

Ekim ve Çiftlik Gübresi Dağıtma Makineleri için Açık Kaynak Kodlu bir Masaüstü Kalibrasyon Uygulamasının Geliştirilmesi

Development of an Open-Source Desktop Calibration Application for Seeders and Farm Manure Spreaders

Hasan DURAL¹  Bahadır CANDAN^{1,*}  Davut KARAYEL¹ 

¹ Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): B. Candan, e-mail (e-posta): bahadir.candan@gmail.com

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 13.04.2026
Düzeltilme tarihi : 02.06.2026
Kabul tarihi : 29.06.2026

Anahtar Kelimeler:

Python
Tarımsal Karar Destek Sistemleri
Tarımsal Sürdürülebilirlik
Ekim Makineleri
Çiftlik Gübresi Dağıtma Makineleri

Dural, H., Candan, B., Karayel, D., (2026). "Ekim ve Çiftlik Gübresi Dağıtma Makineleri İçin Açık Kaynak Kodlu Bir Masaüstü Kalibrasyon Uygulamasının Geliştirilmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 22: 62-80.

ÖZET

Küresel nüfus artışı ile tarımda verimlilik ve sürdürülebilirlik odaklı modern stratejilerin geliştirilmesi önemli hale gelmiştir. Geleneksel tarımda çevresel etkilerin minimize edilmesi ve verimin artırılması konusunda gübre ve tohum gibi temel girdilerin hassas bir şekilde yönetilmesi hem kaynak israfının önlenmesini sağlamakta hem de işlem maliyetlerini düşürerek tarımsal sürdürülebilirliği desteklemektedir. Çalışma, geleneksel yöntemlerle yapılan ve hata yapmaya müsait makine kalibrasyon hesaplamalarının yerine, kullanıcı dostu ve güvenilir bir dijital çözüm sunmak amacıyla geliştirilen açık kaynak kodlu bir masaüstü uygulamasını tanıtmaktadır. Uygulamanın geliştirilmesinde Python programlama dili kullanılmıştır ve modern bir arayüz sunulmaktadır. İçerisinde tahlil ekim, hassas ekim ve çiftlik gübresi dağıtma makineleri için yedi adet hesaplama modülü yer almaktadır. Ekim normlarının belirlenmesi, ekim kalitesi değerlendirmesi ve gübreleme normunun belirlenmesi gibi kritik parametreleri otomatik olarak hesaplayarak geleneksel yöntemlere kıyasla hem zaman tasarrufu sağlamak hem de manuel hataları minimize ederek çiftçilere bir karar desteği sağlama amacı taşımaktadır. Sonuçları profesyonel PDF raporlarına dönüştürebilmektedir ve geçmişte yapılan hesaplamaları hafızasında depolayabilmektedir. Bu özelliği sayesinde geçmişte yapılmış tarımsal işlemler kolaylıkla görülebilmektedir ve gelecekte yapılacak işlemler için dijital kayıt altyapısı oluşturulmasına imkân sağlamaktadır. Geliştirilen uygulama, tüm hesaplamaları literatürde belirtilen ve uygulamada kullanılan eşitlikleri kullanarak gerçekleştirdiği için herhangi bir hata oluşması beklenmez. Bu durum, yapılan denemeler ile doğrulanmış ve herhangi bir hata tespit edilememiştir. Geliştirilen bu masaüstü kalibrasyon uygulaması ile tarımsal üretimde kaynak israfını önleyerek maliyetleri düşürmeyi ve bitki gelişimini optimum seviyede tutarak verim artışına katkı sağlamayı amaçlayan bir dijital altyapı modeli sunulmuştur. Ayrıca uygulamanın açık kaynak kodlu herkese erişilebilir olması da gelecekteki çalışmalarda daha donanımlı bir karar destek sistemine dönüştürülmesi imkânı tanımaktadır.

Article Info

Received date : 13.04.2026
Revised date : 02.06.2026
Accepted date : 29.06.2026

Keywords:

Python
Agricultural Decision Support Systems
Agricultural Sustainability
Seeders
Farm Manure Spreaders

Dural, H., Candan, B., Karayel, D., (2026). "Development of an Open-Source Desktop Calibration Application for Seeders and Farm Manure Spreaders", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 22: 62-80.

ABSTRACT

With global population growth, the development of modern strategies focused on agricultural productivity and sustainability has become important. In traditional agriculture, the precise management of essential inputs such as fertilizers and seeds, in ways that minimize environmental impact and increase yield, not only prevents resource waste but also supports agricultural sustainability by reducing operational costs. The aim of this study is to develop an open-source desktop application to provide a user-friendly and reliable digital solution as an alternative to machine calibration calculations performed using traditional methods, which are prone to errors. The application was developed in Python and provides a modern interface. It includes seven calculation modules for grain drills, precision seeders, and farm manure spreaders. It is designed to automatically calculate critical parameters such as seeding rate, sowing quality and fertilizer application rate, thereby providing decision support to users while saving time and reducing manual errors compared to traditional methods. The application, which can convert results into professional PDF reports and can save previous calculations in its memory, enables past agricultural operations to be easily reviewed and provides a digital recording infrastructure for future operations. Since the developed application performs all calculations using the equations specified in the literature and used in practice, no errors are expected to occur. This was verified through trials and no errors were detected. This application presents a digital infrastructure model aimed at reducing resource waste in agricultural production, lowering operational costs and contributing to yield improvement by maintaining optimal plant growth conditions. Furthermore, the open-source and publicly accessible nature of the application provide the potential for future development into a more advanced decision support system.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artışıyla birlikte gıda taleplerinin karşılanması ihtiyacı ve tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması gibi faktörler, tarımsal üretimde modern yaklaşımları önemli hale getirmiştir. Bu gelişmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan ve tarım teknolojisindeki dördüncü evrim olarak kabul edilen Tarım 4.0; verimliliğin artırılması, kaynakların makul şekilde tahsis edilmesi, iklim değişikliğine uyum sağlanması ve gıda israfının önlenmesi şeklinde dört temel gereklilik ortaya koymaktadır (Ercan vd., 2019; Zhai vd., 2020). Söz konusu hedeflerin sahaya yansıtılmasında ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama gibi farklı alanlardaki operasyonel süreçlerin optimizasyonu öne çıkmaktadır. Bu optimizasyon makine ayarlarının saha koşullarına göre hassas hesaplamalarla yapılmasına dayanmaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan hesaplamalar insan hatasına açık olabilmekte ve karmaşık formüller içermesi nedeniyle hata yapma riskini artırmaktadır. Ayrıca bu hesaplamaların çiftçiler tarafından uygulanması da zor olabilmektedir. Bu bağlamda bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) tarımsal verimliliğin ve sürdürülebilirliğin günlük uygulamalara entegre edilmesi konusundaki katkısı, bu değişimi gerçekleştirme adına büyük önem taşımaktadır. Bu teknolojik dönüşüm Karar Destek Sistemleri (KDS) olarak adlandırılan ve karar alma süreçlerinde bir aracı görevi gören BİT ile mümkün olmaktadır (Lindblom vd., 2017). Geliştirilen karar destek sistemleri, makine ve saha verilerini analiz ederek üreticilerin kaynak israfını önlemelerine ve operasyonel verimliliği maksimize etmelerine olanak tanımaktadır. Bu verimlilik arayışı, verilerin sistematik olarak toplanması ve analizi yoluyla uygulamaların tarım alanına göre uyarlanması sağlayan hassas tarım felsefesi olarak ortaya çıkmaktadır (Singh, 2024). Hassas tarımın operasyonel ayağını oluşturan Değişken Oranlı Uygulama (VRA-Variable Rate Application) teknolojileri ise tarım alanındaki heterojen yapıyı dikkate alarak girdilerin lokasyon bazlı yönetimini esas almaktadır. Bu teknoloji ekim, sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi çeşitli tarımsal işlemlerle entegre şekilde çalışabilmektedir. VRA stratejilerinin başarısı; harita tabanlı veya sensör tabanlı yöntemlerle arazinin her bölgesinin ihtiyacı olan girdi miktarının, hassas makine ayarları ve doğru matematiksel algoritmalarla eşleştirilmesi ile ilişkilidir (Grisso vd., 2011; Severoğlu, 2025).

Tarımda dijital dönüşüm yalnızca sensör ağları veya otonom araçlar gibi donanımsal bileşenlerle sınırlı kalmayıp; aynı zamanda bu teknolojilerin operasyonel verimliliğini de artıracak dijital uygulamaların geliştirilmesi ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Örneğin ani hava değişimleri veya hastalık uyarıları gibi durumlarda anlık müdahaleler büyük önem taşıdığından, çevrim içi veri entegrasyonuna sahip dijital uygulamalar üreticilerin gerçek zamanlı bilgi alabilmesini sağlarken, sahadaki müdahale kabiliyetini de artırmaktadır (Demir vd., 2021; Wolfert, 2017). Ekim ve gübreleme gibi temel girdilerin miktarını belirleyen matematiksel modellerin kullanıcı dostu dijital bir arayüzle sunulması da sahada yaşanabilecek operasyonel karışıklığın ve meydana gelebilecek çeşitli olumsuz etkilerin minimize edilmesinde etkili bir rol oynamaktadır. Rose vd. (2016) karar destek sistemlerinin sahadaki başarısının; bilginin hızlı sunulması ve sistemin karmaşıklıklardan uzak, son kullanıcı için anlık sonuç üretebilecek kadar basit bir yapıda tasarlanması ile doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamaktadır. Bu noktada açık kaynak kodlu genişletilebilir yazılım geliştirme yaklaşımları, hem araştırmacılar için şeffaf bir doğrulama zemini sunmakta hem de son kullanıcıya yüksek maliyetli ticari yazılımlara alternatif erişilebilir çözümler sağlamaktadır.

Tarımsal işlemlerin dijitalleşme sürecinde, dünya genelinde farklı uygulama alanlarına sahip karar destek sistemlerinin gelişimi artış göstermektedir. Hindistan'da yapılan bir çalışmada geliştirilen şeker

kamışı hastalıklarının tespiti için görüntü işleme ve yapay sinir ağlarından yararlanan web tabanlı bir uzman sistem (Atheeswaran vd., 2023), Nijerya’da gerçekleştirilen çalışmada pirinç yetiştiriciliğinde verimliliği artırmak amacıyla geliştirilen bir mobil uygulama (Ogunti vd., 2018), ülkemizde yapılan bir çalışmada geliştirilen elmanın yetiştirme evresine bağlı olarak kurulan damla sulama sistemlerinin kontrolünü ve izlenmesini sağlayabilen, hem kullanılan su miktarında önemli bir avantaj sağlayan hem de tarımsal süreçler için yeni bir izleme ve kontrol algoritması oluşturulmasına olanak tanıyan bir mobil uygulama (Işık vd., 2017) gibi çeşitli örnekler bulunmaktadır. Kawchale vd. (2024) Hindistan’da yaptıkları çalışmada Python programlama dili ve tkinter kütüphanesi kullanarak Agripy adında çok modüllü bir tarımsal uygulama geliştirmişlerdir. Uygulama su yönetimi, ürün verim tahmini, bitki hastalığı tespiti gibi çeşitli özellikler içeren yedi modülden oluşmaktadır. Ekim ve gübreleme makinesi kalibrasyonlarına yönelik bazı hesaplama araçları ise özel şirketler tarafından web tabanlı olarak sunulmaktadır. Bunlara örnek olarak, gübreleme makinesi kalibrasyonuna yönelik hesaplama aracı TheYieldGrid, (2026) adresinde, ekim makinesi kalibrasyonuna yönelik hesaplama aracı ise Great Plains Ag., (2026) adresinde sunulmaktadır. Karar destek sistemlerinin doğrudan sahadaki çiftçiye kısa sürede somut fayda sağlaması, bu tür dijital sistemlerin günümüz tarımı ile entegrasyonunun önemini yansıtmaktadır.

Dijital sistemlerin sağladığı bu avantajlara karşın bu teknolojilerin sahada yaygınlaşmasını ve beklenen etkiyi yaratmasını zorlaştıran bazı sınırlayıcı faktörler de mevcuttur. Bu faktörlere, sadece belirli bir probleme odaklı olmasından kaynaklanan bütüncül yaklaşım eksikliği, yeterli iyileştirme ve doğrulama yapılmadan kullanıma sunum, arayüzün karışık olması ile oluşabilecek kullanım zorluğu gibi teknik sınırlamalar ile güvenilirlik ve kârlılık endişesi gibi kullanıcı yaklaşımına dayalı faktörler örnek verilebilir (Rossi vd., 2014).

Bu çalışmanın amacı; tarımsal üretimde, makineli ekim ve gübreleme işlemlerinde ihtiyaç duyulan çeşitli parametreleri kolayca hesaplayabilen, kullanıcı dostu ve güvenilir bir masaüstü uygulaması ile tarımsal üretimde karar süreçlerine destek sağlamaktır. Uygulama, farklı makine tiplerinde (tahıl ekim, hassas ekim, gübreleme makineleri) çeşitli hesaplama modülleri sunarak, tarımsal üretimde verimlilik ve kaynak kullanımını optimize etme potansiyeli taşımaktadır. Uygulamanın karar süreçlerinde aşağıda yer alan hususlarda fayda sağlaması hedeflenmektedir:

- a) Hata azaltma: Manuel hesaplamalardan kaynaklanan hataları minimize ederek doğru ekim ve gübreleme normlarının belirlenmesini sağlamak,
- b) Zaman tasarrufu: Karmaşık formüllerin hızlı ve otomatik olarak hesaplanmasıyla çiftçilerin ve ziraat mühendislerinin zamandan tasarruf etmesine yardımcı olmak,
- c) Verimlilik artışı: Doğru ekim normu ve gübreleme miktarları ile bitki gelişimini optimum seviyede tutarak verim ve kalite artışı sağlamak,
- d) Kaynak optimizasyonu: Tohum ve gübre gibi girdilerin optimum kullanımıyla maliyetleri azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Uygulamanın geliştirilmesinde geniş kütüphane desteği, okunabilir söz dizimi ve platformlar arası uygunluğu nedeniyle Python programlama dili kullanılmıştır. Yazılımın kaynak kodları açık erişim olarak sunulmuştur (Anonim, 2026).

2.1. Programlama Dili ve Kütüphaneler

- Python 3.x: Uygulamanın temel programlama dilidir.
- tkinter: Python'un standart GUI kütüphanesidir. Uygulamanın pencere, buton, giriş alanı gibi temel görsel bileşenleri tkinter ile oluşturulmuştur.
- ttkbootstrap: tkinter üzerine inşa edilmiş, modern ve estetik görünüm sağlayan bir temalandırma kütüphanesidir. Uygulamanın kullanıcı arayüzüne Bootstrap benzeri bir stil kazandırmak için kullanılmıştır.
- ReportLab: Python için güçlü bir PDF oluşturma kütüphanesidir. Hesaplama sonuçlarının profesyonel görünümlü PDF raporlarına dönüştürülmesi için kullanılmıştır. Özellikle Türkçe karakter desteği için DejaVuSans.ttf gibi harici bir font entegrasyonu yapılmıştır.
- JSON: Kullanıcı ayarlarını ve geçmiş hesaplama verilerini JSON formatında kaydetmek ve yüklemek için kullanılmıştır.
- logging: Uygulama içi hata ayıklama, bilgi mesajları ve uyarıları kaydetmek için kullanılmıştır.
- os, sys, math, datetime, dataclasses, typing: Dosya sistemi işlemleri, sistem yolları, matematiksel fonksiyonlar, tarih/saat işlemleri, veri sınıfları ve tip ipuçları için standart Python kütüphaneleridir.

Uygulamanın genel mimarisi modüler olarak tasarlanmıştır. Bu durum her bir hesaplama modülünün bağımsız olarak geliştirilmesine ve yönetilmesine olanak tanırken, aynı zamanda uygulamanın genel yapısının esnek ve genişletilebilir olmasına da imkân sağlamaktadır. Uygulama, bir kullanıcı arayüzü katmanı, bir iş mantığı (hesaplama) katmanı ve bir veri yönetimi katmanından oluşmaktadır (Tablo 1). Uygulama PyCharm geliştirme ortamında geliştirilmiştir ve testler Windows 11 işletim sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Uygulama sekmesi oluşturma örneği

```
def create_tab1(self):
    tab_name = "Ekim Normu"
    tab = tb.Frame(self.notebook)
    self.notebook.add(tab, text=tab_name)

    vcmd_float = (self.register(is_float_input_valid), '%P')

    input_frame = tb.LabelFrame(tab, text="Giriş Değerleri")
    input_frame.pack(padx=20, pady=10, fill="x")

    self.lbl_d = tb.Label(input_frame, text=f"Tekerlek Çapı ({self.unit})")
    self.lbl_d.pack(pady=(5, 0))
    self.entry_d = tb.Entry(input_frame, validate="key", validatecommand=vcmd_float)
    self.entry_d.pack(pady=2)
    self.entry_widgets[tab_name].append(self.entry_d)
    self.lbl_b = tb.Label(input_frame, text=f"İş Genişliği ({self.unit})")
    self.lbl_b.pack(pady=(5, 0))
    self.entry_b = tb.Entry(input_frame, validate="key", validatecommand=vcmd_float)
    self.entry_b.pack(pady=2)
    self.entry_widgets[tab_name].append(self.entry_b)
    tb.Label(input_frame, text="20 Devirdeki Tohum Miktarı (kg)").pack(pady=(5, 0))
    self.entry_s = tb.Entry(input_frame, validate="key", validatecommand=vcmd_float)
    self.entry_s.pack(pady=2)
    self.entry_widgets[tab_name].append(self.entry_s)

    button_frame = tb.Frame(tab)
    button_frame.pack(pady=10)
    tb.Button(button_frame, text="Hesapla", command=lambda: self.calculate_q20_tab(tab_name),
```

Katmanlar ve içerikleri şu şekildedir:

- i. Kullanıcı arayüzü (GUI) katmanı: Kullanıcı etkileşimini sağlayan görsel bileşenleri (düğmeler, giriş alanları, etiketler vb.) içerir. tkinter ve ttkbootstrap kütüphaneleri kullanılarak geliştirilmiştir.
- ii. İş mantığı (hesaplama) katmanı: Kullanıcıdan alınan girdileri işleyerek matematiksel hesaplamaları gerçekleştiren ana fonksiyonları barındırır. Bu katman, SeedRateParameters gibi veri sınıflarını ve calculate_field_seed_rate, calculate_marker_lengths gibi fonksiyonları içermektedir.
- iii. Veri yönetimi katmanı: Kullanıcı ayarlarını (birim seçimi) ve geçmiş hesaplama verilerini depolayan ve yöneten kısımdır. Bu katman, Settings sınıfı ve JSON tabanlı dosya depolama mekanizması ile gerçekleştirilmiştir.
- iv. Raporlama katmanı: Hesaplama sonuçlarını PDF formatında dışa aktarmak için ReportLab kütüphanesi kullanılmaktadır.

2.2. Hesaplama Modülleri

Uygulama, tarımsal üretimde sıkça karşılaşılan çeşitli hesaplama ihtiyaçlarını karşılamak üzere tasarlanmış yedi modül içermektedir. Her bir modül, ilgili tarımsal formüllere dayanarak hesaplamaları gerçekleştirir.

2.2.1. Tahıl ekim makineleri

Ekim işleminde hedeflenen başarının sağlanabilmesi için ekim makinesi operatörünün istenen ekim normlarını elde etmesini sağlayacak şekilde makinelerin kalibre edilmesi gerekmektedir (Srivastava vd., 2006).

- **Ekim normu hesaplama modülü (20 devirdeki tohum miktarı biliniyorsa)**

Bu modül, ekim makinesinin 20 tekerlek devrinde attığı tohum miktarı, tekerlek çapı ve iş genişliği bilgileriyle ekim normunu (kg/da) hesaplar (Eşitlik, 1) (Önal, 1995).

$$Q = \frac{Q_{20}}{0.063 \times D \times B} \quad (1)$$

Burada;

- Q : Ekim normu, (kg/da)
Q₂₀ : 20 tekerlek devrinde atılan tohum miktarı, (kg)
D : Tekerlek çapı, (m)
B : İş genişliği, (m)

- **Tarlada yapılan ekim normu hesaplama modülü**

Bu modül, belirli bir alanda tüketilen tohum miktarı, makinenin aldığı yol ve iş genişliği kullanılarak gerçek saha ekim normunu (kg/da) belirler (Eşitlik, 2) (Önal, 1995).

$$Q = \frac{(1000 \times q)}{2 \times L \times B} \quad (2)$$

Burada;

- Q : Ekim normu, (kg/da)
q : Tüketilen tohum miktarı, (kg)
L : Ekim makinesinin aldığı yol, (m)
B : Ekim makinesinin iş genişliğini, (m)

- **Q₂₀ hesaplama modülü (ekim normu biliniyorsa)**

Bu modül istenen ekim normu (kg/da), ekim makinesi tekerlek çapı ve iş genişliği bilgileriyle ekim makinası kalibrasyonlarında kullanılan, ekim makinesinin 20 tekerlek devrinde atması gereken tohum miktarını (Q₂₀) hesaplar (Eşitlik, 3) (Önal, 1995).

$$Q_{20} = Q \times 0.063 \times D \times B \quad (3)$$

- **Markör uzunluğu hesaplama modülü**

Markörler, ekim sırasında düzgün sıralar oluşturmak ve bir sonraki geçişin başlangıç noktasını belirlemek için kullanılırlar. Bu modül, ekim makinesi iş genişliği ve traktör ön tekerlek iz genişliği kullanılarak sağ ve sol markör uzunluklarını (cm) hesaplar (Eşitlik, 4 ve 5) (Dursun ve Erol, 2015).

$$X_{sag} = B - \frac{L}{2} \quad (4)$$

$$X_{sol} = B + \frac{L}{2} \quad (5)$$

- X_{sag} : Sağ markörün makine eksenine olan uzaklığı, (cm)
X_{sol} : Sol markörün makine eksenine olan uzaklığı, (cm)
B : Ekim makinesi iş genişliği, (cm)
L : Traktör ön tekerlek iz genişliği, (cm)

2.2.2. Hassas ekim makineleri

Hassas ekim, tohumları belirlenen derinlik ve sıra üzeri uzaklıklarda çiziye tek tek yerleştirerek optimum çimlenmeyi ve gelişimi destekler. Böylece geleneksel uygulamalara kıyasla maliyetleri ve seyreltmeyi azaltma, üretim güvenilirliğini artırma ve çevresel etkileri en aza indirme gibi çeşitli avantajlar sunmaktadır (Kavalgi vd., 2024).

- **Sıra üzeri uzaklık hesaplama modülü**

Sıra üzeri tohum dağılımı bitkinin gelişmesine ve verimine doğrudan etki etmektedir. Özellikle hassas ekimde yetiştirilecek bitki sayısı kadar tohum ekildiğinden, çimlenmeyen veya gelişim gösteremeyen bitkiler verimi direkt olarak azaltacağından tohum dağılımı daha fazla önem kazanmaktadır (Karayel ve Özmerzi, 2005; Önal İ., 2005). Bu nedenle bitkiler arası sıra üzeri mesafenin doğru ayarlanması, bitkinin optimum gelişim alanına sahip olması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu modül, tekerlek çapı, transmisyon oranı ve delik sayısı kullanılarak sıra üzeri uzaklığı (cm) hesaplar (Eşitlik, 6).

$$a = \frac{(\pi \times D)}{(i \times n)} \quad (6)$$

- a : Sıra üzeri uzaklık, (cm)
D : Tekerlek çapı, (cm)
i : Transmisyon oranı,
n : Delik sayısı, (adet)

• Ekim kalitesi değerlendirmesi modülü

Bu modül, tarlada yapılan ölçümler (gerçek bitki mesafeleri) ile ayarlanan ideal mesafe arasındaki farkları analiz ederek ekim kalitesini değerlendirir. İkizleme, boşluk ve kabul edilebilir ekim yüzdeslerini hesaplar. Bu konuda dikkate alınan kriterler aşağıdaki gibidir:

- Ayarlanan (teorik) sıra üzeri uzaklık (nominal sıra üzeri uzaklık): Ekim makinesinde hedeflenen sıra üzeri uzaklığı,
- Ölçüm: Sahada rastgele seçilen tohumlar arasındaki ölçülen mesafeyi,
- İkizleme: Tohumlar arası mesafelerin nominal aralığın yarısına eşit veya bu değerden küçük olduğu durumu, ($\text{Ölçüm} \leq \text{Ayarlanan} \times 0.5$)
- Boşluk: Tohumlar arası mesafelerin nominal tohum aralığının 1.5 katından büyük olduğu durumu, ($\text{Ölçüm} > \text{Ayarlanan} \times 1.5$)
- Kabul edilebilir sıra üzeri uzaklık: İkizleme veya boşluk olmayan tüm ölçümleri ifade eder (Karayel, 2009).

Kullanıcı, uygulama arayüzüne kabul edilebilir bir sıra üzeri uzaklık yüzdesi sınır değeri girer. Uygulama ise hesaplanan kabul edilebilir ekim yüzdesini bu sınırla karşılaştırır ve sonuca göre ekimin “UYGUN” veya “UYGUN DEĞİL” olduğunu belirtir. Bu sınır değeri T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan Tarım Makinaları Deney İlke ve Metodları’na göre sebze tohumları için %85, diğer tohumlar için %90 olmalıdır (Anonim 2008).

2.2.3. Çiftlik gübresi dağıtma makineleri

• Gübreleme normu hesaplama modülü

Bu modülde çiftlik gübresi dağıtma makineleri için saatlik gübre kapasitesi ve dekar başına gübreleme normu hesaplanır (Eşitlik, 7 ve 8) (Dursun ve Erol, 2015).

$$Q(h) = 0.06 \times Vb \times h \times b \times \lambda \quad (7)$$

$$q = \frac{Q(h)}{W \times V} \times 1000 \quad (8)$$

Burada;

- Q(h) : Saatlik gübreleme kapasitesi, (t/h)
q : Dekar başına gübreleme normu, (kg/da)
Vb : Besleme hızı, (m/dk)

h	: Kasa doldurma yüksekliği, (m)
b	: Kasa genişliği, (m)
λ	: Gübrenin özgül ağırlığı, (kg/m ³)
W	: İş genişliği, (m)
V	: İlerleme hızı, (km/h)

Modüller içerisindeki uzunluk ve yükseklik birimleri otomatik olarak metreye çevrilerek hesaplanır.

2.3. Veri Yönetimi ve Depolama (Ayarlar ve Geçmiş)

Uygulama, kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla ayarları ve geçmiş hesaplamaları kalıcı olarak depolar.

- Birim seçimi: Kullanıcının tercih ettiği birim (cm veya m) bir JSON dosyasına kaydedilir ve uygulama her açıldığında yüklenir.
- Hesaplama geçmişi: Her bir sekmede yapılan son 5 hesaplama, ilgili giriş parametreleri ve sonuçlarıyla birlikte JSON dosyasına kaydedilir. Bu geçmiş, kullanıcı tarafından daha sonra görüntülenebilir. Bu özellik, kullanıcıların örnek çalışmalarına kolayca erişmelerine ve karşılaştırmalar yapmalarına olanak tanır.

2.4. Kullanıcı Arayüzü Tasarımı

Uygulamanın kullanıcı arayüzü, ttkbootstrap kütüphanesi kullanılarak modern ve sezgisel bir şekilde tasarlanmıştır. Temalar, renk paketleri ve bileşen stilleri kullanıcı dostu bir deneyim sunmak üzere seçilmiştir. Arayüz içerisinde;

- Ana seçim ekranı: Kullanıcının tahıl ekim, hassas ekim veya çiftlik gübresi dağıtma makineleri arasında seçim yapmasını sağlayan büyük butonlar içerir.
- Sekmeli yapı: Her bir hesaplama modülü, ttk.Notebook bileşeni kullanılarak ayrı bir sekmede sunulmuştur. Bu sayede arayüz düzeni ve gezinme kolaylığı sağlanmıştır.
- Dinamik birim güncelleme: Birim seçimi değiştirildiğinde, ilgili giriş alanlarının etiketleri otomatik olarak güncellenir.
- Giriş doğrulama: Sayısal giriş alanları, sadece sayısal değerlerin girilmesini sağlayacak şekilde doğrulanmıştır.
- Yardım penceresi: Tüm formüllerin ve parametrelerin detaylı açıklamalarını içeren bir yardım penceresi bulunmaktadır.

2.5. PDF Raporlama Modülü

Uygulama, her bir hesaplama modülü için elde edilen sonuçları PDF formatında raporlayabilmektedir. Bu raporlar giriş parametrelerini, hesaplama sonuçlarını ve kullanılan formülü içermektedir. PDF raporlama için ReportLab kütüphanesi kullanılmış ve Türkçe karakter desteği için DejaVuSans.ttf fontu entegre edilmiştir. Bu özellik kullanıcıların hesaplama sonuçlarını kolayca arşivlemesine, paylaşmasına veya resmi belgelerde kullanmasına olanak sağlamaktadır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Uygulama açıldığında ilk olarak kullanıcıyı “Lütfen Bir Makine Tipi Seçiniz” başlığı altında üç seçenek karşılar. “Tahıl Ekim Makineleri”, “Hassas Ekim Makineleri” ve “Çiftlik Gübresi Dağıtma Makineleri”

(Şekil 1). Bu ekran uygulamanın modüler yapısını vurgulamakta ve kullanıcının ihtiyacına göre ilgili hesaplama modüllerine yönelmesini sağlamaktadır.

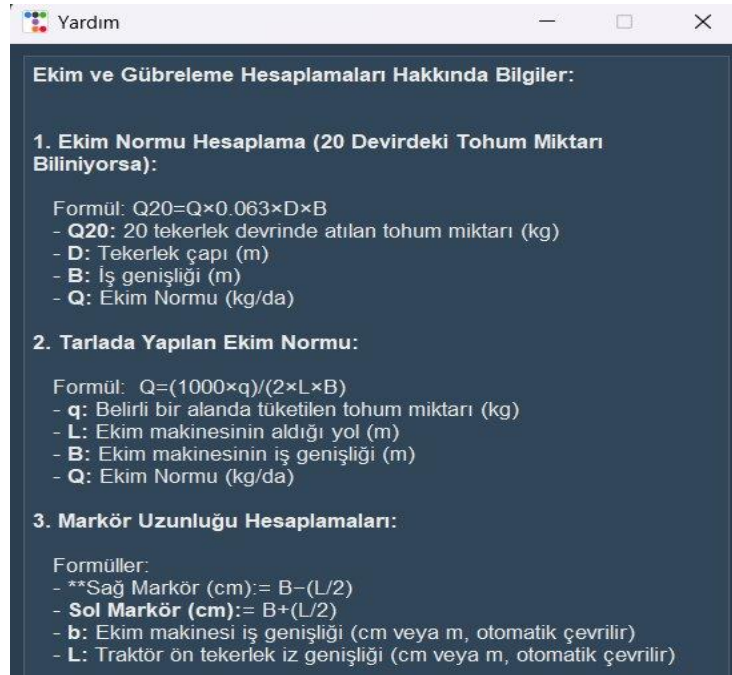


Şekil 1. Uygulama ana seçim ekranı

Ana seçim yapıldıktan sonra ekranın üst kısmında birim seçimi (cm veya m) ve ana seçim ekranına geri dönme butonu belirir (Şekil 2). Birim seçimi, tüm ilgili giriş alanlarının etiketlerini dinamik olarak güncellemektedir. Ayrıca tüm formüllerin ve parametrelerin detaylı açıklamalarını içeren bir yardım penceresi bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. Birim seçimi ve seçim ekranına geri dön butonu



Şekil 3. Yardım penceresi

3.1. Tahıl Ekim Makineleri Seçimi

Ana ekranda bu seçimden sonra 4 sekme açılmaktadır. Bunlar sırasıyla “Q₂₀ Hesaplama”, “Ekim Normu”, “Tarlada Ekim Normu” ve “Markör Uzunluğu” sekmeleridir. Sekmeler arasında tercih edilebilir geçişler mümkün olmaktadır.

- **Q₂₀ Hesaplama sekmesi**

Bu sekme istenen ekim normu, tekerlek çapı ve iş genişliği girdileriyle 20 devirdeki tohum miktarını (Q₂₀) kilogram cinsinden hesaplar (Şekil 4).

Şekil 4. Q₂₀ Hesaplama sekmesi ekran görüntüsü

- **Ekim Normu sekmesi**

Bu sekme tekerlek çapı, iş genişliği ve 20 devirdeki tohum miktarı girişlerini içerir (Şekil 5). Hesapla butonuna basıldığında ekim normu (kg/da) hesaplanır ve sonuç alanında görüntülenir. Ayrıca hesaplanan ekim normuna göre girilen tarla alanı için toplam tohum miktarı da hesaplanabilmektedir.

Şekil 5. Ekim Normu sekmesi ekran görüntüsü

- **Tarlada Ekim Normu sekmesi**

Bu sekmede belirli bir alanda tüketilen tohum miktarı, makinenin aldığı yol ve iş genişliği girdileriyle tarlada yapılan ekim normu (kg/da) hesaplanır (Şekil 6). Sonuçlar ve tarla alanına göre gereken toplam tohum miktarı da hesaplanabilmektedir.

Şekil 6. Tarlada Ekim Normu sekmesi ekran görüntüsü

- **Markör Uzunluğu sekmesi**

Bu sekmede ekim makinesi iş genişliği ve traktör ön tekerlek iz genişliği girdileri ile gereken markör uzunluğu hesaplanabilmektedir (Şekil 7). Hesaplama sonucunda sağ ve sol markör uzunlukları santimetre cinsinden ayrı ayrı gösterilmektedir.

Şekil 7. Markör Uzunluğu sekmesi ekran görüntüsü

3.2. Hassas Ekim Makineleri Seçimi

Ana ekranda bu seçimden sonra 3 sekme açılmaktadır. Bunlar sırasıyla “Sıra Üzeri Uzaklık”, “Ekim Kalitesi” ve “Markör Uzunluğu” sekmeleridir. Sekmeler arasında tercih edilebilir geçişler mümkün olmaktadır. Markör uzunluğu sekmesi Şekil 7’deki gibidir.

- **Sıra Üzeri Uzaklık sekmesi**

Bu sekmede tekerlek çapı, transmisyon oranı ve delikli plakadaki delik sayısı girdileri ile sıra üzeri uzaklık (cm) hesaplanmaktadır (Şekil 8). PDF’e yazdır ve Excel’e aktar butonları da bulunmaktadır.

Şekil 8. Sıra Üzeri Uzaklık sekmesi ekran görüntüsü

- **Ekim Kalitesi sekmesi**

Bu sekmede ayarlanan sıra üzeri mesafe, virgülle ayrılmış ölçülen mesafeler ve kabul edilebilir yüzde sınırı girdileriyle işlem yapılmaktadır. Hesaplama sonucunda ekim kalitesinin uygunluğu “UYGUN” veya “UYGUN DEĞİL” şeklinde sunulmaktadır (Şekil 9).

Şekil 9. Ekim Kalitesi sekmesi ekran görüntüsü

3.3. Çiftlik Gübresi Dağıtma Makineleri Seçimi

- **Gübreleme Normu sekmesi**

Bu sekmede besleme hızı, kasa doldurma yüksekliği, kasa genişliği, gübrenin özgül ağırlığı, iş genişliği ve ilerleme hızı parametreleri girdi olarak alınır (Şekil 10). Hesaplama sonucunda saatlik gübreleme kapasitesi (t/h) ve dekar başına gübreleme normu (kg/da) ayrı ayrı sunulmaktadır.

Şekil 10. Gübreleme Normu sekmesi ekran görüntüsü

- Çalışma senaryosuna dayalı hata oranı ve uygulama doğruluğu hesaplama örnekleri (Şekil 11), (Tablo 2 ve 3).

I. Ekim normu hesaplama örneği

$$Q = \frac{Q_{20}}{0.063 \times D \times B}$$

Çalışma senaryosundaki örnek değerler sırasıyla;

Q_{20}	=	1.26 kg,	1.96 kg,	1.72 kg
D	=	0.5 m,	0.54m,	0.52m
B	=	2m,	3m,	2.7 m

olarak seçilmiştir.

Tablo 2. Çalışma senaryosu örnek tablosu

Çalışma senaryosu (Buğday Örneği)	Manuel hesaplama
1	$1.26 / (0.063 \times 0.50 \times 2.0) = 20.00 \text{ kg/da}$
2	$1.96 / (0.063 \times 0.54 \times 3.0) = 19.20 \text{ kg/da}$
3	$1.72 / (0.063 \times 0.52 \times 2.7) = 19.45 \text{ kg/da}$

Uygulama çıktıları;

Şekil 11. Çalışma senaryosu örneği uygulama çıktıları

II. Q_{20} hesaplama örneği

$$Q_{20} = Q \times 0.063 \times D \times B$$

Çalışma senaryosundaki örnek değerler sırasıyla;

Q = 18.50 kg/da, 23 kg/da, 22 kg/da

D= 0.5 m, 0.6 m, 0.54 m

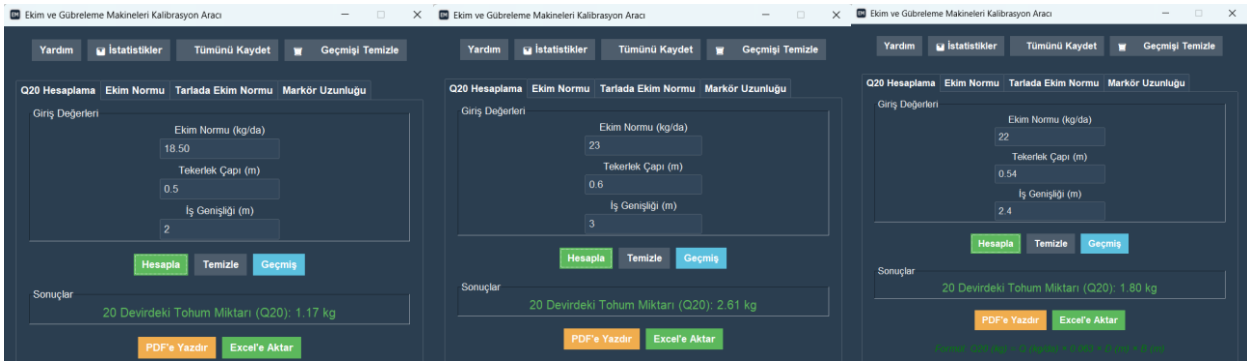
B= 2 m, 3 m, 2.4 m

olarak seçilmiştir.

Tablo 3. Çalışma senaryosu örnek tablosu

Çalışma senaryosu (Buğday örneği)	Manuel hesaplama
1	$Q_{20}=18.50 \times 0.063 \times 0.5 \times 2 = 1.16550 \text{ kg}$
2	$Q_{20}=23 \times 0.063 \times 0.6 \times 3 = 2.60820 \text{ kg}$
3	$Q_{20}=22 \times 0.063 \times 0.54 \times 2.4 = 1.79626 \text{ kg}$

Uygulama çıktıları Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. Çalışma senaryosu örneği uygulama çıktıları

Manuel hesaplamalarda kullanılan denklemler aynı şekilde geliştirilen uygulamada yer almaktadır. Dolayısıyla herhangi bir hatanın oluşması beklenmez. Bu durum uygulamanın tahıl ekim makineleri ekim normu hesaplama sekmesi bölümünde yapılan manuel hesaplamalar ile Şekil 11’deki uygulama çıktısı örneklerinde gösterilmiştir. Uygulamanın tahıl ekim makineleri Q₂₀ hesaplama sekmesi bölümünde yapılan çalışma senaryosu örneği ve uygulama çıktıları (Şekil 12) karşılaştırıldığında, sonuçların uygulamada ondalık olarak iki basamakta gösterilmesi sebebiyle yuvarlamadan kaynaklanan farklılıklar vardır. Uygulamanın diğer hesaplama sekmelerinde de çalışma senaryoları denenmiş aynı formüllerin birebir manuel hesaplamada kullanılması sebebiyle ondalık yuvarlama farklılıkları dışında hata tespit edilmemiştir.

Bu çalışmada geliştirilen açık kaynak kodlu masaüstü kalibrasyon uygulaması, ekim ve gübreleme makinelerine ait parametrelerin doğru ve hızlı bir şekilde hesaplanmasını sağlayarak kullanıcılara karar desteği sağlamaktadır. Benzer bir uygulama, Yeni Zelanda’da Landwise isimli kuruluş tarafından gübreleme işlemleri için (Landwise, 2026) internet adresinde sekmeli olarak, kullanıcı bilgileri, gübreleme makinesi bilgileri, gübre bilgileri ve kalibrasyon bilgilerini içeren ardışık veri girişi sırasına dayalı bir hesaplama aracı sunulmuştur. Barbosa (2013) çalışmasında, gübre serpme makinelerinin doğru şekilde kalibre edilmesi için Microsoft Excel tabanlı SpreaderCal adında bir uygulama geliştirmiştir. Hava durumu verileri (rüzgâr hızı ve yönü), gübre serpme makinesine ait parametreler ve kullanılan gübreyle ilişkin bilgiler ile birlikte toplama kapları düzeni kullanılarak elde edilen dağılım

verilerini analiz etmektedir. Dağılım düzgünlüğünü artırmaya yönelik olarak varyasyon katsayısı (CV) temelli analizler ile optimum gübreleme işlemi için öneriler sunmaktadır. Barbosa'nın geliştirdiği uygulama ile bu çalışmada sunulan masaüstü kalibrasyon uygulaması arasındaki temel farklılık Excel tabanlı-Python tabanlı olmalarıdır. Landwise ve Barbosa'nın sunduğu kalibrasyon araçlarında yalnızca gübreleme kalibrasyonuna yönelik işlemler yapılabilmektedir. Python tabanlı uygulamanın genişletilebilir yapısı, modüler mimarisi ve geniş kütüphane desteği sayesinde farklı makine tiplerine yönelik çok sayıda hesaplama modülünü tek bir platformda birleştirerek yalnızca kalibrasyon parametreleri değil aynı zamanda ekim kalitesi değerlendirilmesi gibi farklı özellikleri de içermektedir.

Diğer bir çalışmada Arkansas Üniversitesi tarafından internet üzerinden (Arkansas, 2026) tahıl ekim makineleri için bir ekim normu kalibrasyonu hesaplama aracı sunulmaktadır. Buradaki ekim normu kalibrasyonu sadece tahıl ekim makineleri için yapılmaktadır. Bu çalışmada sunulan masaüstü uygulamasındaki modüler yaklaşım ile hem tahıl ekim makineleri hem de hassas ekim makineleri üzerinde kalibrasyon işlemleri yapılabilmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada geliştirilen uygulama ile tarımsal verimliliğin artırılması ve kaynakların daha etkin kullanılması konusunda sürdürülebilir bir dijital altyapı modeli sunulmaktadır.

Tahıl ekim, hassas ekim ve gübreleme makineleri için gerekli olan karmaşık matematiksel modeller tek bir dijital platformda başarıyla birleştirilmiştir. Python programlama dili ile geliştirilen bu uygulamada ttkbootstrap kütüphanesi kullanılarak modern bir arayüz sunulmuş, birim dönüştürme esnekliği sağlanmış, teknik düzeyi farklılık gösteren kullanıcılar için hesaplama süreçlerini standart hale getirmek hedeflenmiştir. Hesaplama geçmişinin JSON tabanlı bir yapıda saklanabilmesi, gerçekleştirilen saha operasyonlarının dijital kaydını tutarak kullanıcıya geçmiş deneyimlerini teknik verilerle harmanlama imkânı tanımış ve böylece sahada izlenebilir bir karar destek altyapısı oluşturulmuştur.

Uygulamanın açık kaynak kodlu ve genişletilebilir yapısı alternatif çözümler sunmaktadır. Bununla birlikte mevcut prototipin masaüstü tabanlı olması ve JSON altyapısı hızlı veri erişimi sağlasa da çok büyük ölçekli tarımsal veri setlerinin yönetimi ve uzun vadeli dijital arşivleme süreçleri için daha büyük veri tabanı entegrasyonlarına olan ihtiyaç, uygulamanın geliştirilmeye açık yönlerinden bazılarıdır. Ayrıca ekim kalitesi modülünde ölçülen mesafelerin manuel olarak girilmesi çok sayıda ölçüm için zaman alıcı ve zahmetli olabilir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda uygulamanın mobil platformlara taşınması ve harici sensör ağları ile bulut sistemlerine entegre edilmesi, tarımdaki dijital dönüşümün operasyonel ayağını önemli ölçüde güçlendirecektir. Özellikle geçmiş hesaplama verilerinin makine öğrenmesi algoritmalarıyla işlenmesi, değişken oranlı uygulama (VRA) gibi hassas tarım teknikleri için temel teşkil edebilir. Bu entegrasyonların sağlanmasıyla uygulamanın sahadaki anlık değişkenlere dinamik yanıtlar verebilen çok bileşenli bir karar destek sistemine dönüşmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

VERİ VE KOD ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Bu çalışmada geliştirilen algoritmanın kaynak kodları açık erişim olarak GitHub deposunda paylaşılmıştır: <https://github.com/hasandural43/Calibration-Application-for-Seeding-Maintenance-and-Fertilization-Machinery>

KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Tarım Makinaları Deney İlke ve Metotları. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara
- Anonim, 2026. Çalışmada geliştirilen algoritmanın kaynak kodları açık erişimi <https://github.com/hasandural43/Calibration-Application-for-Seeding-Maintenance-and-Fertilization-Machinery>
- Arkansas, (2026). Arkansas Üniversitesi Tarım Birimi. Drill Calibration Calculator. <https://forageadvisor.uada.edu/Drill-Calibration-Calculator.html>
- Atheeswaran, A., Raghavender, K. V., Chaganti, B. N. L., Maram, A. ve Herencsar, N. (2023). Expert System for Smart Farming for Diagnosis of Sugarcane Diseases Using Machine Learning. *Computers and Electrical Engineering*, 109, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108739>
- Barbosa, R. N. (2013). SpreaderCal: An MS Excel-Based Computer Program for Spreader Calibration. *Journal of Extension*, 51(3), 1-4. <https://doi.org/10.34068/joe.51.03.18>
- Demir, Ü., Kula, N. ve Uğurlu, B. (2021). Tarımda Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Karar Destek Modeli Önerisi: Domates Zararlısı Tespiti Örneği. *Lapseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, 2(4), 91-108. <https://izlik.org/JA46ZT89HZ>
- Dursun, İ. ve M. A. Erol. (2015). *Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları* (Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş II. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1628, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D. ve Saner, G. (2019). Tarım 4.0 ve Türkiye’de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25 (2), 259-265. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.650762>
- Great Plains Ag. (2026). Drill Calibration Calculator. <https://www.greatplainsag.com/drill-calibration-calculator>
- Grisso, R. B., Alley, M., Thomason, W., Holshouser, D. ve Roberson, T. G. (2011). *Precision Farming Tools: Variable-Rate Application*. (Publication No. 442-505). Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech.
- Işık, M. F., Yılmaz, C., ve Işık, E. (2017). Tarımsal Arazi Sulama Sistemlerinde Mobil Uygulamalar: Örnek Bir Çalışma. *Politeknik Dergisi*, 20(3), 725-731. <https://izlik.org/JA99DT62GT>
- Karayel, D. (2009) Performance of a Modified Precision Vacuum Seeder for No-Till Sowing of Maize and Soybean. *Soil & Tillage Research*, 104, 121–125. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.02.001>
- Karayel, D. ve Özmerzi, A. (2005). Hassas Ekimde Gömücü Ayakların Tohum Dağılımına Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1),139-150. <https://izlik.org/JA77HD86TY>
- Kavalgi, A., Sahu, S. K. ve Aradhya, S. C. (2024). Advanced Precision Seeding Technologies for Vegetable Crops. A. Yadav (Editor), *Advances In Horticulture Sciences* (Vol. 13, 53–70). Integrated Publications.

- Kawchale, R., Deshpande, A., Joshi, A., Kulkarni, M., Patil, P. ve Aute, R. (2024). Revolutionizing Agriculture with Digital Technology: A Comprehensive Study. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 11(5), 79-84. <http://doi.one/10.1729/Journal.39403>
- Landwise. (2026). Fertiliser Placement Machine Calibration Tool v1.0.0. <https://www.landwise.org.nz/fertsread-placement-calibration/>
- Lindblom, J., Lundström, C., Ljung, M. ve Jonsson, A. (2017). Promoting Sustainable Intensification in Precision Agriculture: Review of Decision Support Systems Development and Strategies. *Precision Agriculture*, 18, 309–331. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9491-4>
- Ogunti, O. E., Akingbade, K. F., Segun, A. ve Oladimeji, O. (2018). Decision Support System Using Mobile Applications in the Provision of Day to Day Information about Farm Status to Improve Crop Yield. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 6(2), 89 – 99. <https://doi.org/10.21533/pen.v6.i2.1723>
- Önal, İ. (1995). *Ekim, Bakım, Gübreleme Makinaları* (II. Basım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 490, İZMİR.
- Önal, İ. (2005). Normal Sıraya Ekimin Matematik-İstatistik Esasları ve Ekim Makinalarının Denemelerinde Kullanılması. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(2), 85-91. <https://izlik.org/JA89EB77HS>
- Rose, C. D., Sutherland, J. W., Parker, C., Lobley, M., Winter, M., Morris, C., Twining, S., Ffoulkes, C., Amano, T. ve Dicks, V. L. (2016). Decision Support Tools for Agriculture: Towards Effective Design and Delivery. *Agricultural Systems*, 149, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>
- Rossi, V., Salinari, F., Poni, S., Caffi, T. ve Bettati, T. (2014). Addressing the Implementation Problem in Agricultural Decision Support Systems: The Example of Vite.net. *Computers and Electronics in Agriculture*, 100, 88–99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2013.10.011>
- Severoğlu, S. (2025). Tarla Bitkilerinde Kullanılan Akıllı Tarım Teknolojileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 12(3), 348-364. <https://doi.org/10.19159/tutad.1730333>
- Singh, V. (2024). Advances in Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(2), 61-71.
- Srivastava, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P. ve Buckmaster, D. R. (2006). Crop Planting. *Chapter 9 in Engineering Principles of Agricultural Machines*, (2.basım, ss. 231-268). ASABE.
- TheYieldGrid. (2026). Fertilizer Spreader Calibration Calculator. <https://theyieldgrid.com/fertilizer-spreader-calibration-calculator/>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. ve Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming–A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Zhai, Z., Martínez, J. F., Beltran, V. ve Martínez, N. L. (2020). Decision Support Systems for Agriculture 4.0: Survey and Challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256, 1-16.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

With global population growth, the development of modern strategies focused on agricultural productivity and sustainability has become significant. Modern agricultural strategies with Agriculture 4.0, focus on the precise management of fundamental inputs such as seeds and fertilizers to enhance productivity and ensure sustainability. However, conventional machinery calibration relies on manual calculations involving complex formulas, which are highly susceptible to human error and operational inefficiencies. Such errors lead to resource waste and increased operational costs. The primary purpose of this research is to develop a user-friendly, open-source desktop application that can perform calibration for grain drills, precision seeders and fertilizer spreaders, thereby minimizing manual errors and supporting sustainable agricultural production.

Methodology

The application was developed using the Python programming language, chosen for its extensive library support and cross-platform compatibility. The graphical user interface (GUI) was designed with tkinter and ttkbootstrap to provide a modern and intuitive experience. A JSON-based system is used to store calculation history, allowing users to easily access and review their past operations. Furthermore, the ReportLab library was utilized to generate professional PDF reports of the results. The software was developed in the PyCharm and tested on a Windows 11 operating system.

Results and Conclusions

The developed application successfully integrates complex mathematical models into a single, accessible digital platform. Designed as a desktop application, the platform provides decision support to farmers on critical parameters such as seeding rate, fertilizer application rate, and sowing quality. For instance, in the sowing quality assessment module, field results are compared against reference value of 85% for vegetable seeds and 90% for other seeds, providing critical feedback and classifying the outcomes as “ACCEPTABLE” or “NOT ACCEPTABLE”. Furthermore, the open-source of the application enables its development into an extensible and multi-component system, while also offering a low-cost alternative to expensive commercial software. In this regard, the application provides reliable support for reducing operational costs, minimizing resource waste, and optimizing crop yield in agricultural production.

Yazarların Biyografisi



Hasan DURAL

Hasan Dural, ortaokulu ve liseyi İstanbul'da tamamladı. Daha sonra Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği (Antalya, Türkiye) bölümünü kazandı ve 2026 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu.

İletişim

hasandural43@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0009-0004-5470-5740>



Bahadır CANDAN

Bahadır CANDAN, 2018 yılında Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünden lisans derecesini aldı. 2023 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümünde yüksek lisansını tamamladı ve aynı bölümde doktora eğitimine devam etmektedir.

İletişim

bahadir.candaan@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-2324-2398>



Davut KARAYEL

Davut KARAYEL, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden (Adana/Türkiye) Tarım Makinaları lisans derecesi (1995) ve Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden (Antalya/Türkiye) yüksek lisans ve doktora derecelerini almıştır. Doktora tezini Tarım Makinaları Anabilim dalında 2005 yılında savunmuştur. 2008 yılında doçent, 2014 yılında ise profesör unvanını Akdeniz Üniversitesi'nden almıştır. Halen Akdeniz Üniversitesi'nde profesör olarak görev yapmaktadır. Tarım Makinaları araştırma alanında 100'den fazla bilimsel makalesi bulunmaktadır (bunlardan 40'ı 'CA Web of Science' veri tabanında taranmaktadır).

İletişim

dkarayel@akdeniz.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-6789-2459>