Применение нейронных сетей в системах управления с ограничениями

Токмаков Станислав Владимирович

Аспирант первого года обучения

Научный руководитель – профессор кафедры информационных технологий ФМИАТ УлГУ Седова Н.О.

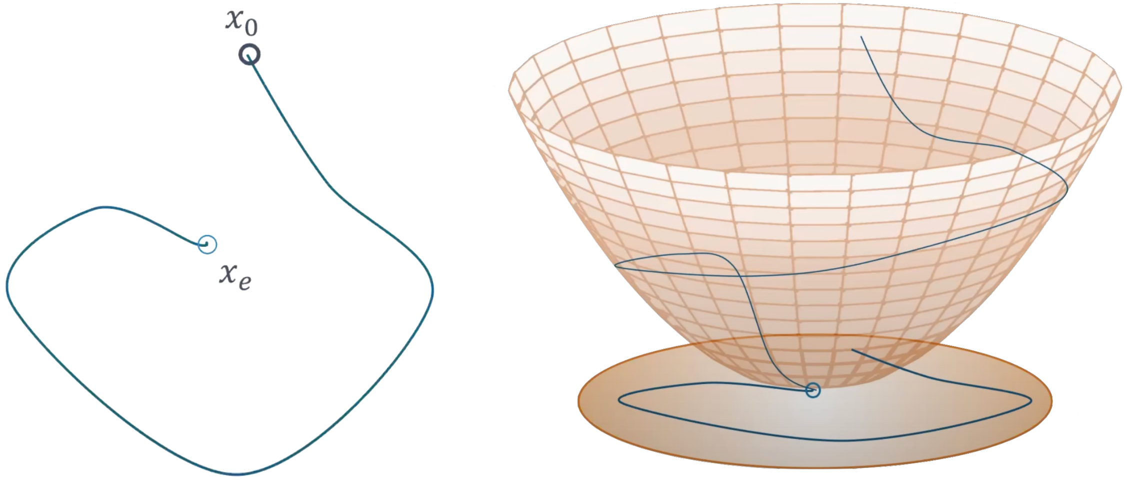
$$\dot{x} = f(x)$$

Функция Ляпунова

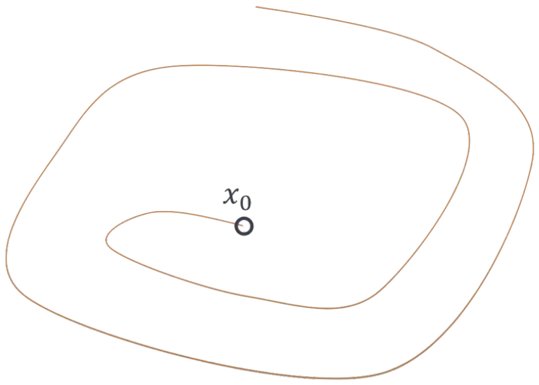
$V(x)$

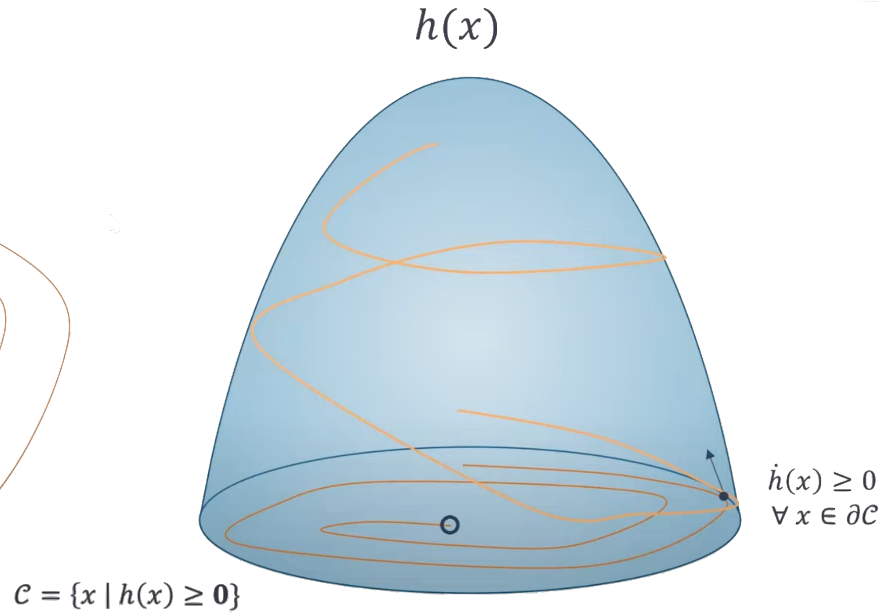
$V(x_e) = 0, V(x) > 0 \text{ for } x \neq x_e,$

$\dot{V}(x) = \frac{\partial V}{\partial x} f(x) < 0 \text{ for } x \neq x_e$



Барьерная функция





$$\dot{x} = f(x) + g(x)u \qquad (1)$$

$$\dot{x} = f(x) + g(x)k(x) \qquad (2)$$

$$\mathcal{C} \triangleq \{x \in \mathbb{R}^n \mid h(x) \geq 0\} \qquad (3)$$

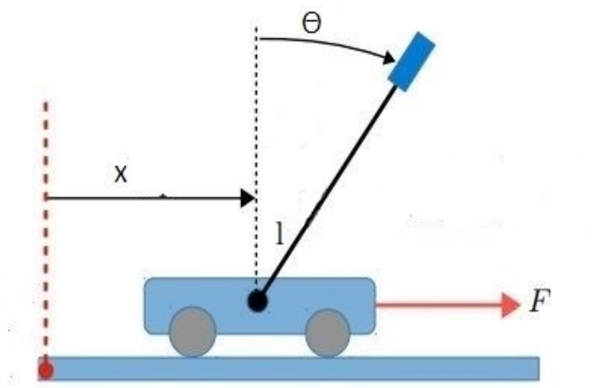
$$\mathrm{Int}(\mathcal{C}) \triangleq \{x \in \mathbb{R}^n \mid h(x) > 0\} \qquad (4)$$

$$\partial\mathcal{C} \triangleq \{x \in \mathbb{R}^n \mid h(x) = 0\} \qquad (5)$$

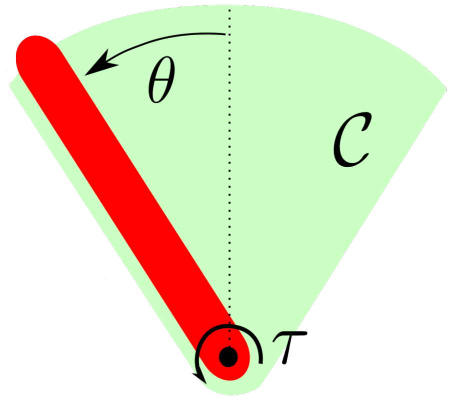
Барьерная функция:

$$\sup_{u \in \mathbb{R}^m} \frac{\partial h}{\partial x}(x) f(x) + \frac{\partial h}{\partial x}(x) g(x) u \geq \alpha(h(x)) \qquad (6)$$

Уравнения движения системы «перевернутый маятник на подвижном основании»



$$
\begin{gathered}
ml\ddot{x}\cos\theta + ml^2\ddot{\theta} - mgl\sin\theta = 0, \\
(m+M)\ddot{x} + ml\ddot{\theta}\cos\theta - ml\dot{\theta}^2\sin\theta = \tau
\end{gathered}
\qquad (7)
$$



Использование барьерной управляющей функции позволяет сформулировать задачу для нейронной сети. Результатом является управление, «корректирующее» исходное, так что дополнительно к свойству устойчивости замкнутой системы гарантируется требование безопасности для управляемой системы.

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ sin\theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \tau \end{bmatrix} \qquad (8)$$

$$h(x) = c - x^{\mathrm{T}}Px, \mathcal{C} = \{\{x \in \mathbb{R}^n \mid h(x) \geq 0\} \qquad (9)$$