere tekrarlamış ve tüm senaryolar eş zamanlı olarak videoya alınmıştır. Deneyler elde edilen 81 videoluk veri kümesi ve bunlara denk gelen ivme-ölçer verileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen modellerde veri kümesinin %20'si eğitim, gerisi sınama kümesi olarak kullanılmıştır.

#### 3.2. Sonuçlar

Sonuçlar raporlanırken, başarımlar ölçütü olarak anma (1-specificity) ve duyarlılık (sensitivity) oranları kullanılmıştır. Anma, yöntemin doğru bir şekilde düşme olarak işaretlediği durumların (doğru pozitiflerin), incelenen veri içerisinde düşme olarak işaretlenen tüm durumlara oranı olup; duyarlılık ise doğru pozitiflerin, yöntem tarafından üretilen tüm düşme uyarılarına oranıdır.

Sonuçlar incelendiğinde, bel hizasında bulunan ivme-ölçerden elde edilen sonuçlarda istatistiksel değeri olan başarı yakalanamadığından sadece göğüs hizasında bulunan ivme-ölçerden gelen veriler değerlendirmeye alınmıştır. Bu şekilde

elde edilen sonuçlara göre, Öklid uzaklığı yöntemi %77 anma başarımları ve %29 duyarlılıkla çalışmaktadır. Naif Bayes ile elde edilen sonuçlarda sınama kümesinde bulunan düşme durumlarının %98'inin doğru bir şekilde işaretlendiği görüldükçe, %20 gibi düşük bir duyarlılık elde edilmiştir.



Şekil 3. Değiştirilmiş eşikleme yönteminin örnek sonuçları, x eksenine zamana göre sıralanmış okuma belirteçleri, y eksenine ise sınıfı göstermektedir.

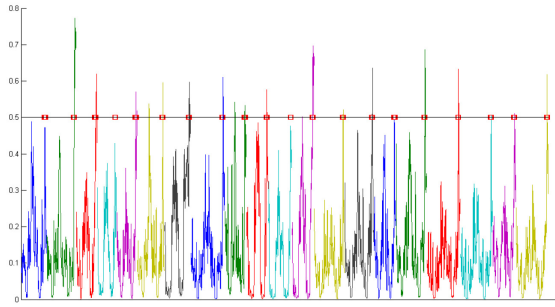
Az-sıklıklı desen bulma yönteminde yapılan denemede öncelikle ivme-ölçer verisi, vektör uzunluğu kullanılarak tek boyuta indirilmiş ve %92 anma başarımları sağlanmıştır. Yöntemin farklı eksenlere uygulanarak kararların birleştirilmesi ile anma başarımları %100 seviyesine çıkarılmıştır. Eşikleme yönteminin başarımları değerlendirirken sonucu etkilememek için, eşik değeri eğitim kümesi üzerinde, %100 anma sağlayacak şekilde belirlenmiş ve sınama kümesine uygulanmıştır. Yöntemin sınama kümesinde de %100 anma başarımları ile çalıştığı gözlemlenmiş fakat duyarlılığı %21 gibi düşük bir değer çıkmıştır.

Tablo 1. Sonuçlar Tablosu

		Anma (%)	Duyarlılık (%)
ivme ölçer	Öklid Uzaklığı	77	29
	Naif Bayes	98	20
	Az-Sıklıklı Desen Bulma – A	92	16
	Az-Sıklıklı Desen Bulma – B	100	18
	Eşikleme – A	100	21
	Eşikleme – B	100	34
İngişli.	Kayan pencere boyutu: 5	100	53
	Kayan pencere boyutu: 10	89	71
	Kayan pencere boyutu: 15	84	81
	Kayan pencere boyutu: 20	80	84

Yöntemin yanlış uyarı verme eğilimi gözlemlendikten sonra, veri üzerinde filtreleme yapılması düşünülmüş ve bunun için bir ortalama filtresi kullanılmıştır. Bir saniyelik pencereler

içerisindeki değerlerin ortalamaları alınarak, bu ortalama 0 saniye ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca ivme-ölçer eksenlerinden biri, kişinin oturur ya da ayakta iken –g değer ölçümleyen eksen, ana eksen olarak belirlenerek, eşikleme buna uygulanmıştır. Bu geliştirmelerden sonra sistemin başarımı %100 anma ve %34 duyarlılık şeklinde olmuştur. Şekil 3'te değiştirilmiş eşikleme yönteminin sonuçları gösterilmiştir. İlk grafik veri içerisinde düşme olarak işaretlenmiş anları gösterir, ikinci grafik sistem tarafından üretilen uyarıları, üçüncü grafik ise bu uyarılardan gerçek düşmeler ile kesişenleri gösterir. Tablo 1'de tüm yöntemlerin sonuçları sunulmuştur.



Şekil 4. Çerçevesinin düşme gösterme olasılığının zamana göre değişimini gösteren örnek imge işleme sonuçları.

İvme-ölçer verileriyle çok fazla yanlış alarm üretilmesi nedeniyle, imge işleme tekniklerini kullanarak yöntem duyarlılığını artırma çalışması yapılmıştır. Düşmelerin işaretlendiği 81 video içeren deney seti ile yapılan çalışmada elde edilen sonuçların bir alt kümesi Şekil 4'te örnek olarak gösterilmiştir. İmge işleme yönteminin sonuçları pencere büyüklüğüne bağlı olarak Tablo 1'de verilmiştir.

### 3.3. Verilerin Birlikte Kullanımı

İvme-ölçerlerden elde edilen sonuçlarda düşmeler yüksek başarıyla yakalanmasına rağmen, düşme olmayan bazı hareketler de hatalı olarak düşme olarak sınıflandırılmaktadır. Video işlemeyle ise sezme oranı yüksek olmakla beraber yanlış pozitif oranının da düşük olduğu gözlenmiştir. Ancak videodan işleme yüksek işlem gücü ve veri aktarımı için yüksek bant genişliği gerektirmektedir. Bunun yanı sıra, videodan sürekli izleme bazı mahremiyet sorunları yaratabileceğinden, ivme-ölçerlerden gelen verilerle etiketlenen bir video işleme yöntemi hem daha gürbüz hem de yukarıda bahsedilen sorunları giderecek nitelikte olacaktır.

İvme-ölçerlerden gelen tüm düşme kararlarının ardından video işleme yöntemi devreye girerek sezilen durumun gerçekten düşme olup olmadığı kararı imge işleme sayesinde verilerek, hem sistemin genel başarımı artırılabilir hem de işlem maliyetleri azaltılabilir.

## 4. Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmada, ivme-ölçerler ile video algılayıcılar kullanılarak, çok-kipli bir düşme sezme yöntemi önerilmiş ve yöntemin başarımı gerçek deneklerden toplanan veriler üzerinde farklı sinyal ve video işleme yöntemleri kullanılarak raporlanmıştır. Gerçekleştirilen deneylerde, deneklerin, yere yavaşça uzanma, zıplama, kendini hızlıca koltuğa bırakma gibi düşmeden ayırt edilmesi zor hareketler yapmaları istenmiş ve böylelikle sistemin başarımı sadece düşmeleri algılamak

olarak değil, aynı zamanda benzer hareketleri düşmeden ayırt etmek olarak da sınırlanmıştır. 5 farklı denek ve 81 farklı deney setinden elde edilen sonuçlara göre, düzeneğin düşme sezim başarımı %100'e yakın elde edilmiştir. Ayrıca, sadece ivme-ölçerden toplanan verilerin işlenmesi ile verilen düşme kararlarındaki yanlış pozitiflerin, imge işleme teknikleri ile azaltılabileceği yapılan ön çalışmada gözlenmiştir. Video işleme özellikle gömülü kameralar için çok masraflı bir işlem olduğundan ve giyilebilir ivme-ölçerlerin kullanımının daha kolay olmasından hareketle ilerideki çalışmalarımızda video verisi toplamının ve işlemenin ivme-ölçerlerden uyarı geldiği durumlarda aktive edileceği yöntemlerle düşme sezme düzeneğimizi zenginleştirmeyi planlamaktayız.

## Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu (TUBİTAK) tarafından, EEEAG/108E207 numaralı araştırma projesi kapsamında, Boğaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 09A101P numaralı araştırma projesi kapsamında ve Devlet Planlama Teşkilatı tarafından, 2007K120610 numaralı TAM Projesi kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynakça

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. <http://www.cdc.gov/HomeandRecreationalSafety/Falls/adultfalls.html>
- [2] A. K. Bourke, J. V. O'Brien, and G. M. Lyons. "Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm". *Gait and Posture*, 26:194–199, 2007.
- [3] M. Kangas, A. Konttila, I. Winblad, and T. Jamsa, "Determination of simple thresholds for accelerometry-based parameters for fall detection", In *Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pages 1367–1370, Lyon, France, Aug 2007. IEEE.
- [4] A. K. Bourke and G. M. Lyons, "A threshold-based fall detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor", *Medical Engineering and Physics*, 30:84–90, Jan 2008.
- [5] N. Noury, P. Barralon, G. Virone, P. Boissy, M. Hamel, and P. Rumeau, "A smart sensor based on rules and its evaluation in daily routines", In *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pages 3286–3289, Cancun, Mexico, Sept 2003. IEEE.
- [6] K. Lorincz, B. Chen, G. W. Challen, A. R. Chowdhury, S. Patel, P. Bonato, M. Welsh, "Mercury: A Wearable Sensor Network Platform for High-fidelity Motion Analysis", *Proceedings of the 7th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys'09)*, Berkeley, CA (2009).
- [7] R. Ganti, P. Jayachandran, T. Abdelzaher, and J. Stankovic. "SATIRE: A Software Architecture for Smart AtTIRE", In *Proc. ACM Mobisys*, Uppsala, Sweden, June 2006.
- [8] C. Zhang, C. Wang, D. Li, X. Zhou, C. Gao, "Unspecified Event Detection in Wireless Sensor Networks", *2009 International Conference on Communication Software and Networks*. p. 243-246.