

Approximation schemes for differential functional equations and algorithms their applications

I.M.Cherevko, S.A.Ilika, A.S. Pertsov, I.I. Tuzyk

In mathematical modeling of physical and technical processes, the evolution of which depends on prehistory, we arrive at differential equations with a delay. With the help of such equations it was possible to identify and describe new effects and phenomena in physics, biology, technology [1,2].

An important task for differential-functional equations is to construct and substantiate finding approximate solutions, since there are currently no universal methods for finding their precise solutions. Of particular interest are studies that allow the use of methods of the theory of ordinary differential equations for the analysis of delay differential equations.

Schemes for approximating differential-difference equations by special schemes of ordinary differential equations are proposed in the works [3,4]. Подальше вивчення схем апроксимації диференціально-різницевих рівнянь в просторах неперервних функцій на скінченному інтервалі здійснено у праці І. М. Черевка та Л. А. Піддубної [5]. Аналіз точності апроксимації векторного елемента запізнення для різних вхідних функцій та узагальнення схем апроксимації для систем диференціально-різницевих рівнянь запізнюючого і нейтрального типів розглянуто в роботах І. М. Черевка та О. В. Матвія [6,7]. Побудова та обґрунтування схем апроксимації лінійних та квазілінійних диференціально-функціональних рівнянь послідовністю систем звичайних диференціальних рівнянь досліджено в роботах І.М. Черевка та С.А. Іліки [8,9].

Вивчення зв'язків між диференціально-різницеvими рівняннями і відповідними апроксимуючими системами звичайних диференціальних рівнянь дозволили запропонувати алгоритми розв'язання ряду прикладних задач. У роботах [5,7] запропоновано схеми апроксимації неасимптотичних коренів квазіполіномів лінійних диференціально-різницеvих рівнянь, а методика дослідження стійкості розв'язків таких рівнянь наведена в роботах [8,10]. Конструктивні алгоритми побудови областей стійкості лінійних систем із багатьма запізненнями одержані в [11].

Using the approximate finding algorithms for non-asymptotic roots of quasi-polynomials, a way for constructing the coefficient areas of stability for linear differential equations with delay and finding the set of delay values for which the equation is asymptotically stable is suggested. Performed numerical experiments for model test examples confirm the effectiveness of proposed schemes for modeling the linear differential equations with delay.

- [1] Corduneanu C., Li Y., Mahdavi M. *Functional Differential Equations: Advances and Applications*. – John Wiley & Sons, 2016. – 368 p.
- [2] Schiesser W.E. *Time Delay ODE/PDE Models. Applications in Biomedical Science and Engineering*. – Boca Rona, 2019. – 250 p.
- [3] Repin Y.M. About approximation replacement system with delay by ordinary differential equations // *APM*.- 1965.-29, № 2.- P. 226-245.
- [4] Halanay A. Approximations of delays by ordinary differential equations. *Recent advances in differential equations / A. Halanay*. – New York : Academic Press, 1981. – P. 155–197.
- [5] Cherevko I., Piddubna L. Approximations of differential difference equations and calculation of nonasymptotic roots of quasipolynomials// *Revue D'Analyse numerique et de theorie de l'approximations*.- 1999.-28, №1 -P. 15-21.
- [6] Matviy O.V., Cherevko I.M. About approximation of system with delay and them stability// *Nonlinear oscilations*.- 2004.-7, №2.-P. 208-216.
- [7] Matviy O.V., Cherevko I.M. On the approximation of systems of differential-difference equations of neutral type to systems of ordinary differential equations // *Nonlinear oscillations*. — 2007. — 10, №3. — P 329-335.
- [8] Ilika S.A., Matviy O.V., Piddubna L.A., Cherevko I.M. Approximation of differential-functional equations and their application // *Bukovinian Mathematical Journal*. – 2014.-- 2, № 2-3. - P. 92-96.
- [9] Cherevko I., Ilika S. Approximation nonlinear differential-functional equations // *Math. methods and fiz. meh. field*. - 2012. - 55, № 1.
- [10] Ilika S.A., Tuzyk I.I., Cherevko I.M. Approximation of nonasymptotic roots of quasipolynomials of differential-difference equations of neutral type // *Bukovynian Mathematical Journal*. – T. 8, № 1. – Chernivtsi: Chernivtsi National University, 2020. – P. 110–117.
- [11] Cherevko I., Tuzyk I., Ilika S., Pertsov A. Approximation of Systems with Delay and Algorithms for Modeling Their Stability. 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies ACIT'2021, Deggendorf, Germany, 15-17 September 2021. P. 49-52.