Volume-10| Issue-12| 2022 Research Article

ПРИМЕНЕНИЕ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУА ЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЙ

https://doi.org/10.5281/zenodo.7487579

Маматкарим Сапаев
доцент
Ташкентский университет информационных технологий, mamatkarim@mail.ru

Abstract:. В статье показана возможность исследования систем управления технологическими процессами и динамическими объектами в условиях неопределенности на основе применения квантовых нечетких моделей на основе единого математического аппарата и создания алгоритма моделирования на основе этих моделей.

Keywords:... Квантовые вычисления, нечеткие модели. технологический процесс, модели управления, алгоритм моделирования, интеллектуальные системы.

Received: 22-12-2022
Accepted: 22-12-2022
Published: 22-12-2022

About: FARS Publishers has been established with the aim of spreading quality scientific information to the research community throughout the universe. Open Access process eliminates the barriers associated with the older publication models, thus matching up with the rapidity of the twenty-first century.

Введение. При создании интеллектуальных систем управления сложность структуры системы, многообразие устройств, неопределенность требований, изменчивость внешних условий и другие факторы создают определенные проблемы и вызывают трудности при решении вопроса проектирования. Поэтому выбор структуры сетевой функции, используемой при синтезе систем на основе теории квантовых вычислений,, играет важную роль в поиске оптимальных значений ее весов. Первым и наиболее важным этапом построения квантовой вычислительной модели сложных динамических объектов является определение основных факторов, влияющих на этот процесс, а также векторных координат модели с учетом конкретной функциональной и организационной структуры системы.

Основная часть. Пусть уравнение динамики исследуемого объекта имеет следующий вид:

$$\dot{X} = F(X,U,W),\ X(t) = X^0,\ Y = \Psi(X,U,W),$$

где: $X = \{x_1, x_2, ..., x_n, y\}^0$ - обобщенный вектор фазовых координат; $N = \sum_{i=1}^{n} n_i + n_0$ - размерные выходные переменные.

$U = \{u_1, u_2, ..., u_n\}$ ва $W = \{w_1, w_2, ..., w_n\}$ - обобщенные векторы управления и возмущения; $Y = \{y_1, y_2, ..., y_n\}$ - вектор. выходных координат.

Сигмоидальная функция принадлежности, полученная как функция принадлежности, имеет следующий вид:

$$f_{z_3}(x,a,b)=\frac{1}{1+e^{a(x-b)}};\ a=\frac{2\ln\frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_2-x_1};\ b=\frac{x_1+x_2}{2}.$$

$$\begin{cases}\frac{1}{1+e^{-a(x_1-b)}}=\Delta,\\ \frac{1}{1+e^{-a(x_2-b)}}=\Delta.\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}a=\frac{2\ln\frac{\Delta}{1-\Delta}}{x_2-x_1},\\ b=\frac{x_1+x_2}{2}.\end{cases}$$

где a,b- параметры сигмоидальной функции.

На основании этих соотношений после определения параметров функции релевантности для каждого слоя нейронной сети выполняется операция дефаззификации, и управляющий сигнал находится следующим образом:

$$U=\frac{az_1+bz_2}{a+b},$$

где $z_{i+1}=z_i+v(y-y_{бер})$ - рассчитывается на каждом этапе обучения; v - скорость обучения.

Необходимо увеличить количество скрытых слоев и количество нейронов в них, чтобы обеспечить пригодность выбранной нейронной сети к реальному процессу и повысить ее точность. Но это, в свою очередь, приводит к увеличению времени расчета параметров нейросети, то есть снижает скорость работы модели. Поэтому для обеспечения оптимального соотношения между точностью нейросетевой модели и скоростью расчета ее параметров использовались методы квантовых вычислений.

Использование данного подхода позволяет эффективно управлять сложными объектами, прежде всего, при наличии неопределенностей в моделях, при неопределенности моделей и процессов выбора управленческих решений.

Формирование технологических процессов предлагаемым методом позволяет выражать, исследовать и создать алгоритм моделирования на основе этих моделей на базе единого математического аппарата.

Алгоритм моделирования систем управления можно выразить следующим образом:

$$M=\prec I,P,\Phi,X,Y,\Omega\succ,$$

где: I – идентификатор модели; $P=P(x_1,x_2,...,x_n)$ –одноместный логический предикат, определенный на множестве X ;$\Phi: X\rightarrow Y(XUY=Z)$ – изображение, представляющее набор нескольких свойств моделируемого алгоритма; $X=\{x_1,x_2,...,x_n\}$ - входные переменные расчетной модели; $Y=\{y_1,y_2,...,y_n\}$ - выходные переменные расчетной модели; $Z=\{z_1,z_2,...,z_n\}$ - множество переменных; Ω -область применения значений X и Y, т.е. область применения модели задается полем пары $\Omega = \{X, Y\}$. Тогда исходные компоненты модели представляются элементарными компонентами модели следующим образом:

$$M = \{m_i\}, \Phi = \{f_i\}, i \in [1, N_m],$$

$$(\forall_x) P(X) \leftrightarrow \lfloor P_1(X_1) \wedge P_2(X_2) \wedge \ldots \wedge P_{N_m}(X_{N_m}) \rfloor,$$

$$X = \bigcup_{i=1}^{N_m} X_i,\ Y = \left(\bigcup_{i=1}^{N_m} Y_i\right) \Big/ X,\ Y = \left(\bigcup_{i=1}^{N_m} Y_i\right) \Big/ X\ Z = \bigcup_{i=1}^{N_m} Z_i,$$

$$\Omega = P_Z Z_i(\Omega), i = 1, 2, \ldots, N_m,$$

где: $P_Z Z_i(\Omega)$ - проекция множества Ω на гиперповерхность, составляющий вектор которого равен Z_i.

Представление расчетных моделей в таком виде позволяет обобщить этапы формирования алгоритмов моделирования и представить в едином виде разные типы задач, решаемых на основе этих моделей. На основе такого подхода возможно построение модели управления даже при наличии нестационарных состояний параметров технологического объекта и факторов, воздействующих на объект, с характеристиками изменения во времени.

Дополнительная сложность в решении существующей задачи и некоторых управленческих решений возникает из-за неопределенности выходной информации. Для решения указанных задач необходимы современные виды анализа сложных процессов с использованием интеллектуальных технологий. При этом одним из важнейших этапов является формирование исследуемого технологического процесса. С учетом этого динамику технологического процесса можно выразить в виде теоретической совокупности следующим образом:

$$ТЖ = (M^{ТУ}, R^M, S),$$

где: $M^{ТУ} = \{M_1^{ТУ}, M_2^{ТУ}, \ldots, M_n^{ту}\}$ - набор моделей технологического оборудования и агрегатов; R^M - набор отношений между объектами; S - коллекция экземпляров объектов.

Работа любого технологического процесса в интервале времени $[t_0, t_k]$ можно рассматривать как последовательность смены состояний $S_t \in S = \{S_1, S_2, \ldots, S_n\}$. За каждое значение $t^* \in [t_0, t_k]$ состояния технологического процесса с текущего времени описывается как набор состояний параметров объекта $Y_{t^*} = \langle Y_i^{ТЖ}, Y_j^{ТУ} Y_1^{БС} \rangle$; переменные, характеризующие состояние технологического процесса $Y_i^{ТЖ}, i = \overline{1, I}$ - переменные, характеризующие состояние технологического процесса; $Y_j^{ТУ}, i = \overline{1, J}$ - переменные, характеризующие состояние оборудования; $Y_1^{БС}, i = \overline{1, L}$ - переменные, отражающие состояние системы управления. В зависимости от параметров

$\{Y_i^{ТЖ}, Y_j^{ТУ} Y_1^{БС}\}$, могут быть наложены ограничения на нормальное протекание технологического процесса $\Psi\{\overline{Y^{ТЖ}}, \overline{Y^{ТУ}}, \overline{Y^{БС}}\} \leq 0$.

При разработке систем управления технологическими процессами особое внимание уделяется созданию высокоэффективных методов обработки информации и управляющих воздействий. Для преодоления такой проблемы необходимо разработать квантовую нечеткую модель управления процессами, позволяющую учитывать влияние возмущений , а также изменение характеристик внешней среды и работу систем, функционирующих в условиях сложной неопределенности. В этом случае динамику системы управления технологическим процессом можно записать в виде уравнений состояния следующим образом:

$$x_{k+1} = F(x_k, u_k), k = \overline{0, N}; \quad x_k \in X, u_k \in U,$$

где X –пространство состояний, U – возможное множество управления, F – переходная функция , обычно она нелинейная

$$F : X \times U \to X.$$

Переходная функция динамической системы с различными формами неопределенности имеет вид квантово-нечеткого соотношения:

$$F : X \times U \times X \to [0,1].$$

В этом случае не полностью определенные коэффициенты и все величины, влияющие на процесс, представляются функцией релевантности $\mu(x_{k+1}/x_k, u_k)$.

В общем случае алгоритм построения квантовой нечеткой сети выглядит следующим образом:

1. Размытое пересечение Q_1 нечетких отношений $P_1,\ldots,P_к$ можно найти по формуле: $Q_1 = R_1 \cap R_2 \cap \ldots \cap R_k$.

2. По следующему алгоритму определяется множество недоминируемых альтернатив для Q_1 : определяется: обратная матрица Q_1^{-1} , $\mu_{Q_1^{-1}}(x, y) = \mu_{Q_1}(x, y)$.

Из каждого элемента матрицы Q_1^{-1} удаляется соответствующий элемент матрицы Ķ1. Кроме этого, если результат отрицательный, он заменяется нулем: $\mu_{Q_1^0}(x, y) = \max(0, \mu_{Q_1^{-1}}(x, y) - \mu_{Q_1}(x, y))$.

В каждой строке матрицы Q_1^0 выбирается максимальное значение $r(x_i), i = 1,2,\ldots,n$, полученные значения вычитаются из единицы. В результате получаются - степени релевантности недоминирующих альтернатив $\mu_{Q_1^{НД}}(x_i)$:

$$\mu_{Q_1^{НД}}(x_i) = 1 - r(x_i), i = 1,2,\ldots,n.$$

Таким образом, множество недоминирующих альтернатив проявляется как соответствие элементов $x_1, x_2, \ldots, x_n$, каждый со своей степенью релевантности $\mu_{Q_1^{НД}}(x_i)$. Это множество будет выглядеть так:

$\mu_i(x_i) = \{\mu_1(x_1)/x_1, \mu_2(x_2)/x_2, \dots, \mu_n(x_n)/x_n\}$.

3. Таким образом находится не основное $P^{НД}$ для множества P.

Результирующая функция принадлежности $\mu_{R^{НД}}(g_1), \mu_{R^{НД}}(g_2), \dots, \mu_{R^{НД}}(g_k)$ поочередно обозначается как $l_1, l_2, \dots, l_k$ а весовые коэффициенты для каждого символа следующие:

$$t_i = \frac{l_i}{\sum_{j=1}^{k} l_j}, i = 1,2,\dots,k.$$

4. Элементы матрицы Q_2 вычисляются по следующей формуле:

$$\mu_{Q_1}(x, y) = \sum_{m=1}^{k} t_m \mu_{R_m}(x, y).$$

5. $Q_2^{НД}$ определяется по описанным выше алгоритмам:

$$\mu_{Q_2^{НД}}(x_i) = \{\mu_{Q_2^{НД}}(x_1)/x_1, \mu_{Q_2^{НД}}(x_2)/x_2, \dots, \mu_{Q_2^{НД}}(x_n)/x_n\}.$$

6. Создается перемножение $Q = Q_1^{НД} \cap Q_2^{НД}$:

$$Q = \left\{ \frac{\min\left(\mu_{Q_1^{НД}}(x_1); \mu_{Q_2^{НД}}(x_1)\right)}{x_1}, \dots, \frac{\min\left(\mu_{Q_1^{НД}}(x_n); \mu_{Q_2^{НД}}(x_n)\right)}{x_n} \right\} = \{\mu_Q(x_1)/x_1, \dots, \mu_Q(x_n)/x_n\}.$$

Рациональным является выбор альтернативы с максимальным значением степени принадлежности в Q.

Заключение. Выбор математических моделей технологического процесса или объекта можно рассматривать как неструктурированную задачу, и в этом случае очень удобно использовать теорию и методы прямых квантовых вычислений для выражения сформировавшихся связей между переменными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ульянов С.В., Мишин А.А., Миногин А.А. Информационная технология проектирования робастных баз знаний нечетких регуляторов. // Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – Дубна, 2010. – № 3.

2. Yakubova N.S. Method of hybrid control based of dynamic objects of neuro-fuzzy inference // Karakalpak Scientific Journal: pp8-18.2022.

3. Сысоев С.С. Введение в квантовые вычисления. Квантовые алгоритмы: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2019.

4. Usmanov K.I., Sidikov I.H., Yakubova N.S.,Raxmonov A.T. Adaptive identification of the neural system of controlling nonlinear dynamic objects // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology 2018. Vol. 5, Issue 2. – pp.5195-5199.

5. Gulyamov Sh.M. Intelligent control technology, the reliability of the measuring information // Chemical Technology, Control and Management. No.3. – 2018. – pp.128-13.

6. H.Buhrman and R. de Wolf. Complexity Measures and Decision Tree Complexity: A Survey. Theoretical Computer Science, v. 288(1): 21-43 (2002).

7. Hanaa T. El-Madany, Faten H. Fahmy, Ninet M. A. El-Rahman, and Hassen T. Dorrah. Spacecraft Neural Network Control System Design using FPGA // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2011. –pp.229-235.

8. Yue Fu, Tianyou Chai. Nonlinear adaptive decoupling control based on neural networks and multiple models // International Journal of Innovative Computing, Information and Control.– 2012. – pp.1867-1878.

9. Yusupbekov N., Adilov F., Ergashev F/ Development and improvement of systems of automation and management of technological processes and manufactures // Journal of Automation, Mobile Robotics and Intelligent Sustems 11(3). DOI:10.14313/JAMRIS 3. – 2017/28. –pp.53-57.

10. Zadeh L.A. Linear system theory: the state space approach. Courier Dover Publications. –2008. – pp.566.