2. Sistem Tanımı

Belirsiz zamanla değişmeyen doğrusal sistem aşağıdaki biçimde modellenir.

|  |
| --- |
|  |
|  |

**Durum vektörü**

**Kontrol girişi**

**Ölçülen çıkış**

Bozucu enerjice sınırlıdır

### Hiper‑Minimum‑Faz (HMP) Sistemler Nedir

Makalede, HMP sistemler **passification-based adaptive control** yönteminin uygulanabilmesi için bir önkoşul olarak kullanılıyor.

Hiper-Minimum-Faz (HMP) sistemler, çoklu çıkışlı (MIMO) sistemlerde klasik minimum-faz kavramının genelleştirilmiş hâlidir. Bir yön vektörü seçildiğinde, sistemin bu doğrultudaki transfer fonksiyonu hem kararlı (Hurwitz) olmalı hem de koşulunu sağlamalıdır. Bu sayede sistem, statik çıkış geri beslemesiyle pasif hâle getirilebilir. HMP özelliği, pasifikasyon ve uyarlamalı kontrol tasarımı için temel yapısal koşuldur.

Eğer sistem HMP ise, bir vektörü ve matrisi bulunabilir, böylece kapalı çevrim sistem **strictly passive** (katı pozitif gerçel) olur.

HMP olmayan sistemlerde, passification tabanlı adaptif kontrol uygulanamaz.

### Passificaiton Lemma

**Passification Lemma**, lineer sistemlerin adaptif kontrolünü mümkün kılan ve **geçişlileştirme (passification)** adı verilen bir yöntemin matematiksel temelini oluşturan bir teoremdir. Bu lemma, bir sistemin çıkış geri beslemesiyle **katı pozitif gerçel (strictly positive real, SPR)** hale getirilebilmesi için gerekli koşulları sağlar.

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |

Eğer yukarıdaki durumlar sağlanıyor ise.

Statik geribesleme kapalı çevrimi katı pasif yapar.

Sistemin kararlılığı için baktığımızda.

Lyapunov fonksıyonu aşağıdaki gibi olur.

|  |
| --- |
|  |

Bu eşitsizlik, sisteme giren harici terimi olsa bile depolanan enerjinin oranında sönümlendiğini gösterir; yani sistem **pasif** davranır.

Sistemiçin uygun bir bulmak, genel olarak NP-Hard bir problem olduğu için bu işlem doğrudan analitik olarak yapılamaz. Bu nedenle, şeklinde tanımlanan geri besleme kazancı için bir ızgarası oluşturulur; bu ızgarada arama yapılarak pasifikasyon şartlarını sağlayan bir üçlüsü bulunmaya çalışılır. Bu yöntemle, yüksek olasılıkla geçerli bir çözüm elde edilir.

### Quantizer model

Sistem çıkışının dijitalleştirilmiş veya sınırlı çözünürlükle algılandığı durumları ifade etmek için kullanilir.

Makaledeki tanıma göre:

|  |
| --- |
|  |

Bu model, ölçüm hatasının **sabit bir üst sınırı olduğunu** varsayar. Ancak sistemin dinamik koşullarına bağlı olarak bu hata sabit kalmayabilir. Bu nedenle, makale ikinci adımda daha esnek bir yapı tanımlar ve Dinamik Quantizer kullanır.

Formulu kısaca aşağıdaki gibidir.

|  |
| --- |
|  |

zoom faktörünü ifade eder.

Simulasyon modelini yaparken fonksiyonunu aşağıdaki gibi tanımladık.

|  |
| --- |
|  |

Zoomable quantization modeli, ölçüm menzili ile hassasiyet arasında dinamik bir denge kurmak için kullanılır. Ölçek parametresi µ arttıkça menzil genişler ancak hata da artar (zoom-out); µ azaldıkça hassasiyet yükselir ancak menzil daralır (zoom-in). Bu yapı, sabit çözünürlüklü sensörlerde optik zoom mantığıyla çalışır ve sınırlı bitli iletim kanallarında daha düşük kuantizasyon hatasıyla sinyal iletimine olanak tanır. Ayrıca Lyapunov temelli analizle uyumlu olduğundan, kontrolcü kararlılığı kuantizasyon altında da korunabilir.