

Математическая модель тренажера «конь – наездник» и ее программная реализация в системе компьютерной математики Wolfram Mathematica

В.К. Бадяева¹, И.Е. Каспирович¹, Р.Г. Мухарлямов¹

*¹Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Россия
robgar@mail.ru*

Аннотация. Тренажеры для верховой езды помогают проводить тренировки всадников независимо от внешних условий, погоды, усталости лошади, удаленности конюшни и других факторов. Всадники могут отрабатывать сложные движения, не опасаясь травм, связанных с возможными случаями непредсказуемого поведения лошади. Подобным тренажерам требуется программное обеспечение для выбора режимов воздействия на человека при его тренировках, чтобы имитировать все варианты поведения лошади и при этом не травмировать спортсмена. Для этого нужна модель спортсмена-наездника, учитывающая его уровень подготовки и движение лошади. В статье предложена модель совокупности «человек – тренажер», отличающаяся тем, что позволяет выработать режимы работы с учетом взаимодействия тренажера и спортсмена. Механическая модель представляет собой экзоскелет с подвижным полюсом, состоящий из четырех звеньев, к которому крепятся стопы, голени, бедра и корпус спортсмена. Полюс соответствует центру масс лошади, с которой наездник взаимодействует путем опоры на стремяна. Движение полюса реализуется посредством телескопического звена, закрепленного на неподвижном основании. Шарниры, обеспечивающие относительные повороты звеньев, являются цилиндрическими с пренебрежимо малым трением. Модель реализована в виде программы в пакете Wolfram Mathematica 11.3. Она предназначена для моделирования динамики тренажера системы «конь – наездник». Программа состоит из нескольких блоков: блок выбора структуры математической модели тренажера, обобщенных координат и автоматизированного составления системы дифференциальных уравнений; блок задания программного движения модели и вычисления управляющих моментов в шарнирах; блок численного решения задачи Коши; блок анимационной визуализации движения модели и экспорта полученных графических результатов численных расчетов. Результаты работы программы позволяют провести анализ динамики математической модели системы на основе решения прямой и обратной задач динамики и могут быть рекомендованы для проектирования тренажеров с программируемым режимом работы. Показано, что использование данной программы ускоряет разработку тренажеров.

Ключевые слова: программа, пакет Wolfram Mathematica 11.3, математическая модель, система «наездник на лошади», тренажер, уравнения Лагранжа второго рода, шарниры, управляющие моменты, численные методы

Для цитирования: Бадяева В.К., Каспирович И.Е., Мухарлямов Р.Г. Математическая модель тренажера «конь – наездник» и ее программная реализация в системе компьютерной математики Wolfram Mathematica // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 1. С. 38–56. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-38-56

Mathematical model of a horse rider simulator and its program implementation in the “Wolfram Mathematica” computer mathematics system

V. Badyaeva¹, I. Kaspirovich¹, R. Mukharlyamov^{*}

¹Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
^{*}robgar@mail.ru

Abstract. Riding simulation machines allow training horse-back riders regardless of environmental and weather conditions, horse fatigue, stable remoteness and other factors. Riders can practice complex movements without fear of potential injury related to sometimes unpredictable behavior of the horse. This type of training machines requires special software for selecting the relevant action mode for the person during the rider's practice. Thus, the selected behavior of the horse can be simulated and the injuries of horse-back rider can be avoided. For this purpose, the model of horse-back rider, taking into account its training level and the horse motion, is required. The model of “person – simulation machine” combination is proposed in the article. The proposed model allows developing operating modes taking into account the sportsman-training machine interaction. The mechanical model is an exosuit with a mobile pole, consisting of four links, the rider's feet, shins, hips, and the corps are attached to. The pole corresponds to the mass center of the horse, the rider interacts with by standing on the stirrups. The pole motion is implemented by a telescopic link attached to immobile base. The relative rotations of the links are implemented by cylindrical hinges with negligible friction. The proposed model has been implemented as software in the “Wolfram Mathematica 11.3” environment. It has been designed for training machine dynamics simulation of the “horse – rider” system. The software includes several modules: 1) the module for specifying the structure of training machine mathematical model, generalized coordinates, and for auto-compilation of the corresponding system of differential equations; 2) the module for specifying the programmed model motion and calculation of the required control torques in the hinges; 3) the module for the Cauchy problem numerical solution; 4) the module for the animated visualizing of the model motion, and for exporting the obtained graphic results and numerical calculations. The developed software allows conducting dynamics analysis of mathematical model for the considered system based on the solution of both direct and inverse dynamics problems. Also it can be suggested for designing training machines with programmed operation mode. It has been shown that application of this software accelerates the development of training machines.

Keywords: program, universal system of computer mathematics “Wolfram Mathematica 11.3”, mathematical model, horse rider system, simulator, Lagrange equations of the second kind, hinges, control moments, numerical methods

For citation: Badyaeva V., Kaspirovich I., Mukharlyamov R. Mathematical model of a horse rider simulator and its software implementation in the “Wolfram Mathematica” computer mathematics system. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.1, pp.38-56 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-38-56