

УДК 681.515

Шульгин С.К., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Луганский государственный университет имени Владимира Даля,

Синепольский Д.О., старший преподаватель, ФГБОУ ВО Луганский государственный университет имени Владимира Даля.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТИ КОХОНЕНА К ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ МАНИПУЛЯТОРА

Аннотация: Рассматривается вопрос применения технологий искусственных нейронных сетей в задачах компьютерного моделирования объектов робототехники на примере построения и кластеризации рабочей зоны совместно работающих манипуляторов. Определена структура и выполнено обучение без учителя сети Кохонена. Проведен сравнительный анализ с результатами, полученными путем решения прямой задачи кинематики.

Ключевые слова: роботизированный комплекс, рабочая зона, прямая задача кинематики, сети Кохонена.

Введение. Большинство задач, связанных с описанием робототехнических систем, с математической точки зрения были решены во второй половине XX века, и на сегодня представляют собой классику робототехники [1, 2]. При этом практическое применение этих результатов сталкивается с определенными трудностями, как ввиду сложности получения аналитических решений, так и при численном решении на ЭВМ, когда сходимость сильно зависит от выбора начальных условий. Активно развивающиеся в настоящее время такие направления науки как нечеткая логика и искусственные нейронные сети позволяют по-новому подойти к задачам робототехники, при этом возникает вопрос об адекватности получаемых решений и общей эффективности в сравнении с классическим подходом.

Цель данной работы заключается в исследовании возможности использования обученной нейронной сети Кохонена в задаче моделирования рабочей зоны, образованной в результате функционирования двух антропоморфных манипуляторов, находящихся в

общем рабочем пространстве, путём кластеризации точек, относящихся к рабочим зонам манипуляторов.

Предмет исследования – использование технологий искусственных нейронных сетей в задачах компьютерного моделирования объектов робототехники.

Объект исследования – процесс моделирования рабочей зоны манипулятора с использованием искусственной нейронной сети.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующий ряд задач:

1. Построить математическую модель каждого из рассматриваемых манипуляторов, принимая во внимание количество и класс образующих их кинематических пар.

2. Используя полученные математические модели, построить рабочую зону каждого из рассматриваемых манипуляторов.

3. В общем рабочем пространстве установить границы рабочих зон функционирования каждого из рассматриваемых манипуляторов и границы рабочей зоны их совместного функционирования.

4. Определить число нейронов в сети Кохонена, достаточных для определения кластеров в соответствии с границами рабочих зон манипуляторов.

5. Сформировать обучающую выборку на основе точек, относящихся к каждой из рассматриваемых рабочих зон манипуляторов внутри общего рабочего пространства функционирования манипуляторов.

6. Используя полученную выборку обучить нейронную сеть Кохонена задаче классификации рассматриваемых рабочих зон манипуляторов.

7. Сравнить границы рабочих зон манипуляторов в общем рабочем пространстве, полученных путем решения прямой задачи кинематики для каждого из рассматриваемых манипуляторов с границами областей кластеров, полученных в результате функционирования обученной

нейронной сети Кохонена на основе обучающей выборки точек, принадлежащих рассматриваемым рабочим зонам манипуляторов.

Каждый из рассматриваемых манипуляторов представляет собой исполнительную кинематическую цепь, состоящую из последовательно соединённых сферических кинематических пар третьего класса.

Математическая модель манипулятора, описываемого такого вида кинематической схемой представляет собой аналитическое описание взаимосвязи между координатами объекта манипулирования и вектором обобщённых координат, представляющим собой углы θ , ψ и φ поворота каждой из рассматриваемых сферических кинематических пар третьего класса вокруг соответствующих осей локальных систем координат с началом в центре каждой кинематической пары. В основе такого аналитического описания лежит описание взаимосвязи углов Эйлера и положения координат точек каждого из рассматриваемых сферических кинематических пар, образующих данную исполнительную кинематическую цепь (рис. 1).

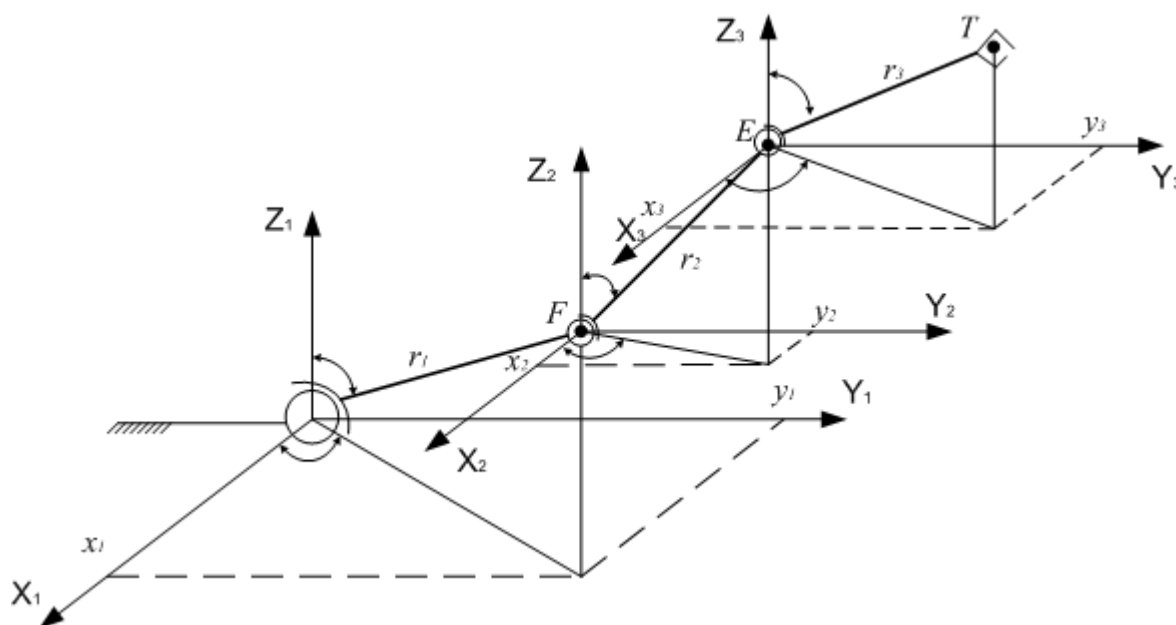


Рис. 1. Системы координат сферических кинематических пар ИКЦ

Решением прямой задачи кинематики для выбранных диапазонов изменения обобщённых координат является набор точек, характеризующих

координаты объекта манипулирования для текущей конфигурации исполнительской кинематической цепи и образующих рабочую зону рассматриваемого манипулятора (рис. 2).

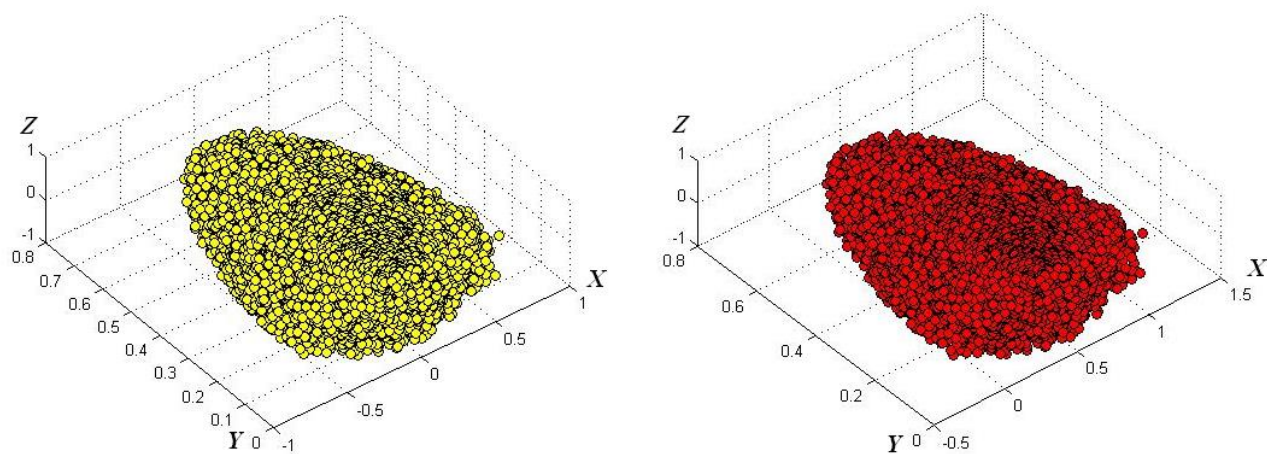


Рис. 2. Рабочие зоны манипуляторов

В рассматриваемом рабочем пространстве исполнительные кинематические цепи манипуляторов располагаются на расстоянии $S = 48$ см друг от друга. Таким образом, рабочая зона приведенного роботизированного комплекса имеет вид (рис. 3а)

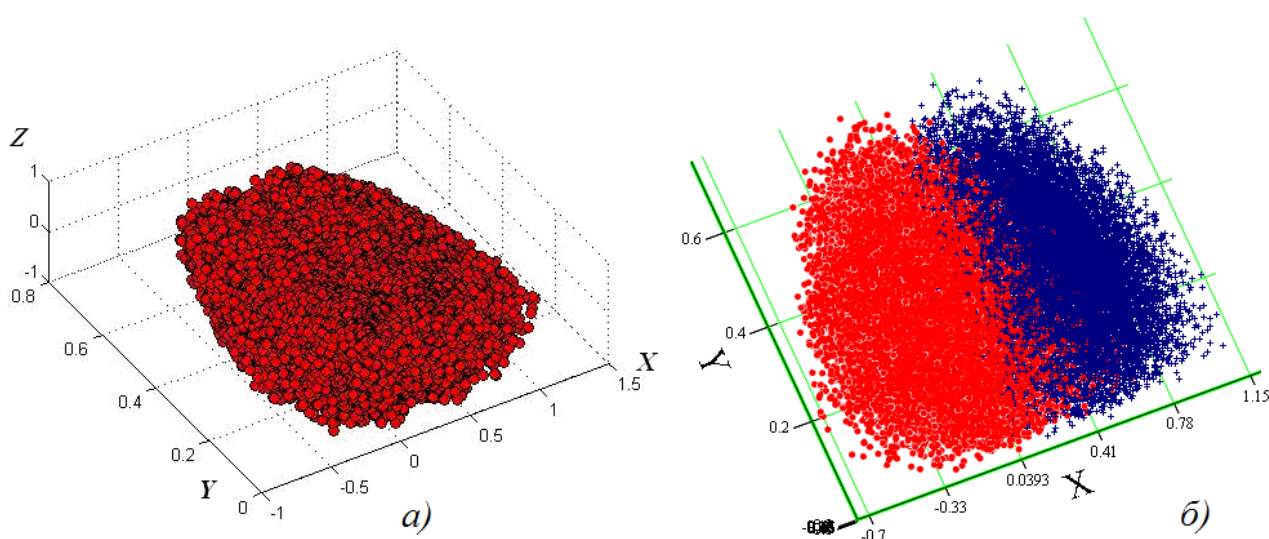


Рис. 3. Рабочая зона роботизированного комплекса

Для решения поставленной задачи моделирования рабочей зоны манипулятора с использованием технологий искусственных нейронных сетей необходимо визуально определить границы областей классификации рассматриваемой рабочей зоны роботизированного комплекса.

Так, из приведенного рисунка (рис. 3б) видно, что для точек $x \in [-0.701; -0.0841]$, область классификации представляет собой рабочую зону функционирования левого манипулятора роботизированного комплекса, для точек $x \in [0.41; 1.1.09]$ область классификации представляет собой рабочую зону функционирования правого манипулятора, для точек $x \in [-0.0841; 0.41]$ область классификации представляет собой рабочую зону совместного функционирования обоих манипуляторов роботизированного комплекса

При использовании нейронной сети Кохонена [3] для решения задачи моделирования рассматриваемой рабочей зоны роботизированного комплекса необходимо обучить указанную сеть задаче классификации трёх отдельных групп точек, относящихся соответственно к области правого манипулятора, левого манипулятора и совместной области функционирования обоих манипуляторов. В этом случае, нейронная сеть Кохонена будет иметь вид:

$$j_{\max} = \arg \max_{j=1}^3 \left\{ \omega_{j0} + \sum_{i=1}^2 \omega_{ji} x_i \right\}$$

Объём обучающей выборки составил 100000 точек и представляет собой набор точек рассматриваемой рабочей зоны, координата x которых соответствует одной из трёх областей функционирования роботизированного комплекса. Обучение сети Кохонена проводилось без учителя [4] и составило 20 итераций.

В результате, исследуемая сеть Кохонена была обучена классифицировать рассматриваемые точки обучающей выборки по трём классам в зависимости от принадлежности к диапазону изменения координаты x рассматриваемой точки рабочей зоны роботизированного

комплекса. На основе полученной классификации была построена аналогичная рабочая зона рассматриваемого роботизированного комплекса, соответственно состоящая из областей функционирования правого манипулятора, левого манипулятора и области функционирования обоих манипуляторов (рис. 4). По результатам обучения нейронной сети для точек $x \in [-0.7; -0.0033]$ нейронная сеть определила рассматриваемую область, как рабочую зону функционирования левого манипулятора роботизированного комплекса, для точек $x \in [0.3540; 1.108]$ нейронная сеть определила рассматриваемую область, как рабочую зону функционирования правого манипулятора, для точек $x \in [-0.0033; 0.3540]$ нейронная сеть определила рассматриваемую область, как рабочую зону совместного функционирования обоих манипуляторов роботизированного комплекса.

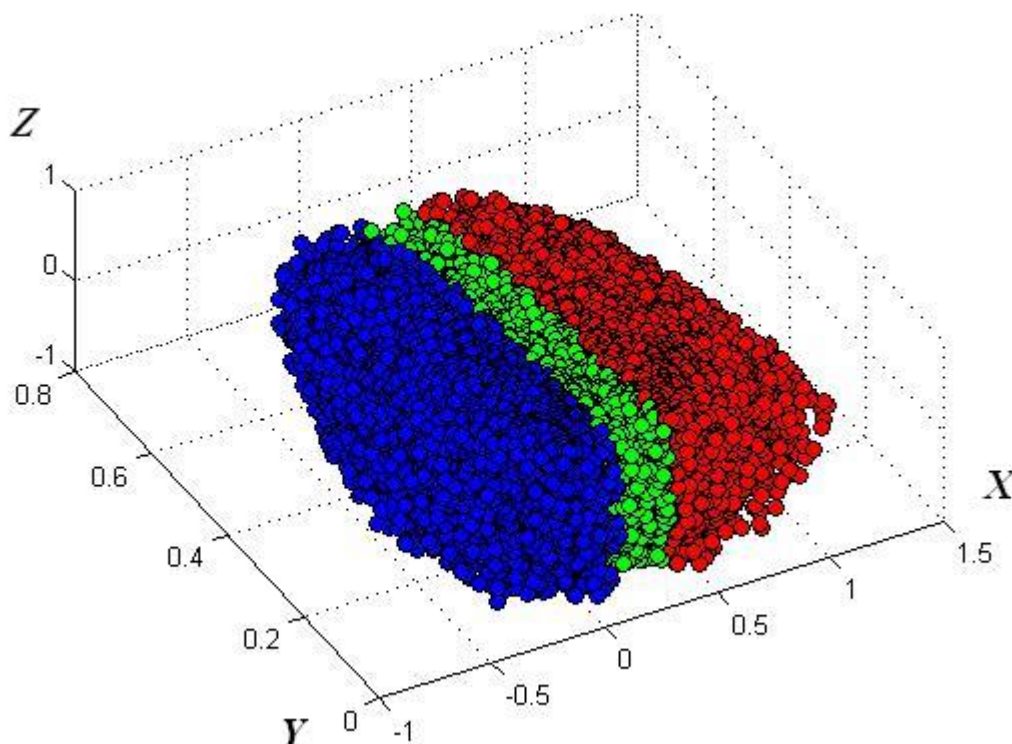


Рис. 4. Классификация точек сетью Кохонена

Результат сравнения рабочих зон рассматриваемого роботизированного комплекса, полученных путем решения прямой задачи

кинематики и в результате функционирования обученной нейронной сети Кохонена показал, что границы рабочих зон, полученных с помощью нейронной сети Кохонена лежат в пределах границ рабочих зон роботизированного комплекса, полученных в результате решения прямой задачи кинематики.

Выводы. Обученная нейронная сеть Кохонена характеризуется адекватностью функционирования в задаче моделирования рабочей зоны рассматриваемого роботизированного комплекса.

Список использованных источников

1. Шахинпур М. Курс робототехники. – М.: Мир, 1990. – 527 с.
2. Фу К., Гонсалес Р., Ли К.; Перевод с англ. А. А. Сорокина и др. под ред. В. Г. Градецкого. – М.: Мир, 1989. – 620 с.
3. Kohonen, T. Self-Organizing Maps, Berlin — New York: Springer-Verlag, 2001.
4. Уоссермен, Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика = Neural Computing. Theory and Practice. — М.: Мир, 1992. — 240 с.

Shulgin S.K., candidate of technical Sciences, assistant professor, Lugansk State University named after Vladimir Dal,

Sinepolsky D.O., senior Lecturer, Lugansk State University named after Vladimir Dal.

KOHONEN NETWORK APPLICATION TO THE PROBLEM OF A MANIPULATOR WORKING AREA MODELING

Abstract: The issue of using artificial neural network technologies in problems of computer modeling of robotics objects is considered using the example of constructing and clustering the working area of jointly working manipulators. Kohonen network structure is determined and training without a teacher is performed. A comparative analysis is carried out with the results obtained by solving the direct kinematics problem..

Key words: robotic complex, work area, direct kinematics problem, Kohonen networks.