

Hastane İnfüzyon Cihazları Otomasyonu

Sezgin ERSOY, Ersin TOPTAŞ

Mekatronik Eğitimi Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
sersoy@marmara.edu.tr, etoptas@marmara.edu.tr
 (Geliş/Received: 26.12.2010; Kabul/Accepted: 25.01.2011)

Özet— Gelişen teknoloji ile her alanda kayda değer bir değişim gözlenmektedir. Teknolojinin sağlık sektöründe oluşturduğu gelişmeler ile insan faktörü biyomedikal alanda rutin işlerden kurtulmaya başlamış ve daha da önemlisi hassasiyetin hayati önem arz ettiği bu sektörde, teknoloji insana kıyasla çok daha iyi bir kesinlik getirmeye başlamıştır. Kontrollü ilaç salınımı son yıllarda gittikçe önem kazanan bir konudur. İnfüzyon pompaları kontrollü ilaç salınımında önemli bir yere sahiptir. İnfüzyon pompaları hastanelerin yoğun bakım ünitelerinde ve evde kullanılabilmekte ve boyutları küçültülüp implant haline getirilebilmektedir. Temel olarak infüzyon pompaları medikal sıvının istenilen miktarda ve hızda hastaya aktarılması amacı ile kullanılmaktadır. Bu çalışmada volumetrik infüzyon pompasının tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Sistemde mikro kontrolcü ve dokunmatik ekran, step motor sistemi ve peristaltik pompa kullanılmıştır. Sistem SCADA yazılımı ile 256 ve üstündeki birimi kontrol edebilmekte ve yönetebilmektedir. Yapılan bu çalışma ile hastanelerin yoğun bakım ünitelerinde sağlık çalışanları açısından büyük bir kolaylık ve zaman tasarrufu sağlayabilecek ve hem de hastaların fiziki olarak daha az müdahaleye maruz kalmasına hizmet edecek bir ürün ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler— İnfüzyon pompası, sistem otomasyonu, SCADA.

Hospital Infusion Pumps Automation

Abstract— Significant change is observed in all areas of the developing technology. Developments of the technology in the health sector with human factor in biomedical science started to get rid of routine tasks and more importantly sensitivity of this sector is of vital importance even that technology has started to bring better results. Controlled drug use is a topic increasingly important in recent years. Infusion pumps have an important place in controlled drug release. Infusion pumps can use in intensive care units of hospitals and home. Basically, infusion pumps allow speed and the transfer of the desired amount of medical fluid the patient. In this study, volumetric pumps has designed and manufactured. In this systems used micro controller, touch screen stepper motor, peristaltic pump. SCADA software system able to control and manage the unit with the 256 and above. In this study, intensive care units of hospitals in terms of health care workers and provide a great convenience and time savings as well as intervention in patients exposed to serve less of a physical product have been revealed.

Keywords— Infusion pump, system automation, SCADA.

1. GİRİŞ

Modern sağlık yönetimi süreci, insanların sağlık ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretim faktörlerinin bilinçli ve uyumlu bir şekilde bir araya getirilip, sağlık hizmeti üretimi ve sunumu için faaliyette bulunan kuruluşların çok yönlü işlevlerini kapsar. Sağlık yönetiminde bilgi güvenliği ilkelerinin uygulanması: sağlık güvenliği, kalitesi ve geleceği açısından büyük bir önem taşımaktadır [1]

Günümüz sağlık teknolojisi yüksek hassasiyet, üstün güvenlik, kolay kullanılabilme ve sürece müdahale edebilme gibi özellikleri belirli bir standart düzeyinde gerektirmektedir. Sağlık sektöründe çalışanlar yoğun tempo ve uzun çalışma süresine tabi olduklarından

güvenli ve kolay kullanılabilen teknolojileri tercih etmektedirler. Hemşirelerin mesleki sorumlulukları ve hesap verilebilirliğin temel beklenti olduğu günümüzde, sağlık sisteminin ve hemşirelik mesleğinin kanıta dayalı bilgi ile klinik karar vermeyi destekleyebilmesi için yeni yaklaşımlar zorunlu hale gelmiştir [2,3].

Mevcut infüzyon pompaları basit düzenekli ve tek kullanıcı sistemler şeklindedir. Piyasada mevcut kullanılan pompaların bazı kısıtları bulunmaktadır. Bu çalışmada mevcut ürün yeterliliklerinin yanı sıra yeni birtakım özellikler sisteme kazandırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca mevcut kullanılan pompa sistemlerin kullanıcı ara yüzleri karmaşıktır. Bu proje karmaşık işlemleri gerçekleştirmesinin yanı sıra bunları çok basit bir şekilde kullanıcının kavrayabilmesi ve kumanda edebilmesini

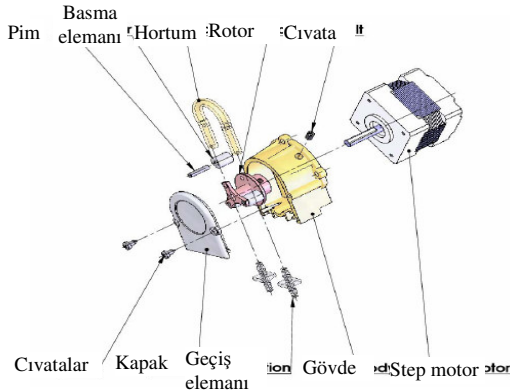
sağlayacak basitlikte bir sistem geliştirilmesini içermektedir.

Sağlık bilgi sistemlerinin ve elektronik sağlık kayıtlarının erişilebilirliğini artırarak, verimliliğin artması, maliyetlerin azaltılması ve sağlıkta kalitenin artırılması beklenmektedir [4,5]. Bu çalışmada ayrıca sisteme eklenen SCADA kontrolü ile uzaktan kullanılabilir ve kontrol edilebilir bir özellik eklenmiştir. Bu kontrol sistemi sayesinde hastaya ait bir kimlik oluşturulabilmekte, hastanın tedavi süresince kullandığı ilaçların miktarı, süresi, oranı, akış hızı gibi birçok bilgi kayıt altında tutulabilmektedir.

2. İNFÜZYON POMPASI ve KULLANIM ALANI

İnfüzyon pompası; mikro kontrolcü vasıtası ile rotary peristaltik pompanın kontrollüdür. Bu sayede hassas bir sıvı akışı sağlanmaktadır. Sistemde kullanılan pompa mekanizması step motor ile tahrik edilmektedir.

Peristaltik pompalar sıvı ile pompa mekanizması arasında temas olmadan sıvı akışını sağlamaktadır. Birkaç çeşit peristaltik pompa olmasına rağmen, bu çalışmada kapak gerektirmeyen tasarıma sahip dönel peristaltik pompa kullanılmıştır (Şekil 1). Pompayı tahrik eden step motorun kontrolü ile sıvı akış hızı hassas bir şekilde kontrol edilmektedir [5].



Şekil 1. Rotary Peristaltik Pompa

Biyomedikal alanda hastaya kontrollü ilaç salınımı çeşitli yollarla yapılabilmektedir. Bunlara örnek vermek gerekirse perfüzyon cihazları (şırınga pompaları), elastomerik pompalar, osmotik basınç kontrollü ilaç salınımı, difüzyon kontrollü pompalar, nanojeller v.b. Çalışmamızda oluşturulan sistem, biyomedikal alanda kontrollü ilaç salınımı haricinde açık-kalp ameliyatlarında yapay kalp olarak çalışabilecek veya diyabet cihazlarında kullanılabilen bir yapı sunmaktadır. Bunun dışında oluşturulan sistem kolaylıkla gıda sektörü (süt analizörleri, su analizörleri) kimya sektörü, boya sektörü gibi başka sektörlerde de kullanılabilen bir mimariye sahiptir.

Yapılacak işe göre planlanabilen bu makinelerin tasarımında; mekanik kısım ve kontrol ünitesi kullanılacağı yere göre değişiklik gösterebilir. Örneğin; Dozajın düşük olduğu uygulamalarda şırınga pompaları, daha yüksek dozajlı uygulamalarda ise peristaltik

pompalar kullanılmaktadır. Kimyasal uygulamalarda daha çok dönel peristaltik pompalar kullanılırken, medikal uygulamalarda ise lineer peristaltik veya şırınga pompaları tercih edilmektedir. Bu çalışmada dönel peristaltik pompa ile sıvı akışı sağlanmıştır (Şekil 2). STM32 mikrokontrolcüsü ile kullanıcı arayüzü ve pompa kontrolü yapılmış, Vijeo Citect SCADA yazılımı ile de merkezi konsol sistemi oluşturulmuştur.



Şekil 2. Peristaltik Pompa PP 60 ve Sürücüsü

3. MATERYAL VE METOD

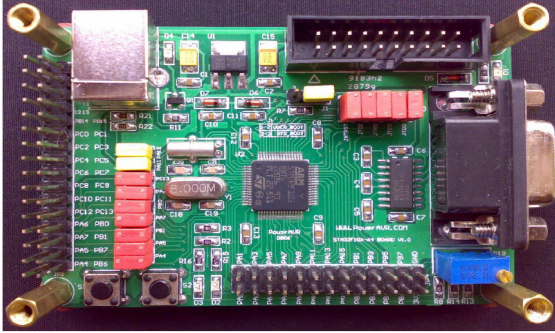
Peristaltik Pompa: Yüksek viskoziteli ve katı partikül içeren akışkanların transferi için kullanılmaktadır. Bu açıdan kullanım alanı çok geniş ve her sektörde uygulama imkanı olan bir pompadır. Bir hortumun sıkıştırılması ile pompalama işlemi gerçekleştirilmektedir. Pompa gövdesinin akışkan ile temas etmemesi ve laminar bir akış sağlayarak köpürme yapmaması avantajlı taraflarıdır.

Herhangi bir pompalama işlemi için pompa seçimi yapılırken en genel halde aşağıda sıralanan parametrelerin göz önüne alınması gereklidir; Akışkanın Türü, Çalışma Şartları, Kullanım Sahası, Debi, Viskozite, Sıcaklık, pH Değeri, Çalışma Süresi, Emme Yüksekliği, Manometrik Basma Yüksekliği, Tahrik Türü.

Kontaminasyon riski yoktur, aynı pompa ile farklı ürünleri birden çok pompa başlığı ile aynı anda veya sadece hortum değiştirmek suretiyle çalışma imkanı sağlamaktadır. Akış miktarlarının kontrolü oldukça hassas şekilde sağlanabilmektedir ve güç tüketimleri oldukça düşüktür. Bakım gerektirmez ve uzun süreli kesintisiz çalışmaya uygundur.

Kontrol Ünitesi: Mikrokontrollü sistemler hem boyut hem de fiyat açısından PLC'lere göre oldukça avantajlıdır. Bu çalışmada ST firmasının STM32F103RBT6 mikrokontrolcüsünü kullanılmıştır. STM32 serisi ARM Cortex-M3 32 bitlik işlemci çekirdeğine sahiptir. Cortex-M3 serisi endüstriyel uygulamalar için geliştirilmiştir, Cortex-A8 gibi yüksek saat hızlarına sahip olmamasına rağmen CAN-Bus, Digital-Analog çevirici gibi endüstriyel çevre birimleri ile zenginleştirilmiştir. STM32F103xx serisi özellikle motor kontrol uygulamaları için geliştirilmiş, EMI uyumluluğu artırılmıştır. Bu özellikler dikkate alındığında STM32F103RBT6; 90 MIPS (saniyede 90 Milyon) hızlara çıkabilen, 32bit işlem kapasitesine sahip üzerinde USB ve CAN-Bus gibi üst seviye haberleşme

protokollerini barındıran ve 16 kanal 2 adet 12bit analog-dijital çeviricisi bulunan yüksek seviyeli bir mikrokontrolcüdür. Bu çalışmada MINI-STM32 kontrol kartı kullanılmıştır. MINI-STM32 üzerinde SD-Card, USB, RS-232 ve Dokunmatik 3.2" TFT LCD bulundurmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. MINI-STM32 Kartı

MINI-STM32 kartı üzerinde LCD bağlantıları için 32pinlik konektör, programlama için 20-pinlik JTAG konektörü ve genel-giriş çıkış işlemleri için 26 pinlik konektör kullanılmıştır. Bunun yanı sıra 2 adet buton, 2 adet kullanıcı kontrollü LED, bir adet potansiyometre, RTC uygulamaları için pil yuvası, RS-232 uygulamaları için MAX232 entegresi ve mikrokontrolcünün çalışabilmesi için gerekli aktif ve pasif elemanları bulundurmaktadır. MINI-STM32 Kartının kullanıcı arayüzü TFT-LCD ile sağlanmaktadır. LCD dokunmatiktir ve 3.2" boyutlarındadır. LCD arkaplan ışıklandırması bir transistör ile sağlanmaktadır. LCD kartı üzerinde SD-Card yuvası bulunmaktadır. Bu sayede SD-Card ile çok yüksek boyutlarda veriler saklanabilmektedir. Kullanılan LCD QVGA (320*240) çözünürlük standartındadır.

Peristaltik Pompa Sürücüsü: Peristaltik pompanın üzerinde bipolar step motor kullanılmıştır. Kullanılan step motorun özellikleri şunlardır:

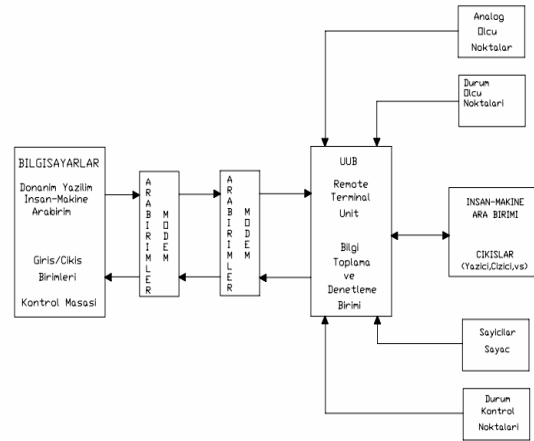
- 1.8 derecelik adım hassasiyetine sahiptir.
- 12v DC voltaj ve 0.6A akım ile çalışmaktadır.
- Bipolar step motoru sürmek için Allegro Microsystems'in A3982LB sürücü entegresi kullanılmıştır. A3982, içinde bulundurduğu DMOSlar ve kendi iç kontrolcüsü ile step motor kontrolünü basitleştirmiştir. A3982, 35v 2A bipolar step motorları sürebilmektedir.

Yazılım: Sistemde yazılım olarak Micrium RTOS kullanılmıştır. *RTOS kavramı;* RTOS (Real Time Operating System), gerçek zamanlı işletim sistemi anlamına gelmektedir. Bu tip işletim sistemleri, adının da belirttiği gibi gerçek zaman kısıtı olan sistemlerde kullanılmaktadır. RTOS gömülü sistemlerde gerçek zamanlı multitasking uygulamalar geliştirilmesini sağlamaktadır. Bu uygulamalara örnek olarak; endüstriyel robotlar, çeşitli medikal aplikasyonlar ve çoklu-işlem (task) isteyen sistemlerdir.

STM32 üzerinde gerçek zamanlı işletim sistemi kullanılabilmesi için 24bitlik SysTick zamanlayıcısı bulundurmaktadır. Bu sayede gerçek zamanlı işletim sistemi zamanlama yönetimini rahatlıkla yapmaktadır. Aynı zamanda STM32; NVIC sayesinde gelişmiş bir kesme yönetimine sahiptir. Bu donanımsal özellikler sayesinde STM32 gerçek zamanlı işletim sistemleri için ideal bir mikrokontrolcüdür. Örneğin aynı işlemleri PIC ailesi yapabilmek çok zordur ve efektif değildir.

Program; STM32 için uCos ve uC-GUI üzerinden geliştirilen yazılım KEIL uVision3 ortamında derlenmiştir. Kodlar bir işletim sisteminde olduğu gibi klasörleştirilmiştir. C dilinin esnek yapısı sayesinde fonksiyonlar müdahale kolaylığı açısından ayrı dosyalarda toplanmış ve klasörleştirilmiştir.

SCADA sistemi cihazların bir merkezden bilgisayar aracılığıyla denetlenmesini, izlenmesini, önceden tasarlanmış bir mantık içerisinde işletilmesini ve geçmiş zaman birimine ait verilerin saklanması sağlayan sistemlere verilen genel addır. Çalışmamızda sistemin tasarımdaki parametrelerin izlenilmesi ve raporlanarak kullanılması amacıyla oluşturulmuştur. Bu projede kullanılan SCADA'nın grafik arayüzünün herkes tarafından kullanılabilmesi için basit, sade ve kolay kullanılabilir olmasına dikkat edilmiştir [7]

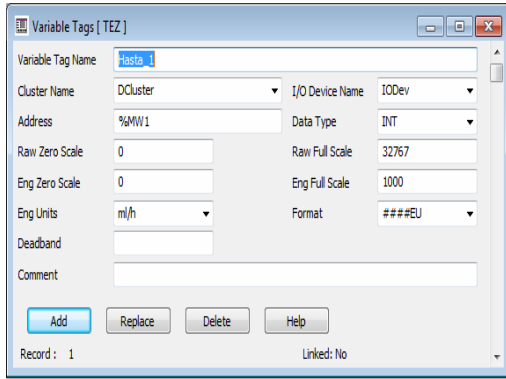


Şekil 4. Sistem Yapısı

Projede infüzyon pompası ile scada arasında daha verimli olması için seri bir haberleşme yöntemine başvurulmuştur. Seri haberleşme; yaygın olması, herhangi bir lisans bedeli olmaması, kullanımı basit olması gibi sebeplerden dolayı tercih edilmiştir.

Projede her hasta için dört temel değişken kullanılmıştır. İlk hasta için değişkenlerin isimleri "Hasta_1", "hasta_1_volume", "hasta_1_speed" ve "başla" olarak etiketlenmiştir. İsimlerinden anlaşılacağı üzere "hasta_1_volume" ilaç miktarına "hasta_1_speed" ise ilacın akış hızına karşılık gelmektedir. 1 numaralı hastaya ait değişkenler aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir. "Hasta_1" değişkeni; 1 numaralı hastaya ulaşabilmek

kullanılan bir değişkendir. Bu değişken sayesinde hastanın sayfasına erişilebilir (Şekil 5).



Şekil 5. Numaralı Hastaya Ait “Hasta_1” Değişkeni

Grafik Ara Yüzünün Hazırlanması: Proje için gerekli tüm haberleşme ayarları ve değişken atamaları yapıldıktan sonra, sade ve kolay kullanılabilir bir kullanıcı ara yüzü geliştirilmiştir. Tasarlanan kullanıcı ara yüzü üç temel pencereden oluşmaktadır. Birinci pencere hastanede bulunan tüm hasta odalarını gösteren ana penceredir. İkinci pencere hastaya verilecek olan ilaç miktarının ve bu ilacın ne hızda verileceğinin karar verildiği hasta sayfası penceresidir. Üçüncü pencere ise ilaç miktarı ve akış hızı belirlendikten sonra pompanın çalıştırılmasını sağlayan enjekte sayfası penceresidir.

Ana Pencere: Ara yüzün yapımına HASTANE adlı sayfadan başlanılmıştır. Bu sayfanın en önemli özelliği her hastaya bu sayfa sayesinde ulaşabilmesidir. Sayfada bulunan bina resmindeki her pencere ayrı hastaların odalarını temsil etmektedir. Bina resmi değişken olup gerektiğinde sistemin kurulacağı hastaneye göre değişiklik gösterebilir.

Hasta Ara Yüzü Penceresi: İlaç miktarının ve akış hızının belirlendiği sayfaların tasarımı ilk giriş sayfası kadar basit değildir.

Raporlama: Projemizin gerek haberleşme ayarları olsun gerekse kullanıcı ara yüzü olsun scada ile ilgili diğer tüm işlemler bittikten sonra ilaçların enjekte saatlerini ve tarihlerini gösteren bir raporlama hazırlanmıştır. Raporlamada dört ana işlemi kaydedilmiştir. Kaydedilen işlemler ilaç miktarının belirlenmesi, akış hızının belirlenmesi, enjekte işleminin başlaması ve enjekte işleminin sona ermesi şeklindedir. Bu kaydedilen işlemler tarih ve saat şeklinde kaydedilmektedir. Bu sayede hastalara yapılan herhangi bir enjeksiyonun saati ve tarihi raporlanarak belirli bir düzen içerisine koyulabilmektedir.

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
28.06.2010	09:13	Ilac Miktarı Belirlendi		
28.06.2010	09:13	Akış Hızı Belirlendi		
28.06.2010	09:13	Ilac Enjekte Edildi		
28.06.2010	09:13	Ilac Enjekte Durduruldu		
29.06.2010	01:47	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	01:47	Akış Hızı Belirlendi		
29.06.2010	01:47	Ilac Enjekte Edildi		
29.06.2010	01:48	Ilac Enjekte Durduruldu		
29.06.2010	20:35	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	20:39	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	20:39	Akış Hızı Belirlendi		
29.06.2010	20:39	Ilac Enjekte Edildi		
29.06.2010	20:39	Ilac Enjekte Durduruldu		
29.06.2010	22:11	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	22:11	Akış Hızı Belirlendi		
29.06.2010	22:11	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	22:12	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	22:27	Ilac Miktarı Belirlendi		
29.06.2010	22:27	Akış Hızı Belirlendi		
29.06.2010	22:27	Ilac Enjekte Edildi		

Şekil 6. Raporlama Örneği

Scada Ara Yüzünün Kullanılması: Scada ile merkezi kontrolünü gerçekleştirmiş olunan projenin kullanıcı ara yüzü şu şekilde çalışmaktadır. İlk olarak sistemin içerisinde bulunduğu temsili hastane resmi kullanıcı karşısına gelir. Bu sayfa projenin ana sayfası olup Şekil 7 da görüldüğü şekildedir.



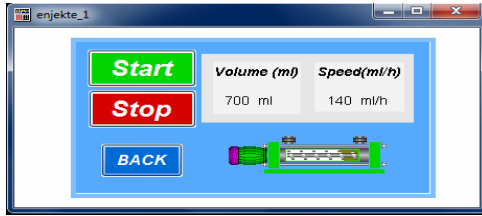
Şekil 7. Ana Sayfa (HASTANE)

Hastane resmi üzerindeki odalara ait her bir pencere ayrı hastalara aittir. Hangi hastaya ilaç enjekte edilmek isteniyorsa o hastanın penceresine tıklanması yeterlidir. Pencereye tıkladıktan sonra kullanıcı karşısına o hastaya ait ekran gelir. Hasta ekranında ilaç miktarı ve ilacın hangi hızda verileceği belirlenebilmektedir. Bunun için “Volume” ve “Speed” butonları kullanılmaktadır. “Volume” butonu ilaç miktarı “Speed” butonu ise akış hızını ayarlamaktadır. Bu iki butona basıldığında kullanıcı karşısına bir numpad çıkmaktadır. İstenilen değer bu numpad aracılığıyla girilip OK denmesi yeterlidir. Bu değerler enjekte edilmek için enjekte sayfasına aktarılır. Pompayı çalıştırmak için enjekte sayfasına geçiş yapılması gerekmektedir. Enjekte sayfasına geçiş, üzerinde play simgesi olan buton ile sağlanmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Hasta Sayfası

Enjekte sayfasına geçildiğinde bu sayfada bulunan Volume ve Speed ekranları bir önceki hasta sayfasında girilen miktar ve hız değerlerini göstermektedir. Bu sayfada yapılması gereken değerler istenildiği gibiyse Start butonuna basılması, değişiklik düşünülüyorsa BACK butonu ile geri dönülüp ve yeniden değer girilip enjekte sayfasına geri dönülmesi gerekmektedir (Şekil 9). Start butonuna basıldığında pompa verilen değerler doğrultusunda çalışır. Pompa herhangi bir anda durdurulmak istenirse Stop butonuna basılması yeterlidir.



Şekil 9. Enjekte Sayfası

4. SONUÇLAR

Günümüz sağlık sektöründe artan nüfus etkisinden ötürü kalite düşme eğilimine girmiştir. Sağlık sektöründe kontrol daha çok insan kaynaklı olup, kalite direkt olarak çalışanın performansına bağlı olarak değişmektedir. İlaç salınımında hastaya verilecek olan sıvının kontrollü ve de insandan kaynaklanan sorunları en aza indirmek amaçlı otomasyon sistemleri geliştirilmekte. Bu geliştirilen sistemler ithal edilmesinden dolayı pahalı olacağını düşündüğümüzde, yaptığımız çalışma bu yönden ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacaktır. Hastanelerin tek bir merkezden bilgilere anında ulaşarak kontrolü sağlayacağından aksamaların önüne geçilebilecektir. Yapılan çalışma ile ilaç salınımı amaçlı, insan hatasını ve iş yoğunluğu ciddi oranda azaltan, yüksek hassasiyet kabiliyetine sahip bir otomasyon sistemi ortaya konmuştur. Cihazların birbirine bağlanabileceği bir yapı ile sistem kolayca hastane otomasyonuna dönüştürülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Marsap, G. Akalp, E. Yeniman, Sağlık İşletmelerinde İnsan Kaynağının Kurumsal Bilgi Güvenliği Kültürü Gelişimi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 3(1), 31-41, 2010.
- [2] E.S. O'Neill, N.M. Dluhy, E. Chin, Modelling Novice Clinical Reasoning For A Computerized Decision Support System, *Journal of Advanced Nursing*, 49(1), 68-77, 2005.
- [3] G. Sucu, A. Dicle, O. Saka, "Enteral Beslenen Yoğun Bakım Hastalarına Yönelik Klinik Karar Destek Sistemi", **VI. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi**, Antalya, Türkiye, 284-294, 2009.

- [4] J. M. Corrigan, M.S. Donaldson, L.T. Kohn, **Crossing The Quality Chasm: A New Health System For The 21st Century**, National Academy Press, Washington DC, A.B.D., 2001.
- [5] E. Sosyal, İ. Çiçekli, N. Baykal, "Radyoloji Raporları için Türkçe Bilgi Çıkarım Sistemi", **VI. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi**, Antalya, Türkiye, 304 – 312, 2009.
- [6] Internet: Micrium, <http://micrium.com/page/products>, 2009
- [7] J. Robinson, V. L. Lee, **Controlled Drug Delivery, Drugs and the Pharmaceutical Sciences**, North Caroline, A.B.D., 1987.

