

TÜBİTAK–****2209-A ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİ ARAŞTIRMA PROJELERİ DESTEĞİ PROGRAMI****

****ARAŞTIRMA ÖNERİSİ**** FORMU

2022 Yılı

2. Dönem Başvurusu

**A. GENEL BİLGİLER**

|  |
| --- |
| **Başvuru Sahibinin Adı Soyadı: Bedirhan Köksoy** |
| **Araştırma Önerisinin Başlığı: Orta İrtifa Roketler İçin FreeRTOS Tabanlı STM32 İşlemcili Aviyonik Kart Yazılım Tasarımı** |
| **Danışmanın Adı Soyadı: Doğu Çağdaş Atilla** |
| **Araştırmanın Yürütüleceği Kurum/Kuruluş: Altınbaş Üniversitesi** |

**ÖZET**

Türkçe özetin araştırma önerisinin (a) özgün değeri, (b) yöntemi, (c) yönetimi ve (d) yaygın etkisi hakkında bilgileri kapsaması beklenir. Bu bölümün en son yazılması önerilir.

|  |
| --- |
| **Özet**  Bu çalışmada orta irtifa roketlerin aviyonik sistemlerinin maksimum hızda çalışması için yöntemler belirlenmiş ve bu doğrultuda aviyonik sistem yazılım tasarımı geliştirilmiştir. Geliştirilen roket aviyonik sistemi, roketlerin başarısız görev sonucunda yüksek tahribatlara yol açabilecek yüksek öncelikli görevlerin hız ve zaman planlaması sonucu gerçekleştirilememesi problemine çözüm aramaktadır. Bu amaçla yüksek saat hızına sahip STM32 mikrodenetleyici ailesi tercih edilmiştir. Ayrıca görevleri öncelik sırasına göre gerçekleştiren ve görevler arası zaman planlaması sağlayan FreeRTOS yapısı kullanılmıştır. Bunun yanında orta irtifa roketlerin görevleri doğrultusunda farklı amaçlar için kullanılabilecek sensörler aviyonik sisteme eklenmesi, kütüphanelerinin yazılması ve algoritma tasarımlarının yapılması hedeflenmiştir. Ayrıca roket ile iletişimi sağlamak için STM32 tabanlı mikroişlemciye ve haberleşme sistemine sahip yer istasyonu bulunmaktadır. |
| **Anahtar Kelimeler:** Aviyonik Sistem Yazılımı, FreeRTOS, STM32 İşlemci, Roket Sensörleri, Yer İstasyonu |

1. **ÖZGÜN DEĞER**

**1.1. Konunun Önemi, Araştırma Önerisinin Özgün Değeri ve Araştırma Sorusu/Hipotezi**

Araştırma önerisinde ele alınan konunun kapsamı ve sınırları ile önemi literatürün eleştirel bir değerlendirmesinin yanı sıra nitel veya nicel verilerle açıklanır.

Özgün değer yazılırken araştırma önerisinin bilimsel değeri, farklılığı ve yeniliği, hangi eksikliği nasıl gidereceği veya hangi soruna nasıl bir çözüm geliştireceği ve/veya ilgili bilim veya teknoloji alan(lar)ına kavramsal, kuramsal ve/veya metodolojik olarak ne gibi özgün katkılarda bulunacağı literatüre atıf yapılarak açıklanır.

Önerilen çalışmanın araştırma sorusu ve varsa hipotezi veya ele aldığı problem(ler)i açık bir şekilde ortaya konulur.

|  |
| --- |
| Gelişen ve büyüyen dünyada son seksen yılda uzay çağına girilmeye başlanmış ve gelişmiş ülkeler yıllar geçtikçe uzay sanayisine olan yatırımlarını artırmıştır. Günümüz dünyasında ise uzay sanayisi vazgeçilmez bir alan haline gelmiştir. Ülkemiz ise uzay sanayii alanında özellikle son yıllarda önemli adımlar atmaya çalışmaktadır.  Uzay sanayisinin son yıllarda önem kazanan ürünlerinden biri de roketlerdir. Roket teknolojisi hızla gelişmekte ve uzay sanayisinin dışında savunma sanayii, ulaşım sanayii gibi sanayilerde kullanılmakta ve kullanımı giderek artmaktadır. Bu nedenle roket teknolojisinin yerlileştirilmesi ülkemiz açısından büyük önem arz etmektedir. Roket teknolojisinin en önemli alanlarından biri de aviyonik sistemlerdir. Aviyonik sistemler, roketlerin herhangi bir görevi yerine getirmesini sağlayan elektrik, elektronik ve yazılımdan oluşan bir bütündür. Roketlerin ayrılma, kurtarma, yük bırakma, takip, yer istasyonu ile haberleşme gibi görevleri yerine getirmesini sağlayan yazılım ve donanım tabanlı bir sistemdir. Aviyonik sistemlerin donanım alanı roket için amaçlanan görev doğrultusunda kart üretimi olurken yazılım alanı tasarlanan algoritma doğrultusunda işlemci ve sensörler arasındaki yazılımsal bağlantıyı kurarak görevlerin gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Bu bağlamda aviyonik sistemlerin anlam kazanmasında önemli rolü oynayan alan yazılımdır.  Aviyonik sistemlerin yazılım tasarımlarında en önemli ölçek sistemin çalışma ve görevi yerine getirebilme hızıdır. Sistemde oluşabilecek herhangi bir yavaşlık veya donma, sistemin istenilen görevi zamanında yerine getirememesine yol açmaktadır. Bu durumda roket başarısız görev gerçekleştirmiş kabul edilmektedir ve projenin büyüklüğüne bağlı olarak maddi zararlara yol açabilmektedir. Bu bağlamda gerçekleştireceğimiz projede saat hızı bakımından yüksek olan STM32 mikroişlemci ailesine ait mikroişlemcilerin kullanılması hedeflenmektedir. Ancak sadece saat hızı yüksek mikroişlemcilerin kullanılması, sistemin istenilen görevi istenilen zamanda gerçekleştirmesini sağlayamamaktadır. Projemiz, sistemde görevlerin önem sırasına göre istenildiği zamanda yapılmasını sağlayacak, zaman planlaması yapılmasını sağlayan ve bu durumda roket için kritik sayılan görevlerin süre kaybı olmadan gerçekleştirilmesini sağlayan FreeRTOS yapısının kullanılması hedeflenmektedir.  Yapacağımız yazılım tasarımında aviyonik sistemde STM32F407ZGT6 mikroişlemciye sahip mikrodenetleyici, BME280 basınç sensörü, ICM-20948 IMU sensörü, L86-M33 GPS modülü, E22 900T22D LoRa modülü ve SD Kart modülünün yer alması planlanmaktadır. Aviyonik sistem ile karşılıklı haberleşmenin kurularak uzaktan veri alınması ve kontrol edilmesini sağlayan yer istasyonunda ise STM32F103C8T6 mikroişlemciye sahip mikrodenetleyici ve E22 900T22D LoRa modülü kullanılması planlanmaktadır.  Hedeflediğimiz projenin gerçekleştirilmesi doğrultusunda roketlerdeki başarısız ayrılma ve kurtarma işlemleri sonucu yüksek maddi zararlara neden olabilecek önemli görevlerin yavaşlık ve zaman planlaması sonucunda yetiştirilememesi probleminin önüne geçilmiş olacaktır. Bu bağlamda projenin desteklenmesi ve hayata geçirilmesi büyük önem arz etmektedir.  Projemiz, sistem iyileştirmelerinin yanında roket aviyonik sistemlerde yaşanan Türkçe kaynak eksikliğini çözmektedir. Sistemde kullanılacak basınç sensörü, IMU sensörü, GPS modülü, SD kart modülü ve haberleşme modülleri için genel bir Türkçe kaynaklı kütüphane oluşturmaktadır. |

* 1. **Amaç ve Hedefler**

Araştırma önerisinin amacı ve hedefleri açık, ölçülebilir, gerçekçi ve araştırma süresince ulaşılabilir nitelikte olacak şekilde yazılır.

|  |
| --- |
| Projemizin temel amaçlarından bir tanesi, yüksek saat hızlarına sahip STM32 mikroişlemci ailesinden bir işlemcinin FreeRTOS yapısı ile görevlerin zaman planlamasının ayarlanmasıdır. Zaman planlaması sonucu roketin tasarlanışı doğrultusunda istenilen görevlerin önem sırasına göre düzenlenmesini ve olası zaman kayıplarının önüne geçilerek görevlerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Projemiz bu doğrultuda görev başarısızlığı sonucunda roketlerin farklı parçalarında oluşacak tahribatlardan ötürü roketin üretim maaliyeti doğrultusunda oluşabilecek yüksek maddi zararları engellemeyi hedeflemektedir.  Projemizin başka bir amacı ise, STM32 tabanlı mikroişlemcilerin zaman planlaması yapılması doğrultusunda öncelikli görevlerin maksimum ne kadar sürede yapıldığını J-LINK hata ayıklama emülatörü kullanılarak SEGGER SystemView programı ile gözlemlemek ve bu bağlamda roketlerin başarılı bir görev gerçekleştirmek için ulaşabileceği maksimum hızın analizini yapmaktır. Projemiz bu amaç ile roketler için tasarladığımız aviyonik sistem yazılımında kullanılacak işlemci ve komponentlerin roketin hedeflediği hıza uygun olup olmadığını tespit etmektedir.  Projemizde yüksek öncelikli bir amaç olmasa da yazılım alanın gelişmesi için katkı sağlayacak bir alan ise projemizdeki roket aviyonik sistem yazılım tasarımında kullanılacak sensörler için anadilde genel bir kütüphane yazılmasıdır. Sistemde bulunan sensörlerden bir kısmı STM32 mikroişlemci ailesi içinde çok yaygın olmadığı için gerek hobi amaçlı gerekse de profesyonel amaçlarla roket teknolojisine girmek isteyen takımlar Türkçe kaynak bulma konusunda sıkıntılar yaşamaktadır. Oluşturulacak yazılım kütüphanesi, roket teknolojisinde Türkçe dilindeki kaynak azlığı sebebi ile yabancı kaynak kullanımını azaltmayı ve ülkemizde roket teknolojisinin gelişmesini hedeflemektedir. |

1. **YÖNTEM**

Araştırma önerisinde uygulanacak yöntem ve araştırma teknikleri (veri toplama araçları ve analiz yöntemleri dahil) ilgili literatüre atıf yapılarak açıklanır. Yöntem ve tekniklerin çalışmada öngörülen amaç ve hedeflere ulaşmaya elverişli olduğu ortaya konulur.

Yöntem bölümünün araştırmanın tasarımını, bağımlı ve bağımsız değişkenleri ve istatistiksel yöntemleri kapsaması gerekir. Araştırma önerisinde herhangi bir ön çalışma veya fizibilite yapıldıysa bunların sunulması beklenir. Araştırma önerisinde sunulan yöntemlerin iş paketleri ile ilişkilendirilmesi gerekir.

|  |
| --- |
| Orta irtifa roketler aerodinamik, yapısal, kurtarma, görev yükü ve aviyonik gibi temel çalışma alanlarına ayrılırlar. Aviyonik sistemler ise donanım ve yazılım olmak üzere iki farklı alana ayrılmaktadır. Aviyonik sistemlerde bulunan donanım alanı; komponent araştırması, simülasyon ve analiz, kart tasarımı, parçaların yerleştirilmesi ve lehimleme aşamalarından oluşmaktadır. Aviyonik sistemlerin yazılım alanı ise; görev doğrultusunda algoritmanın tasarlanması, işlemci ve sensör seçimi, sensör kütüphanelerinin oluşturulması ve hazırlanan kart üzerinde yazılım testi yapılması aşamalarından oluşmaktadır. Roketlerin aviyonik sistemlerindeki en kritik unsur ise sistemin çalışma hızıdır.  Mikroişlemciler dünyasında farklı özelliklere sahip çok sayıda mimari tipi vardır. Bu mimariler arasında son yıllarda düşük güç tüketimi, yüksek performans ve ucuz fiyatları ile ARM mimarisi ön plana çıkmıştır. ARM mimarisinde ise yaygın olarak Cortex ailesi kullanılmaktadır. Cortex serisi; A, R ve M serilerinden oluşmaktadır. Mikrodenetleyicilerde ise en çok tercih edilen seri M serisidir. M serisi ise performanslarına göre M0, M1, M1, M3, M4, M7 ve M8 olarak ayrılmaktadır ancak piyasada bulunabilirliği en yüksek seri M4 serisidir. Projemiz bu bilgileri ele alarak ARM Cortex-M4 mimarisine sahip, diğer mikrodenetleyicilere göre daha yüksek saat hızı sunan ve yüksek performanslı seri kabul edilen STM32F4 serisinden STM32F407ZGT6 mikrodenetleyicisinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu bağlamda orta irtifa roketler için kritik olan hız sorununun önüne geçilmeye çalışılması hedeflenirken ayrıca piyasada bulunabilirlik ve stok sorununun da önüne geçilmeye çalışılmıştır. Mikrodenetleyici seçimi her ne kadar önem farz etse sistemin yüksek performanslı çalışmasını sağlayan herhangi bir yazılım olmadığı sürece görevler mikrodenetleyicide istenilen sürede gerçekleştirilememektedir. Bu bağlamda projemizde algoritma tasarımının yanı sıra sistemin zaman planlaması yapabilmesini sağlayan FreeRTOS yapısı kullanılacaktır.    Şekil 1. STMicroelectronics firmasına ait ürünlerin kullanım amaçları  GPOS (Genel amaçlı işletim sistemi), işlemcide bulunan görevlerin herhangi bir önem sırasına sokulmadan, birim zamanda maksimum görev sayısını yapmayı hedefleyen bir sistemdir. Ayrıca işlemcinin yapması gereken görev sayısı artıkça görevler arası geçiş süreleri de artmaktadır. RTOS (Gerçek zamanlı işletim sistemi) ise, işlemcide bulunan görevlerin kullanıcı tarafından belirli bir önem sırasında sokulması sonucu sistemde bulunan işlemlerin sırayla gerçekleştirilmesini engeller. Öncelikli görev ihtiyaç hissettiği her zaman araya girer ve diğer görevlerin önünde kendi işlemini gerçekleştirir, işlemin bitmesi sonucu bir alt öneme sahip görev işlemine devam eder ve olay döngüsü bu şekilde devam eder. Ayrıca işlemciden gerçekleşen görev sayısı görevler arası geçiş sürelerine etki etmemektedir. Bu bağlamda GPOS, günlük amaçlı işlemcilerde tercih edilirken RTOS ise anlık olayların gerçekleştiği sistemlerde tercih edilmektedir.    Şekil 2. RTOS ile GPOS’un görev sayılarına göre görevler arası geçiş süreleri karşılaştırması  FreeRTOS yapısı, RTOS’un kullanılmasını sağlayan bir sistemdir. Projemizde RTOS’un kullanılmasını sağlayan bir sistem olan FreeRTOS yapısının kullanılması, roketin ateşlenmesinden itibaren herhangi bir parçasının tahribat almasını engelleyecek anlık olan ve maksimum öneme sahip görevlere öncelik tanınmasını ve roketin başarılı bir atış gerçekleştirmesini hedeflemektedir. FreeRTOS yapısı ile oluşturulan algoritmanın analizleri ise J-LINK hata ayıklama emülatörü kullanılarak SEGGER SystemView programı ile gözlemlenmektedir. SEGGER SystemView ile roketin aviyonik sisteminde gerçekleşen her bir görevin harcadığı süre analiz edilir ve bu doğrultuda algoritma ve yazılımın tekrardan şekillenmesine, hata payının minimuma düşürülmesi sağlanmaktadır.    Şekil 3. SEGGER SystemView ile analiz edilmiş örnek bir uygulama  Projemizdeki aviyonik sistemde STM32 mikrodenetleyicisinin dışında roketin herhangi bir görev yapmasını sağlayacak ve oluşturulacak yazılım tasarımının hız ve zamanlamasının test edileceği sensörler mevcuttur. Sensörlerin kaynak bulunabilirliği ve kablolama kolaylıkları nedeni ile sistemde bulunan mikrodenetleyici ile I2C protokolü ile haberleşmesi hedeflenmektedir.  Kullanılacak sensörler:   * BME280 Basınç Sensörü * ICM-20948 IMU Sensörü * L86-M33 GPS Modülü * E22 900T22D LoRa Modülü * SD Kart Modülü   Sistemde bulunan BME280 basınç sensörü, ölçtüğü basınç değerlerini yükseklik bilgisine dönüştürecek ve roketin atış yapıldığı yer sıfır noktası kabul edilerek roket ateşlendikten sonra yüksekliği ölçecektir. Ateşlendikten sonra ölçüm sonucu elde edilen yükseklik bilgisi ile roket istenilen yüksekliğe ulaştığı an rokette daha önceden belirlenmiş görev gerçekleştirilecektir. Sistemde bulunan ICM-20948 IMU sensörü ise hesaplama yaptığı açısal ivme gyro değerleri ile istenilen eksendeki açı değerini bulmaktadır. Roketin görevi doğrultusunda açı değeri kullanılarak ayrılma gerçekleştirilebilmektedir. Kullanılan iki sensör ölçüm sırasında anlık sapmalar yaşamakta ve bu doğrultuda roketin yapmak istediği görevi önceden veya sonradan yapmasını sağlayarak görevin başarısız olmasına neden olabilmektedir. Bu durumu engellemek amacı ile bir önceki veri ile sonraki verinin tespit eden ve sapmaları minimuma indiren Kalman Filtresi kullanılmaktadır. Sistemde bulunan L86-M33 GPS modülü, roketin ateşlenmesinden önce ve sonrasında aviyonik sistemin aktifleştirilmesi ile uydudan aldığı sinyallerle (En az 3 uydudan sinyal alması gerekmektedir.) konumun bulunmasını sağlamakta ve bu sayede roket ateşlendikten sonra konumu gözlemlenebilmektedir. Özellikle roketin yere inmesi ile roketi kurtarma işlemlerinde rol oynamaktadır. Projemizde GPS ile NMEA protokolü doğrultusunda veri alınmaktadır. Sistemde bulunan E22 900T22D LoRa modülü; basınç sensörü, IMU sensörü ve GPS modülünden gelen verilerin STM32F407ZGT6 kartında işlenmesinin ardından yer istasyonuna verilerin gönderimini gerçekleştirmektedir. Projemizde kullanılan LoRa modülünün 900 Mega Hertz seçilmesin nedeni, Avrupa standartlarına uygun olması ve Türkiye’de bulunan telsizlerin frekans aralığının dışında olmasından kaynaklanmaktadır. LoRa modülü LoRaWAN protokolü ile haberleşmektedir. Sistemde bulunan SD Kart modülü ise, LoRa modülünün haberleşmesi sırasında olası veri kayıplarına karşı verileri saklayarak kaybolmasını engellemektir. SD Kart modülüne FatFS dosya sistemi ile veri yazılmaktadır.  Roketin aviyonik sisteminden gelen veriler yer istasyonunda bulunan E22 900T22D LoRa modülü ile alınarak STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisinde işlenir ve bağlı olduğu bilgisayara aktarılır. STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisinin bilgisayara bağlanması sırasında ayrıca ST-LINK V2 hata ayıklama emülatörü kullanılmaktadır.    Şekil 4. Hedeflenen roket aviyonik sistem algoritma tasarımı  Projemizin algoritma tasarımında, orta irtifa roketlerin çıkabileceği yükseklik aralığı olan 10.000 feet ile 30.000 feet aralığındaki herhangi bir nokta tepe noktası kabul edilerek atış gerçekleştirilecektir. Atış anından itibaren BME280 basınç sensörü ile yükseklik algılanacak, ayrıca ICM-20948 IMU sensörü ile roketin Z eksenindeki açısı hesaplanacaktır. Roket daha önceden belirlenen tepe noktasında ulaşması halinde paraşüt ayrılması gerçekleştirilecektir. Bu noktada ayrılmanın gerçekleştirilmesi amacı ile algoritma tasarımında paraşüt açma görevi FreeRTOS yapısında en önemli görev olarak tanımlanacak ve tepe noktasında en erken şekilde ayrılması sağlanmış olacaktır. Eğer mesafa sağlanamaz ancak roket Z ekseninde yatay konuma gelirse bu açı olasılığına girecek ve daha önceden FreeRTOS yapısı ile önem sırası yüksek olarak tanımlanmış açı ile ayrılma işlemi gerçekleştirilecektir. Ardından roket paraşütlerinin başarılı bir şekilde açılması ile yere inecektir. Roketin yere inmesi ile beraber FreeRTOS yapısında en öncelikli görevler GPS bulma ve haberleşme olacaktır. Yere inmesinden sonra L86-M33 GPS modülünden gelen veriler E22 900T22D LoRa modülü ile yer istasyonuna gönderilecektir. Yer istasyonuna gelen veri paketi daha önceden belirlenmiş kriterleri sağlıyorsa ve verilerde herhangi bir bozukluk olmadığı tespit edilirse gelen verilere göre kurtarma işlemi gerçekleştirilecektir. Roket aviyonik sisteminde bulunan LoRa modülünde, modülün anlık haberleşememesi sonucu veri kayıpları ve veri atlamalarını engellemek amacı ile SD kart modülü kullanılacaktır. STM32 ailesi mikroişlemci, LoRa ile veri gönderimi öncesi veri paketini FatFS dosya sistemi ile SD kart modülüne kaydedecek ve haberleşme problemlerinin önüne geçilmiş olacaktır. |

1. **PROJE YÖNETİMİ** 
   1. **İş- Zaman Çizelgesi**

Araştırma önerisinde yer alacak başlıca iş paketleri ve hedefleri, her bir iş paketinin hangi sürede gerçekleştirileceği, başarı ölçütü ve araştırmanın başarısına katkısı “İş-Zaman Çizelgesi” doldurularak verilir. Literatür taraması, gelişme ve sonuç raporu hazırlama aşamaları, araştırma sonuçlarının paylaşımı, makale yazımı ve malzeme alımı ayrı birer iş paketi olarak gösterilmemelidir.

Başarı ölçütü olarak her bir iş paketinin hangi kriterleri sağladığında başarılı sayılacağı açıklanır. Başarı ölçütü, ölçülebilir ve izlenebilir nitelikte olacak şekilde nicel veya nitel ölçütlerle (ifade, sayı, yüzde, vb.) belirtilir.

**İŞ-ZAMAN ÇİZELGESİ (\*)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **İP No** | **İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri** | **Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği** | **Zaman Aralığı**  **(..-.. Ay)** | **Başarı Ölçütü ve** **Projenin Başarısına Katkısı** |
| 1 | Algoritma Tasarımı | Bedirhan Köksoy | 15 Gün | Oluşturulan akış şemasında görevlerin başarı durumlarının bütün halinde çalışabilmesi / Yazılım tasarımının genel hatlarının oluşturulmasını sağlamakta |
| 2 | Ayrılma ve Haberleşme sensörlerinin kütüphanelerinin yazılması, verilerin filtrelenmesi ve test edilmesi | Bedirhan Köksoy | 30 Gün | Sensörlerin denenmesinde filtrelemeden sonra istenilen veri çıktısı alınıyorsa başarılı kabul edilmekte / Kullanılacak sensörlerin kullanıma hazır hale gelmesi |
| 3 | STM32CubeIde üzerinden FreeRTOS yapısı ile Algoritma Yazımı | Bedirhan Köksoy | 25 Gün | Tasarlanan algoritmanın işlemci ile sensörlerin kablolu bağlantısı sonucunda başarılı bir şekilde çalışması / Sistemin çalışabilirliğinin gözlemlenmiş olması |
| 4 | SEGGER SystemView üzerinden FreeRTOS yapısının analizlerinin yapılması | Bedirhan Köksoy | 25 Gün | FreeRTOS yapısı ile yazılan algoritmanın zaman geçişleri SEGGER SystemView ile kontrol edilmesi ve sapma olmadığının tespit edilmesi / Sistemin yazılımsal olarak tamamlandığının analizler ile kanıtlanması |
| 5 | Aviyonik ve haberleşme sistemlerinin delikli plaket üzerine kurulup yazılımın test edilmesi | Bedirhan Köksoy | 40 Gün | Sistemin hatasız bir şekilde çalışması ve yer istasyonu ile haberleşebilmesi / Projenin hazır hale gelmesi |

(\*) Çizelgedeki satırlar ve sütunlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

* 1. **Risk Yönetimi**

Araştırmanın başarısını olumsuz yönde etkileyebilecek riskler ve bu risklerle karşılaşıldığında araştırmanın başarıyla yürütülmesini sağlamak için alınacak tedbirler (B Planı) ilgili iş paketleri belirtilerek ana hatlarıyla aşağıdaki Risk Yönetimi Tablosu’nda ifade edilir. B planlarının uygulanması araştırmanın temel hedeflerinden sapmaya yol açmamalıdır.

**RİSK YÖNETİMİ TABLOSU\***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **İP No** | **En Önemli Riskler** | **Risk Yönetimi (B Planı)** |
| 1 | Sensör ve işlemcilerin stok eksikliğinden kaynaklı çalışmaların gecikmesi | Çevrede bulunan firmalara giderek özel olarak tarih alınması ve stok tarihi en erken olan firmadan alışverişin gerçekleştirilmesi, ürünün stokları bulunamayacaksa alternatif modül alımının gerçekleştirilmesi |
| 2 | Delikli plakette lehimleme ile yapılacak test öncesi işlemci ve sensörlerin zarar görmesi | Alanında uzman kişilerden yardım alınarak lehimlemenin gerçekleştirilmesi |

(\*) Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

* 1. **Araştırma Olanakları**

Bu bölümde projenin yürütüleceği kurum ve kuruluşlardavar olan ve projede kullanılacak olan altyapı/ekipman (laboratuvar, araç, makine-teçhizat, vb.)olanakları belirtilir.

**ARAŞTIRMA OLANAKLARI TABLOSU (\*)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Kuruluşta Bulunan Altyapı/Ekipman Türü, Modeli**  (Laboratuvar, Araç, Makine-Teçhizat, vb.) | **Projede Kullanım Amacı** |
| Dijital sıcak üflemeli ve sabit havya seti | Üretim |
| STM32 Mikrodenetleyici | Test |
| Haberleşme Laboratuvarı | Test |

**(\*)** Tablodaki satırlar gerektiği kadar genişletilebilir ve çoğaltılabilir.

1. **YAYGIN ETKİ**

Önerilen çalışma başarıyla gerçekleştirildiği takdirde araştırmadan elde edilmesi öngörülen ve beklenen yaygın etkilerin neler olabileceği, diğer bir ifadeyle yapılan araştırmadan ne gibi çıktı, sonuç ve etkilerin elde edileceği aşağıdaki tabloda verilir.

**ARAŞTIRMA ÖNERİSİNDEN BEKLENEN YAYGIN ETKİ TABLOSU**

|  |  |
| --- | --- |
| **Yaygın Etki Türleri** | **Önerilen Araştırmadan Beklenen Çıktı, Sonuç ve Etkiler** |
| **Bilimsel/Akademik**  (Makale, Bildiri, Kitap Bölümü, Kitap) | Orta irtifa roket projelerinde bulunup tasarlanan aviyonik sistem yazılım tasarımının denenmesi ve elde edilen çıktılar ile sistem hakkında kapsamlı bir makale yazılması |
| **Ekonomik/Ticari/Sosyal**  (Ürün, Prototip, Patent, Faydalı Model, Üretim İzni, Çeşit Tescili, Spin-off/Start- up Şirket, Görsel/İşitsel Arşiv, Envanter/Veri Tabanı/Belgeleme Üretimi, Telife Konu Olan Eser, Medyada Yer Alma, Fuar, Proje Pazarı, Çalıştay, Eğitim vb. Bilimsel Etkinlik, Proje Sonuçlarını Kullanacak Kurum/Kuruluş, vb. diğer yaygın etkiler) | Tasarlanan aviyonik sistem yazılımının orta irtifa roketlerde denemelerinin yapılması ve sonucun başarılı olması durumunda hobi amaçlı veya profesyonel olarak roket tasarımı ile uğraşan roket kuruluşlarına ücretli yazılım desteğinin sağlanabileceği bir Start-up kurulumu ve yazılım tasarımının fuarlarda tanıtımının yapılması |
| **Araştırmacı Yetiştirilmesi ve Yeni Proje(ler) Oluşturma**  (Yüksek Lisans/Doktora Tezi, Ulusal/Uluslararası Yeni Proje) | Projenin başarı ve uygulanabilirlik durumuna göre yüksek lisans tezi oluşturulması |

**5. BÜTÇE TALEP ÇİZELGESİ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bütçe Türü** | **Talep Edilen Bütçe Miktarı (TL)** | **Talep Gerekçesi** |
| **Sarf Malzeme** | 5120 TL | Aviyonik yazılım tasarımının gerçekleştirilmesi için gerekli mikroişlemci, hata ayıklama cihazları, basınç sensörü, IMU sensörü, SD kart modülü GPS modülü ve haberleşme modüllerinin alınması |
| **Makina/Teçhizat (Demirbaş)** | 880 TL | Aviyonik yazılım tasarımın yapılmasının ardından lehim malzemeleri ve delikli plaket ile sensörlerin test edilmesi |
| **Hizmet Alımı** |  |  |
| **Ulaşım** |  |  |
| **TOPLAM** | 6000 TL | Aviyonik yazılım tasarımının yazılımı için gerekli mikroişlemci ve sensörler, bunlara ek olarak sistemin kurularak denenmesi için lehim malzemeleri ve delikli plaket |

**NOT:** Bütçe talebiniz olması halinde hem bu tablonun hem de TÜBİTAK Yönetim Bilgi Sistemi (TYBS) başvuru ekranında karşınıza gelecek olan bütçe alanlarının doldurulması gerekmektedir. Yukardaki tabloda girilen bütçe kalemlerindeki rakamlar ile, TYBS başvuru ekranındaki rakamlar arasında farklılık olması halinde TYBS ekranındaki veriler dikkate alınır ve başvuru sonrasında değiştirilemez.

**6. BELİRTMEK İSTEDİĞİNİZ DİĞER KONULAR**

Sadece araştırma önerisinin değerlendirilmesine katkı sağlayabilecek bilgi/veri (grafik, tablo, vb.) eklenebilir.

|  |
| --- |
| Roketler 1955’li yıllarda popüler olmasına karşın geleceğin en önemli teknolojilerinin başında gelmektedir. Ülkemizde halen yeterli değere ulaşamamış roket sanayii, ülkemizin gelecek yıllarda uzay yarışına girmesi ve kendine önemli bir yer edinmesi amacı ile çokça desteklenmesi gereken bir alandır. |

**7. EKLER**

**EK-1: KAYNAKLAR**

[1] - Cicek, Osman. (2020). LOW ALTITUDE MODEL ROCKET AVIONIC SYSTEM.

[2] - Matevska, J. (2020). Decentralised Avionics and Software Architecture

for Sounding Rocket Missions

[3] - B. Deng, Z. Bo, Y. Jia, Z. Gao and Z. Liu, "Research on STM32 Development Board Based on ARM Cortex-M3," 2020 IEEE 2nd International Conference on Civil Aviation Safety and Information

[4] - Arkani, Mohammad. (2017). A Complete Reference for STM32 Microcontrollers.

[5] - Guan, Fei & Peng, Long & Perneel, Luc & Timmerman, Martin. (2016). Open Source FreeRTOS as a Case Study in Real-time Operating System Evolution. Journal of Systems and Software. 118. 10.1016/j.jss.2016.04.063.

[6] - Ryzhyk, Leonid. (2006). The ARM Architecture.

[7] - Zhang, H. , & Kang, W. (2013). Design of the Data Acquisition System Based on STM32. Procedia Computer Science, 17 . doi: 10.1016/j.procs.2013.05.030

[8] - M. Bakirci and M. Mirac Ozer, "Avionics Design for a Subsonic Rocket Carrying a Scientific Experiment Unit," 2022 2nd International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICMI55296.2022.9873799.

[9] - Zorkany, M. & Hussein, Mahmoud & Kader, Neamat. (2016). Real Time Operating System for the Internet of Things; Vision, Architecture, and Research Directions. 10.1109/WSCAR.2016.21.

[10] - Yanbing Li, M. Potkonjak and W. Wolf, "Real-time operating systems for embedded computing," Proceedings International Conference on Computer Design VLSI in Computers and Processors, 1997, pp. 388-392, doi: 10.1109/ICCD.1997.628899.

[11] - F. Adelantado, X. Vilajosana, P. Tuset-Peiro, B. Martinez, J. Melia-Segui and T. Watteyne, "Understanding the Limits of LoRaWAN," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 9, pp. 34-40, Sept. 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600613.