

SABİT GRANÜL MİKTARLARI İÇİN AÇIK KAYNAKLI DOLUM MAKİNESİ TASARIMI VE İMALATI

Khaled HAMIDI^{1*}, Ahmed ABDULSELAM¹, Enes ŞEYHELAŞARA¹, Mustafa BUĞDAY²

¹ Mekatronik Mühendisliği Bölümü / Teknoloji Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Türkiye

² Motorlu, Araçlar Ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü / Karabük Üniversitesi, Türkiye

[*engkhamidi@gmail.com](mailto:engkhamidi@gmail.com)

(Geliş Tarihi: 10 Mayıs 2024, Kabul Tarihi: 25 Mayıs 2024)

(3rd International Conference on Engineering, Natural and Social Sciences ICENSOS 2024, May 16-17, 2024)

ATIF/REFERENCE: Hamidi, K., Abdulsalam, A., Şeyhelaşara, E. & Buğday, M. (2024). Sabit Granül Miktarları İçin Açık Kaynaklı Dolum Makinesi Tasarımı ve İmalatı. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 8(4), 122-128.

Özet – Bu makale, Ölçüm miktarının ayarlanmasında kullanılan sensörlere duyulan ihtiyacı ortadan kaldıran mekanik bir mekanizma kullanarak malzemeleri niceliksel olarak ölçen bir dolum makinesinin tasarımını ve imalatını sunmaktadır. Makine, 250 ml'ye kadar kapasiteye sahip kaba veya granüler malzemelere uyacak şekilde özelleştirilmiştir ve elektro-pnömatik bir sistemle kontrol edilmiştir. Çift etkili bir silindir tarafından hareket ettirilen dik silindirik bir kap kullanılmıştır. Konteyner, üstteki bir açıklıktan doğrudan tanktan doldurulur ve boşaltıldığında yatay olarak yer değiştirerek tankın malzemelerin ağırlığı nedeniyle alt kapağın açılmasına, bu da konteynerin doldurulmasına neden olur. Bir konveyör bandı tasarlanıp Bu konveyör, bir sürücü devresi kullanarak dc motor ile çalıştırılmıştır. İşlem, bir kızılötesi (IR) sensörü ve konveyör bant sistemi ile bir Arduino uno mikro denetleyicisi tarafından otomatikleştirilmiştir. Silindirin açılma ve kapanma hareketi, kontrol ünitesinden sinyal alan bir 5/3 solenoid valfi ile kontrol edilir. Ayrıca, makinenin tasarımı ulaşılabilirlik ve uyumluluk için özelleştirilmiştir ve tüm bileşenler 200x200 mm'lik bir inşaat alanında veya iş yerinde 3D baskı ile üretilebilir. Tasarım ve yazılımın açık kaynak yapısı, topluluk tarafından yapılan iyileştirmeleri ve uyarlamaları teşvik eder ve otomatik paketleme sistemlerinde sürekli iyileştirme ve yenilik için işbirliğine dayalı bir ortamı teşvik eder. Farklı malzemeler üzerinde yapılan deneyler olumlu değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Otomatik Dolum Makinesi, Elektro-pnömatik, Mekanik Niceliklerin Ölçümleri, Konveyör Bant, Kontrol Sistemi.

I. GİRİŞ

Malzeme dolum süreci, gıda, ilaç ve diğer birçok endüstride temel zorluklardan biri olarak kabul edilir. Bu sistemler, miktarları kalibre etmek için sensörlere dayanmaktadır[1], [2]. Dolum sistemleri genellikle granül veya kaba malzemelerin hassas dolumu için ağırlık sensörlerini kullanırken, sıvı maddeler için basınç sensörleri kullanılmaktadır [3], [4]. Sensörlerin kullanımı, dolum sistemlerin hassasiyetini ve hızını artırabilir, israfı azaltabilir ve nihai ürünün tutarlılığını sağlayabilmektedir. Bu teknikler üretimde ilerleme sağlarken, ek maliyetler ve tasarım karmaşıklıkları getirir, bu da onları gıda ve basit uygulamalarda daha az esnek kılmaktadır [1], [3].

Bu çalışma, malzeme miktarını ayarlamak için sensörlere ihtiyaç duymayan bir mekanik sistem olan dolum sistemine dayanan bir dolum makinesi tasarımını ve imalatını sunmayı amaçlamaktadır. dolum

sisteminin tasarımı, ileri seviye sensörlere ihtiyaç duymadan granül ve kaba malzemelerin hassas ölçümünü sağlayan mekanik bir mekanizmaya dayanmaktadır. Sistem, üstten dolum ve alttan boşaltma için bir açıklığa sahip silindirik bir kaptan oluşmaktadır [5]. Kap, dolum pozisyonuna getirildiğinde, üst konteyner malzeme ile doldurulur. Daha sonra, kap boşaltma pozisyonuna kaydırılır ve malzemenin ağırlığı nedeniyle alt kapak otomatik olarak açılarak, malzemenin nihai kabın içine hassas bir şekilde boşaltılmasına izin vermektedir. Kullanımı, tasarımın basitliği, bakım kolaylığı ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi gibi birçok avantaj sağlamaktadır.

Dolum sistemi mekanizması kullanan makineler, elektronik sensörlere dayanan sistemlere kıyasla daha dayanıklı ve arızalara karşı daha az hassastır. Ayrıca, dolum sisteminin bileşenlerinin üretiminde 3D baskı kullanımı, düşük maliyetli ve yüksek esneklikte özel parçaların üretilmesine olanak tanımaktadır [6]. Bu çalışmada, kontrol ve işletim için elektro-pnömatik bir sistem kullanılmaktadır. Bu sistem, basınçlı hava aracılığıyla operasyonel süreçlerde hassasiyet ve hız sağlar ve otomasyonu Arduino platformu kullanarak gerçekleştirmektedir [7], [8]. Arduino, ilk projelerde verimliliği kanıtlanmış olup, geliştiriciler tarafından endüstrilerde kolay işletimi ve düşük maliyetleri nedeniyle kullanılmaktadır [9], [10].

Bu mekanizma sayesinde, dolum sistemi, küçük ölçekli endüstrilerde üretim gereksinimlerini yüksek doğruluk ve verimlilikle karşılayabilen etkili bir dolum sistemi sağlar.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Makinenin tasarımı, çift etkili bir piston tarafından tahrik edilen dik silindirik bir kaba dayanmaktadır. Konteyner, üstteki bir açıklıktan doğrudan üst tanktan doldurulur ve boşaltırken yatay bir şekilde kayarak alt kapağı açar ve tanktaki malzemelerin ağırlığı sayesinde içindekileri boşaltır[5].

Konveyör bandı bir DC motor tarafından çalıştırılır ve bir Arduino Uno mikro denetleyicisi ve bir kızılötesi (IR) sensör tarafından kontrol edilir ve tam otomatik bir doldurma işlemine olanak tanır.

Makine kolay erişilebilir olacak ve kullanıcıların gereksinimlerine uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Tüm bileşenleri 200 x 200 mm alanda 3D baskı teknikleri kullanılarak üretilmektedir.

Açık kaynak tasarımı ve yazılımı, teknik topluluk tarafından sürekli iyileştirme ve adaptasyonu teşvik ederek, otomatik dolum sistemlerinde yenilik için işbirlikçi bir ortamı teşvik eder.

Makinenin performansı, farklı malzemeler üzerinde yapılan çok sayıda deneyle değerlendirilmiştir ve sonuçlar, dolum sürecinde verimlilik ve doğruluk elde etme konusunda olumlu sonuçlar vermektedir. Bu proje, farklı sektörlerin ihtiyaçlarına verimli, esnek ve uyarlanabilir ambalaj çözümleri sağlamaya yönelik önemli bir adımı temsil etmektedir.

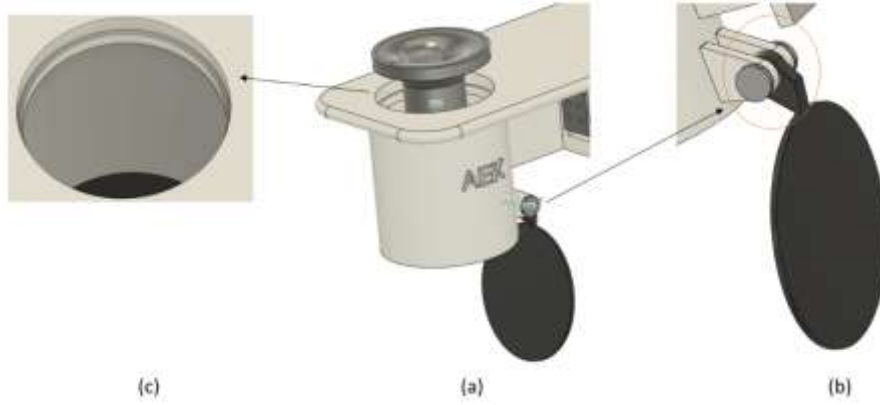


Şekil 1. Resim doldurma ve boşaltma mekanizmasını göstermektedir.

A. Ölçüm ve teslimat

Doldurma işlemi, doldurma için bir üst açıklığı ve boşaltma için bir alt açıklığı bulunan silindirik bir kaba bağlıdır (Şekil 1). Sistem şu şekilde çalışmaktadır: Konteyner A noktasındaki dolum pozisyonuna getirildiğinde üst tanktan granül malzeme ile doldurulur. Zaman olarak ölçülen dolum işlemi tamamlandıktan sonra kap, alt kapağın açıldığı B noktasındaki boşaltma pozisyonuna getirilerek içeriğin hedef pakete boşaltılması sağlanır.

Doğru boşaltmayı sağlamak için makinenin alt kapağının tasarımı, parçacıkların kabın dışına yayılmaması ve doğru boşaltmanın sağlanması için tamamen açılmasını gerektirir. Kapağın açılması, biriken parçacıkların ağırlığına bağlıdır. Özellikle düşük ağırlıklı malzemeler veya küçük miktarlarda kullanıldığında açıklık her zaman güvenli olmayabilir. Bu nedenle menteşe, kapağın sadece kendi ağırlığının etkisi altında tamamen açılmasını sağlayacak şekilde tasarlanmış olup, malzemenin tam ve etkin bir şekilde boşaltılması sağlanmaktadır (Şekil 2- B).

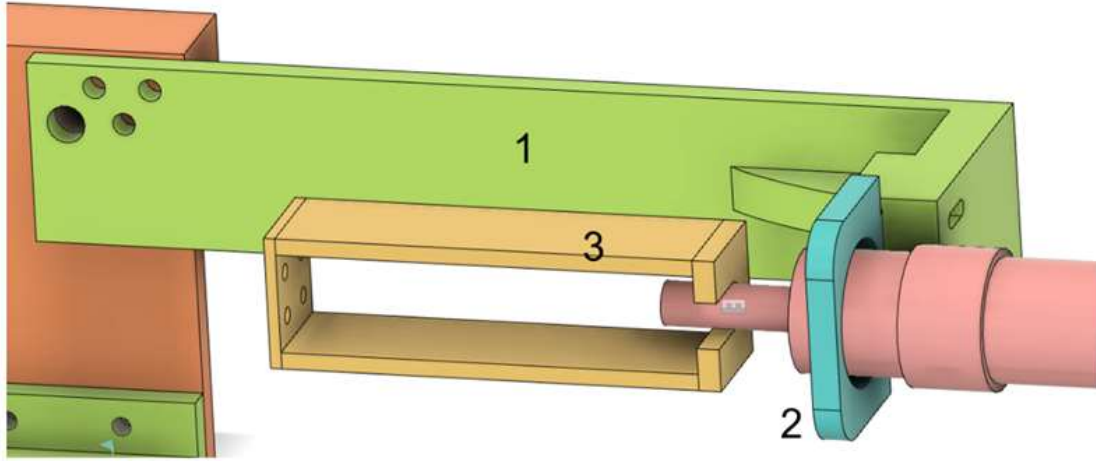


Şekil 2. Silindirik kabın tasarımını göstermektedir.

Makinede kullanılan kase tasarımı 250 ml kapasiteye sahiptir. İhtiyaç halinde daha küçük boyutlu kalıplar kullanılıp ana kabın içine yerleştirilebilir. Şekil 2(a)'da, 100 ml'lik bir kalıbın tasarımını göstermektedir.

Teslimat işlemini gerçekleştirmek için 250 mm uzunluğunda ve 8 mm çapında bir piston kullanılır. Piston, Şekil 3'te gösterilen tutucu kullanılarak makinenin temel tabanına monte edilir.

Bu tutucu, pistonu 24 mm çapında bir somunla sabitlemek için bir halka (parça 2) içerir. Teslimat işleminin gerçekleştirilmesinden sorumlu olan hareketli parça (eğim), şekilde gösterilen eleman 3 kullanılarak monte edilir. Eğim başlığı her iki taraftaki iki valf ile sıkılır. Bu elemanların tasarımı kullanılan pistonla bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 3. Piston kurulum mekanizmasını göstermektedir.

B. Konveyör bantı

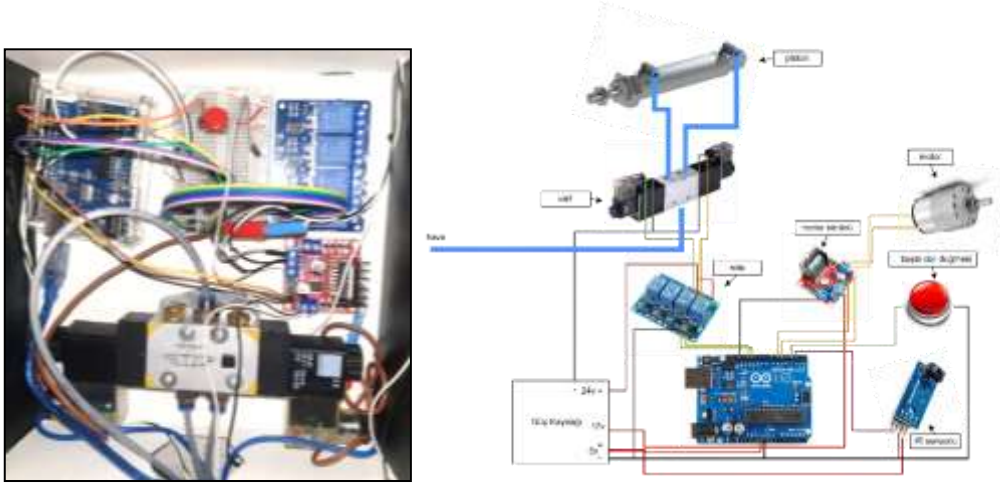
Sistem 10 cm genişliğinde bir kayıştan oluşmakta ve onu hareket ettirmek için bir DC motor kullanılmaktadır. Hat üç ana parçadan tasarlanmıştır: Şekil 4'te gösterildiği gibi Destekler kayış tabanı ve ek olarak bantı kaldırmak için desteklerdir.



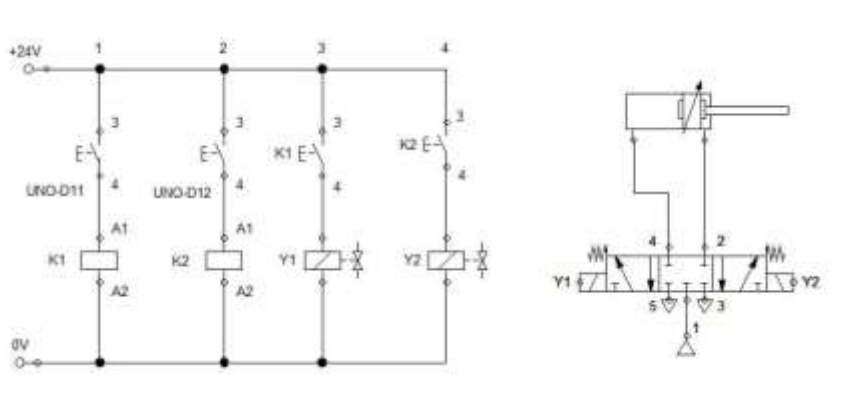
Şekil 4. konveyör bant.

C. Otomasyon ve kontrol

- Sistemin otomasyonunu sağlamak için Arduino Uno kartı kullanılmıştır. Sensör sinyalini alır, dolum hattını çalıştırır ondan sonra valfi kontrol eder.
- konveyör bandını hareket ettirmek için 12V ile çalışan bir motor kullanılmıştır. Motorun çalışması motor sürücü devresiyle kontrol edilmiştir.
- 5V ile çalışan kızılötesi sensör, D2'ye bağlı olarak kesme modunda Arduino ile kullanılmıştır.
- Dolum ve boşaltma konumları arasında silindirik kabı hareket ettirmek için çift etkili silindir kullanılmıştır. Silindirin hareketini kontrol etmek için 5/3 solenoid valf kullanılır.
- Yüksek voltajlı devrelerin değiştirilmesi için röleler kullanılır, böylece düşük voltajda çalışan Arduino kontrol ünitesi motorları ve valfleri güvenli ve etkili bir şekilde çalıştırabilmektedir.
- Dolum işlemini başlatmak ve sistemi durdurmak için başlatma düğmesi kullanılmıştır.
- Sistem, tüm bileşenlere uygun voltajları sağlayan bir güç kaynağı içermektedir.



Şekil 5. Tasarlanan Devre ve Bağlantı Şeması.



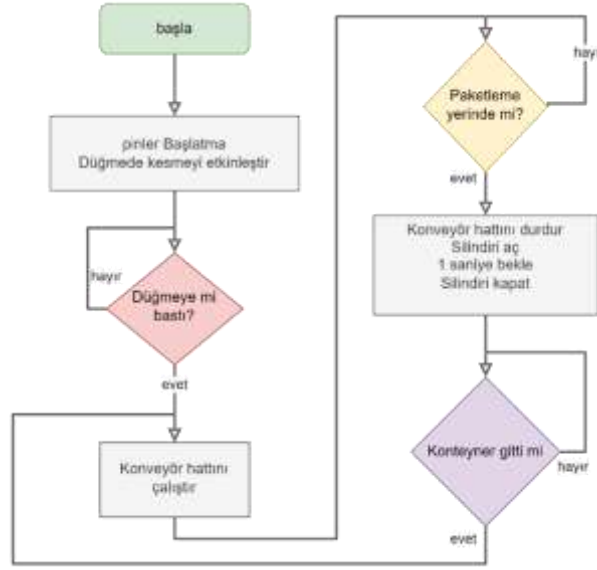
Şekil 6. Elektro Pnömatik Devre Şeması

D. Çalışma Prensipleri

Makine, tüm işlemlerin Arduino Uno tarafından kontrol edildiği otomatik bir sistemle çalışmaktadır. Sistem başlatıldığında, güvenlik ve başlatma düğmesi kesme modunda ayarlanarak, sistemi durdurma işlemi için anında yanıt verme sağlanır. Bu, işletim sırasında güvenliği artırır.

İşlem, başlatma düğmesine basılmasını bekleyerek başlar. Düğmeye basıldığında, konveyör bandı etkinleştirilir ve boş kapları dolmuş konumuna taşımaya başlar. Kap belirli bir konumda kızılötesi sensör tarafından tespit edilene kadar hareket eder. Sensör, kabın doğru konumda olduğunu tespit ettiğinde, konveyör bandını durdurması için kontrolöre pozitif bir darbe gönderir.

Konveyör bant durduğunda, Sensörden valfe sinyal gelip piston açılır ve konteyner boş bir kaba boşaltılması sağlanır. Malzemelerin tamamen boşaltılmasını sağlamak için bir saniye açık bırakılır. kontrol ünitesi, dolu kabı taşımak ve yerine yeni boş bir kabı yerleştirmek için konveyör bandını yeniden başlatır. Kızılötesi sensör, dolu kabın dolmuş konumundan ayrıldığını doğruladıktan sonra, dolmuş işlemi yeniden başlatılabilir.



Şekil 7. Sistemin akış şeması.

III. BULGULAR

3D yazıcıda tüm bileşenler 200x200 taban alanında basılmıştır, iki tip PLA filament kullanılmış ve tüm bileşenlerin baskısında 2 kilogram tüketilmiştir. Tasarıma göre bileşenlerin sabitlenmesi için M3 ve M6 vidalar kullanılmıştır. Ayrıca 10 bar basınç kapasitesine sahip Deko marka silindir kullanılmıştır.

Pistonun açılması ve kapanması sırasında, Şekil 3'te gösterilen 2 numaralı bileşende bir tepki kuvveti oluşmaktadır. Bu nedenle, hava basıncını azaltmak ve stabilizeyi artırmak için bir hava basıncı regülatörü kullanılmıştır. Tasarım, Silindirik konteyner ve üst tankta dayanıklılık ve mukavemet göstermiştir. Çalıştırıldığında, sistem sorunsuz bir şekilde işlevlerini yerine getirmiştir. Farklı malzemelerle yapılan deneylerde sonuçlar şu şekilde olmuştur:

İri malzeme (nohut ve mısır) kullanıldığında, tanelerin silindirik kap ile üst tank arasında sıkışması sonucu dolum ağzında bir çeşit direnç oluşur ve bu da makinenin tamamen dengesiz olmasına neden olmuştur. Çay ve susam ile yapılan denemelerde dolum son derece düzgün gerçekleşmiştir.

IV. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu projede tasarlanan ve üretilen dolum makinesi, ince granül malzemelerin hassas bir şekilde doldurulması için verimli ve pratik bir model temsil etmektedir. 3D baskı teknikleri kullanılarak, makul fiyatlı ve üretimi kolay malzemelerle dayanıklı ve güvenilir bir tasarım elde edilmiştir. Sonuçlara göre, sistem dolum işleminde otomatik kontrol mekanizmalarıyla desteklenen iyi bir verimlilik ve doğruluk seviyesine sahiptir. Konteyner kapasitelerinin ayarlanabilmesi ile amaca bağlı olarak farklı miktarlar kullanılabilir. Bu sonuçlara dayanarak, makine küçük ölçekli endüstriler için pratik ve etkili bir çözüm olarak değerlendirilebilir. Ayrıca açık kaynaklı tasarım, kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına göre daha fazla iyileştirme ve özelleştirme imkanı sunar.

İyileştirmeler:

- Pistonun diğer ucunda bir taban tasarlanarak, tepki kuvveti ve mafsaldaki yük azaltılmalıdır.
- Motor tabanının konveyör bant yapısına entegre edilmesi tercih edilmelidir, çünkü ayrı taban tasarımı daha az güvenlidir.
- Doldurma açıklığında kaba parçacıkların tıkanmasını önleyecek bir mekanizma kullanılmalı veya geliştirmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] M. H. M. Sidik and S. A. C. Ghani, "Volume measuring system using arduino for automatic liquid filling machine," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 12, pp. 14505–14509, Jan. 2017.
- [2] Z. Lai *et al.*, "Dynamic Characterization of Optical Coherence-Based Displacement-Type Weight Sensor," *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 21, Nov. 2023, doi: 10.3390/s23218911.
- [3] P. Zvyagin, "Tactile Pressure Sensors Calibration with the Use of High Pressure Zones," *Sensors*, vol. 22, no. 19, Oct. 2022, doi: 10.3390/s22197290.
- [4] F. Podczeczek and J. M. Newton, "Powder filling into hard gelatine capsules on a tamp filling machine," 1999. [Online]. Available: www.elsevier.com/locate/promis
- [5] Nguyen Duc Thang, "Powder dispenser."
- [6] E. MacDonald and R. Wicker, "Multiprocess 3D printing for increasing component functionality," *Science (1979)*, vol. 353, no. 6307, Sep. 2016, doi: 10.1126/science.aaf2093.
- [7] Aswan University. Faculty of Engineering and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Proceedings of 2019 International Conference on Innovative Trends in Computer Engineering (ITCE) : February 2nd-4th, 2019, Aswan Mövenpick Hotel, Aswan, Egypt*.
- [8] J. G. Pereyras, "Development of a Basic Electro-pneumatic Control Trainer," *Asian Journal of Multidisciplinary Studies*, vol. 2, no. 2, 2019, [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=3580484>
- [9] A. Mir and R. Swarnalatha, "Implementation of an industrial automation system model using an Arduino," 2018. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/330365845>
- [10] R. Jayasri and M. P. Scholar, "A SURVEY ON INDUSTRIAL AUTOMATION BASED ON IOT WITH ARDUINO MICROCONTROLLER," *International Journal of Contemporary Research in Computer Science and Technology (IJCRCST)*, vol. 4, 2019, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/334029755>