

5. Übung: Subspace-Identifikation

In dieser Übung soll ein Algorithmus zur Subspace-Identifikation dynamischer Systeme implementiert werden. Details zum Algorithmus finden sich auf dem Hilfsblatt „Subspace Identifikation dynamischer Systeme“ (Stand: Januar 2012), das auf der Vorlesungshomepage zu finden ist.

Implementieren Sie den Algorithmus, der die LQ-Zerlegung der Datenmatrix verwendet. Gehen Sie wie folgt vor:

- a) Laden Sie die Ein-/Ausgangsdaten (IDDATA-Objekt) in den Workspace. Die entsprechende .mat-Datei finden Sie auf der Homepage. Zugriff auf die Ein- bzw. Ausgangsdaten haben Sie über `data.u` bzw. `data.y`.
- b) Stellen Sie die Eingangs- und Ausgangshankelmatrizen auf und unterteilen Sie diese durch geeignete Wahl von k in Zukunfts- und Vergangenheitsmatrizen. Wählen Sie zur Vereinfachung in einem ersten Schritt $r = 2k$ (dies kann später geändert werden).

Stellen Sie die Matrizen zunächst zur Übung „von Hand“ auf. Kontrollieren Sie ihre Ergebnisse durch den Vergleich mit der Ausgabe des `hankel(C,R)`-Befehls, dem die erste Spalte `C` und die letzten Zeile `R` der zu bildenden Hankel-Matrix vorgegeben werden.

Hinweis: Zur Verringerung der Rechenzeit ist es sinnvoll die Hankel-Matrizen zeilenweise aufzubauen, also mittels einer `for`-Schleife über die Zeilen zu iterieren und nicht über die Spalten.

Sollten beim Aufstellen der Matrizen der Arbeitsspeicher nicht ausreichen, können die Matrizen als `single()`-Datentypen deklariert werden.

- c) Berechnen Sie die Projektion durch LQ-Zerlegung (über QR-Zerlegung, Befehl `qr()` in *Matlab*). Verwenden Sie zunächst den vollen Vergangenheitshorizont als Basis, also $\Psi = Z_p$. Probieren Sie nach erfolgreicher Identifikation auch kürzere Horizonte $s_1, s_2 < k$ aus.
- d) Berechnen Sie die erweiterte Beobachtbarkeitsmatrix und führen Sie eine Modellreduktion durch, indem Sie nur relevante Singulärwerte beibehalten. *Hinweis:* Verwenden Sie zum Berechnen der Singulärwerte den Befehl `svds()`, der nur einen Teil der Singulärwerte berechnet.
- e) Extrahieren Sie die Ausgangsmatrix aus der erweiterten Beobachtbarkeitsmatrix.
- f) Berechnen Sie die Dynamikmatrix durch Regression.
- g) Setzen Sie die Durchgriffsmatrix zu null.
- h) Verwenden Sie die Matlab-Funktion `fminsearch()`, um die Eingangsmatrix H durch numerische Optimierung zu schätzen. Verwenden Sie hierzu die Matlab-Funktion `compare()`.

Alternativ: Berechnen Sie die Eingangsmatrix H mittels linearer Regression aus dem im Hilfsblatt angegebenen Zusammenhang. Die Matrix $\Gamma(k)$ können Sie z. B. mit dem Befehl `ltitr()` berechnen. Dieser Befehl bestimmt die Zustände des zeitdiskreten Systems $x[k+1] = Ax[k] + Bu[k]$ auf die Anregung $u[k]$. Verwenden Sie für B die Einheitsvektoren E_j und homogene Anfangsbedingungen.

- i) Nach erfolgreicher Identifikation: vergleichen Sie ihr Modell mit den erhaltenen Identifizierungsdaten, indem Sie die Antwort ihres identifizierten Systems auf die Anregung `data.u` mittels `lsim()` bestimmen.
- j) Identifizieren Sie das System mit dem *Matlab*-Befehl `n4sid()`.