

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА

Колосов І.В.* , Поливода О.В.** к.т.н., доц., Рудакова Г.В.** д.т.н., проф.

*ТОВ «Марлоу Навігейшн Україна»,

**Херсонський національний технічний університет, Україна

Annotation: The article analyzes the feasibility of using the recursive least squares method to identify the human operator model.

Ключові слова: НАПРУЖЕНІСТЬ СТАНУ, БІОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ, ПРОСТІР СТАНІВ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ, МЕТОД НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ.

При виконанні своїх професійних обов'язків людина доволі часто опиняється в ситуації коли потрібно приймати рішення. В цьому випадку напруженість стану оператора зазвичай підвищується при керуванні будь-яким процесом в реальному часі, особливо в умовах дефіциту часу. Постійний моніторинг рівня напруженості стану людини дозволяє своєчасно виявити передстресові та стресові стани і вжити певні заходи щодо стабілізації ситуації.

Стан людини може бути визначений за біофізичними параметрами, які змінюються під час виконання операцій різного характеру та можуть вимірюватися за допомогою датчиків [1]. На основі аналізу даних, що фіксуються за результатами вимірів, можна виявити рівень напруженості стану людини та оцінити складність оперативної ситуації. Виникає задача побудови математичної моделі, на основі якої можна адекватно ідентифікувати стан людини-оператора.

Людина-оператор є динамічною системою, тобто його поведінку можна описати за допомогою системи диференціальних рівнянь. В зв'язку з тим, що людина як динамічна система з точки зору системного підходу відноситься до класу не повністю керованих та не повністю спостережуваних систем, для її дослідження доцільно використовувати математичну модель в просторі станів [2]. Рівняння стану людини-оператора в просторі станів задаються наступним чином

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bv(t), \quad (1)$$

де $x(t)$ – вектор біофізичних параметрів людини, які реєструються певною вимірювальною підсистемою; $v(t)$ – вектор вхідних обурень; A – матриця стану об'єкта; B – матриця впливу вхідних сигналів на зміни стану об'єкта.

Біофізичні параметри суттєво змінюються в залежності від зовнішніх обставин, тому визначення ступеня напруженості стану людини можна здійснювати шляхом ідентифікації параметрів моделі (1) та подальшому аналізі значень компонент матриці стану A .

Для ідентифікації параметрів моделі (1) в реальному часі, доцільно використовувати повторювані процедури, які дозволяють отримати оцінку параметрів моделі при надходженні нових вимірювань [3].

Періодичні процедури оцінки визначаються залежністю

$$P[k+1] = P[k] + \gamma[k+1] \cdot f(P[k], y[k+1], u[k+1]), \quad (2)$$

де $P[k]$ – поточне значення параметрів, $\gamma[k+1]$ – коефіцієнт посилення, $f(\cdot)$ – деяка функція, що залежить від поточного значення, та визначає величину і спрямування наступного кроку, $y[k+1]$ і $u[k+1]$ – вихідні і вхідні сигнали, які йдуть за поточним значенням.

Найбільш відомими повторюваними процедурами є метод стохастичної апроксимації і метод найменших квадратів. Однак, згідно з [3], точність методу стохастичної апроксимації досягається при досить великій кількості ітерацій, тому його недоцільно використовувати при знаходженні параметрів моделі для вирішення задач ідентифікації динамічного об'єкта в реальному часі.

Для реалізації метода задаються початкові значення вектора станів об'єкту і моделі $x_0[0] = x_m[0]$, а також матриці $A[0]$. При відомій динаміці управління $u[k]$ і вектора станів об'єкту $x_0[k]$ для $k=1,2,3,\dots$ визначають значення вектора стану моделі

$$x_m[k] = A[k-1] \cdot x_m[k-1] + B \cdot u[k-1] \quad x_m[k], \quad (3)$$

вектор відхилення станів об'єкта і моделі

$$e[k] = x_0[k] - x_m[k], \quad (4)$$

і матрицю

$$D[k] = I_n \cdot \frac{\gamma}{k}, \quad \gamma > 0. \quad (5)$$

тоді рекурентний алгоритм настройки може бути записаний як

$$A[k] = A[k-1] + D[k] \cdot e[k] \cdot x_m^T[k]. \quad (6)$$

Умовою завершення етапу ідентифікації є $|a_{ij}[k] - a_{ij}[k-1]| < \delta$, для всіх i, j .

Було виконано розрахунки за експериментальними даними, отриманими для різних індивідуумів в умовах спокою та напруженості. Аналіз результатів виказав, що використання методу рекурсивних найменших квадратів дозволяє реагувати на дані від підсистеми моніторингу для діагностики стану в реальному часі, що необхідно для своєчасного виявлення перевантажень і запобігання екстремальних умов функціонування.

Література

1. Носенко Э.Л. Теоретико-психологические основы компьютерной диагностики эмоциональной устойчивости человека. / Э.Л. Носенко, И.Ф. Аршава – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 2006. – 236 с.
2. Киричков В.Н. Автоматика и управление в технических системах. В 11-ти кн. Кн.2. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами / В.Н. Киричков; под ред. А.А. Краснопрошиной. – К.: Выща шк. 1990. – 263 с.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464с.

References

1. E.L. Nosenko, I.F. Arshava, Theoretical and psychological foundations of computer diagnostics of human emotional stability. Dnepropetrovsk: Publishing House of the DSU, 2006, 236 p. (in Russian)
2. V. N. Kirichkov, Object identification process control systems. Kiev: Vyshcha shkola, 1990, 263p. (in Russian)
3. D.P. Kim, Automatic control. Theory Nonlinear and Multivariable System. Seol: Harnol, 2000, 558 p.