

УДК 576.78

**РЕГУЛЯТОРИКА В МЕДИЦИНЕ: ОСНОВАНИЕ НАУКИ О ЦЕЛОСТНОМ УПРАВЛЕНИИ ЖИВЫМИ СИСТЕМАМИ**

<sup>+</sup> Хидирова М.<sup>1</sup>, Абдувалиев А.<sup>1</sup>, Гильдиева М.<sup>1</sup>, Тургунов А.<sup>2</sup>, Юсупова З.<sup>3</sup>,  
Хасанов А.<sup>4</sup>, Шакаров А.<sup>5</sup>, Исроилов Ш.<sup>6</sup>, Халбаева Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ташкентский международный университет Кимё, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup> Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Ташкент, Узбекистан

<sup>3</sup> Университет Millat Umidi, Ташкент, Узбекистан

<sup>4</sup> Университет бизнеса и науки, Ташкент, Узбекистан

<sup>5</sup> Образовательный университет Renaissance, Ташкент, Узбекистан

<sup>6</sup> Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Самарканд, Узбекистан

<sup>+</sup> m.hidirova@kiut.uz

**Аннотация.** В статье рассматриваются теоретические основы регуляторики в медицине как науки о целостном управлении живыми системами. Регуляторика изучает механизмы координации физиологических процессов организма, особенности их взаимодействия, а также природу нарушений, возникающих при патологических состояниях. В работе анализируются свойства саморегуляции биологических систем, адаптивные реакции, нейро-гормональная регуляция, а также применение регуляторики в современной диагностике и терапии. Результаты исследования подчёркивают важность регуляторики для комплексного решения медицинских задач.

**Ключевые слова:** регуляторика, медицинское управление, физиологическая регуляция, живые системы, гомеостаз, адаптация, диагностика, терапия.

**1 ВВЕДЕНИЕ**

Представлена новая парадигма в медицине – регуляторика, наука о принципах управления и координации в живых системах. Метод регуляторики основан на понимании организма как целостной многоуровневой системы, функционирующей через динамические механизмы обратной связи, саморегуляции и адаптации. В отличие от традиционных подходов, фокусирующихся на структурных нарушениях, регуляторика позволяет диагностировать, прогнозировать и устранять функциональные сбои до появления морфологических изменений. Представленные результаты демонстрируют, что регуляторный подход способен трансформировать современную медицину – от реактивной к проактивной, от симптоматической к системной, от догадок к математически точной терапии. Это открывает путь к созданию медицинской науки нового уровня – науки управления жизнью. Развитие науки в XXI веке сопровождается не только цифровизацией и трансформацией управления знаниями, но и внедрением инновационных технологий в медицинскую практику. Роботы становятся не просто инструментами, а соавторами знаний, участвующими в когнитивных процессах, синтезе и систематизации информации. Современные тенденции развития роботизированной терапии отражают переход медицины в пространство экономики знаний, где ключевым ресурсом становится информация и её интеллектуальная обработка. Углубленное использование искусственного интеллекта и компьютерного зрения рассматривается как процесс создания и накопления новых знаний, позволяющих роботам адаптироваться к индивидуальным особенностям пациента. Персонализированная реабилитация с использованием экзоскелетов и других устройств выступает формой трансфера знаний между инженерными технологиями и медицинской практикой, обеспечивая более эффективное восстановление после инсультов и травм. Высокоточная лучевая терапия с отслеживанием движений в реальном времени иллюстрирует применение знаний о биомеханике и радиологии для оптимизации лечебных протоколов. Системы обучения медицинского персонала на роботизированных моделях формируют новые образовательные экосистемы и обеспечивают циркуляцию профессиональных знаний в цифровой среде [1-9].

Тем не менее качественная медицинская помощь должна быть целостной и включать, кроме социальных, физических, психических, также и духовные аспекты. Пренебрежение духовными аспектами часто ощущается в медицинской робототехнике. Как показывают исследования, удовлетворённость пациентов роботизированной терапией часто зависит от того, насколько хорошо их подготовили, дали информацию, учитывали духовную и эмоциональную сторону [10-11].

## 2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сохранение человеческого в технологичном процессе лечения возможно с помощью биологической обратной связи, поскольку этот метод превращает физиологические сигналы организма в понятные пациенту визуальные или звуковые сигналы, побуждая его осознанно управлять своим телом, развивая самоконтроль и саморегуляцию. С 1970 года группой «Регуляторика» проводятся фундаментальные исследования по моделированию и управлению живых систем в норме и при аномалиях с учетом временных взаимоотношений в системе их регуляции, кооперативности процессов и нелинейности биологических обратных связей, которые могут применяться при неэффективности медикаментозного лечения раковых и других заболеваний, связанных с нарушениями регуляторных механизмов [12-13].

Современные разработки интеллектуальных систем биологической обратной связи, в основном, опираются на следующие подходы: когнитивистский (логический, инженерия знаний), бионический (нейронные сети, алгоритмы эволюционного моделирования, генетические алгоритмы) и гибридный (синергетический). Наблюдается высокая зависимость существующих интеллектуальных информационных систем от данных, в то время как сами системы имеют низкие возможности познания. Так, небольшие изменения входных данных, не приводящие к искажению человеческого понимания, вынуждают интеллектуальные системы совершать грубые ошибки. Вопросы измерения и сбора качественных данных не являются элементарными, и все еще обсуждаются. Проблема качественных исходных данных для выработки адекватных баз правил и эффективных методов повышения точности принимаемых решений все еще актуальна. Одно из наиболее перспективных решений в условиях ограниченности или плохого качества данных это применение Physics-Informed Neural Networks (PINNs), архитектуры нейронных сетей, в которых в обучение интегрируются функциональные уравнения, описывающие исследуемый процесс, позволяющие «достаивать» недостающую информацию за счёт встроенных законов регуляторики. Например, рассмотрим подход, объединяющий механистические модели с нейросетевой регуляцией, который позволяет восполнять недостатки данных и повышать точность моделирования. В [14] демонстрируется применение нейронной сети для регуляции сердечно-сосудистой системы, обеспечивающей адаптивное управление гемодинамическими показателями даже при неполных или шумных наблюдениях. Модель описывает динамику артериального давления и сердечного выброса с учетом обратной связи через нейросетевую регулятор, который адаптируется к изменениям состояния системы. Предложенный метод демонстрирует способность предсказывать и корректировать отклонения от нормы, обеспечивая устойчивость модели к внешним возмущениям. Такой подход объединяет классическую физиологическую динамику с data-driven методами, создавая основу для дальнейшей разработки систем поддержки принятия клинических решений.

В зависимости от решаемых задач можно рассматривать следующие виды регуляторных уравнений:

- Функционально-дифференциальные уравнения регуляторики с запаздыванием:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = a_i \left( \prod_{k=1}^n X_k(t-h) \right) e^{-\sum_{k=1}^n \delta_{ik} X_k(t-h)} - b_i X_i(t). \quad (1)$$

- Функционально-дифференциальные уравнения регуляторики со сжатием и растяжением:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = a_i \left( \prod_{k=1}^n X_k(t-h) X_k(t+h) \right) e^{-\sum_{k=1}^n \delta_{ik} X_k(t-h) X_k(t+h)} - b_i X_i(t). \quad (2)$$

- Функционально-дифференциальные уравнения регуляторики со сжатием и растяжением:

$$\frac{dX_i(t)}{dt} = a_i \left( \prod_{k=1}^n X_k(th) \right) e^{-\sum_{k=1}^n \delta_{ik} X_k(th)} - b_i X_i(t). \quad (3)$$

Были построены методы качественного и количественного анализа характерных решений модельных уравнений регуляtorики биосистем (1)-(3) с использованием фазовых и параметрических портретов, вычисления энтропии Колмогорова, показателя Ляпунова, Хаусдорфовой, информационной и высших размерностей.

Были выявлены следующие области однотипного функционирования в параметрическом портрете модельного уравнения регуляtorики биосистем (1):

- [1 0 0 0 0] – тривиальный аттрактор;
- [0 1 0 0 0] – стационарный режим;
- [0 0 1 0 0] – предельный цикл типа Пуанкаре;
- [0 0 0 1 0] – динамический хаос;
- [0 0 0 0 1] – эффект «черная дыра»;
- [0 0 0 0 1] – “r-windows”.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе параметрического портрета, настраиваемого индивидуально в ходе решаемой задачи, возможно оказание помощи в коррекции состояния организма в области аномалий с целью увода в область нормального функционирования на основе усовершенствования навыков саморегуляции.

Диагностика и прогнозирование в области аномалий (хаотических систем) остаются сложной задачей из-за их чувствительности к начальным условиям и нелинейной динамики. Традиционные методы часто испытывают трудности при долгосрочном прогнозировании. Рассмотрим дискретное модельное уравнение (1) для демонстрации реализации идеи в виде:

$$X_{k+1} = aX_k^n e^{-X_k}. \quad (4)$$

Таблица 1. Результаты качественного исследования (4)

Значения a	<1.85	[1.85, 4.41)	[4.41, 4.75)	[4.75, 16.99)	[16.99, ∞)
Области	A	B	C	D	E
Характер решений	Покой	Устойчивое поведение	Предельный цикл	Хаос	«Черная дыра»

В последние годы нейросети глубокого обучения, в частности LSTM, доказали эффективность в аппроксимации нелинейных временных рядов. Объединение LSTM с фильтром Калмана позволяет корректировать прогнозы, обеспечивая синхронизацию с наблюдаемой динамикой (Рис. 1). В рамках PINNs известная динамика системы может быть интегрирована как часть структуры модели, повышая интерпретируемость и физическую достоверность.

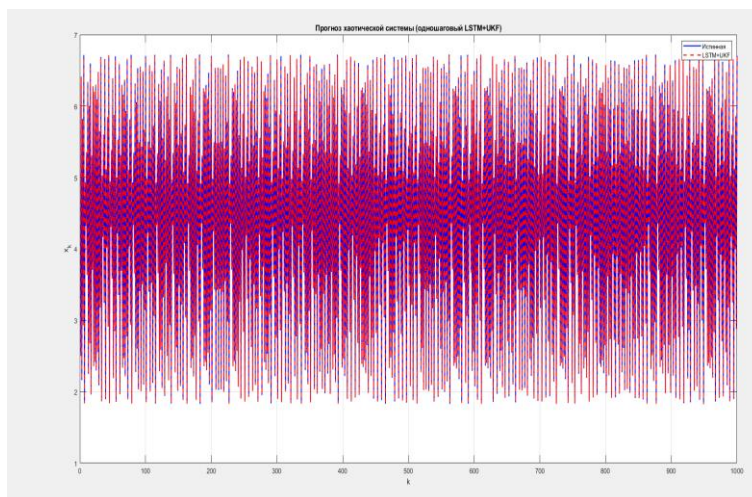


Рис. 1. Прогноз хаоса: LSTM + Kalman (уравнение (4) при a=5)

Настройка параметров нейросети, фильтра и системы даёт возможность исследовать чувствительность и предсказуемость динамики. Данный метод может быть расширен на многопредиктные прогнозы и системы с шумными измерениями. Параметр a управляет режимом состояния: при нормальном значении наблюдается стабильная динамика, а при повышенном - аномалии, имитирующие болезнь. LSTM-нейросеть обучается на исторических данных пациента, а Unscented Kalman

Filter (UKF) корректирует прогноз, предотвращая накопление ошибок, известная динамика состояния пациента включается в обучение модели для повышения точности диагностики.

Использование LSTM+UKF на синтетических данных пациента позволяет:

1. Эмулировать норму и аномалии состояния;
2. Прогнозировать развитие болезни на основе частично наблюдаемых данных;
3. Интегрировать известную динамику системы в обучение нейросети (PINNs), повышая интерпретируемость и точность диагностики.

Подход легко расширяется на реальные клинические данные и многомерные биомаркеры.

Попытки реализовать методологии на небиологическом носителе, не приближает нас к созданию интеллектуальных роботизированных систем со следующими свойствами: интуиция, общение на естественных языках, принятие решений, восприятие, использование стратегий, представление знаний, наличие субъективной реальности, сознание, самосознание, сверх-сознание, сопереживание и другие. Надо отметить, что применение ДНК-компьютинга в роботизированных технологиях в медицине обладает значительным потенциалом благодаря уникальным свойствам ДНК, таким как параллельная обработка информации, высокая плотность хранения данных и способность к самоорганизации. ДНК-компьютинг обладает огромным потенциалом в сочетании с роботизированными технологиями для медицины, открывая путь к созданию более эффективных, персонализированных и точных медицинских решений [15].

#### 4 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проблема саморегуляции, а также управления в живых системах с целью достижения положительного для организма результата, способствовала основанию науки о целостном управлении живыми системами на основе законов регуляторики. Современные тенденции роботизированной терапии отражают не только техническое совершенствование, но и формируют основные компоненты экономики знаний - эффективные базы интеллектуальных ресурсов фундаментальных и прикладных знаний; производство знаний и высоких технологий для качественных, ориентированных на пациента, медицинских услуг; развитая информационная инфраструктура для трансфера и реализации таких идей, как ДНК компьютеринг, микро- и нанороботы [16]. Наряду с этим, все более проявляется духовная составляющая роботизированной медицины: технологии не должны заменять человека, а призваны усиливать его потенциал, сохраняя ценность общения, заботы и «лечения словом». Современная роботизированная терапия это не просто набор высокотехнологичных инструментов, а элемент экономики знаний, где пересекаются достижения искусственного интеллекта, молекулярных вычислений, биологической регуляции и гуманитарных ценностей. Эта синергия открывает перспективы построения медицины будущего - научно обоснованной, персонализированной и, в то же время, ориентированной на духовное здоровье человека.

В течение XX века медицина сделала колоссальный рывок: открытие антибиотиков, разработка хирургических технологий, генетики, трансплантологии и молекулярной биологии. Однако XXI век поставил новые вызовы - рост хронических, системных и мультифакторных заболеваний, не поддающихся лечению методами редукционистского мышления.

Современной медицине необходим фундаментально новый язык - язык управления, целостности и динамики. Именно это предлагает регуляторика - междисциплинарная наука о регулировании процессов в живом организме. Регуляторика впервые объединяет медицину, математику, кибернетику, физиологию и теорию систем в единую структуру, позволяющую не только описывать, но и управлять здоровьем. Организм человека рассматривается как иерархическая, самоорганизующаяся система, управляемая множеством перекрестных регуляторных петель: нервной, гуморальной, иммунной и метаболической. Основные принципы:

- многоуровневость: управление осуществляется от клеточного до поведенческого уровней;
- замкнутые контуры управления: реализуются через механизмы обратной связи;
- принцип отклонения от регуляторной нормы ( $\Delta R$ ): любое заболевание начинается с нарушения устойчивости регуляторных процессов;
- регуляторная диагностика: система оценки состояния здоровья на основе анализа устойчивости и динамики управляющих процессов, а не только статических биомаркеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Karsikas E, Meriläinen M, Tuomikoski AM, Koivunen K, Jarva E, Mikkonen K, Oikarinen A, Kääriäinen M, Jounila-Ilo P, Kanste O.* Health care managers' competence in knowledge management: A scoping review. *J Nurs Manag.* 2022 Jul;30(5):1168-1187. doi: 10.1111/jonm.13626.

- [2] *Hautala, J., Jauhiainen, J.S.* Co-creating Knowledge with Robots: System, Synthesis, and Symbiosis. *J Knowl Econ* 14, 1467–1487 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13132-022-00968-1>
- [3] *Iqbal M, Kalim R.* Environmental sustainability through aggregate demand and knowledge economy interaction—a case of very high-HDI countries. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2023 Jun;30(27):70229-70245. doi: 10.1007/s11356-023-27220-w.
- [4] *De Grandis G.* Fair trade in building digital knowledge repositories: the knowledge economy as if researchers mattered. *Med Health Care Philos.* 2020 Dec;23(4):549-563. doi: 10.1007/s11019-020-09966-z.
- [5] *Wight D.* Perpetuating global inequalities in the knowledge economy: The case of HIV social science research in East Africa. *Glob Public Health.* 2025 Dec;20(1):2466731.
- [6] *Grosmaire AG, Pila O, Breuckmann P, Duret C.* Robot-assisted therapy for upper limb paresis after stroke: Use of robotic algorithms in advanced practice. *NeuroRehabilitation.* 2022;51(4):577-593. doi: 10.3233/NRE-220025.
- [7] *Pino A, Gomez-Vargas D, Garzon A, Roberti F, Carelli R, Munera M, Cifuentes CA.* Mirror-Based Robotic Therapy for Ankle Recovery with a Serious Game: A Case Study with a Neurological Patient. *IEEE Int Conf Rehabil Robot.* 2022 Jul;2022:1-6. doi: 10.1109/ICORR55369.2022.9896510.
- [8] *Santos L, Silva B, Maddaloni F, Geminiani A, Caglio A, Annunziata S, Olivieri I, Barata C, Santos-Victor J, Pedrocchi A.* Sharing Worlds: Design of a Real-Time Attention Classifier for Robotic Therapy of ASD Children. *IEEE Int Conf Rehabil Robot.* 2022 Jul;2022:1-6. doi: 10.1109/ICORR55369.2022.9896506.
- [9] *Johnson, M.J.* Recent trends in robot-assisted therapy environments to improve real-life functional performance after stroke. *J NeuroEngineering Rehabil* 3, 29 (2006). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-3-29>.
- [10] *Muniasamy K, Sivakumar A, Rameshbabu KN, Ganesan A, Rajkumar VA, Deshmukh GV, S V S, Sharma S.* Patient satisfaction and quality of life outcomes following robotic-assisted surgery: A survey-based study. *Bioinformatics.* 2024 Dec 31;20(12):1964-1969.
- [11] *Dorobantu, Marius, and Fraser Watts.* "Spiritual intelligence: Processing different information or processing information differently? with Finley I. Lawson," "The Science and Religion Forum Discuss Information and Reality: Questions for Religions and Science"; Niels Henrik Gregersen, "The God with Clay": The Idea of Deep Incarnation and the Informational Universe," Michael Burdett and King-Ho Leung, "The Machine in the Ghost: Transhumanism and the Ontology of Information"; Marius Dorobantu and Fraser Watts, "Spiritual Intelligence: Processing ...." *Zygon®* 58.3 (2023): 732-748..
- [12] *M. Saidalieva, M.B. Hidirova, A.R. Shakarov, A.M. Turgunov, A.A. Hasanov and Z.Dj. Yusupova.* Dynamics of Regulatory Mechanisms of the Human Organism on the Basic Hierarchical Levels of the Organization. 2019 IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series Vol. 1210.
- [13] *Hidirova M.B.* Theoretical bases, methods and toolkit of information technology «Bioregulatorika», 2016, *ISJ Theoretical & Applied Science*, 07 (39): 112-116.
- [14] *Фролов С.В., Коробов А.А., Газизова Д.Ш., Потлов А.Ю.* Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией на основе нейронной сети // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе.* 2021. № 2. С. 79–94. doi:10.21685/2227-8486-2021-2-5
- [15] *Hidirova, M., & Xolboyeva, N.* Prospects for application of DNA computing in robotic technologies in medicine. 2024, *ISJ Theoretical & Applied Science*, 12 (140), 107-112
- [16] *Хидирова М.Б., Халбаева Н.* Современные тенденции роботизированной терапии как элемент экономики знаний. «Инновационные технологии и инжиниринг»: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и инжиниринг» – Темиртау, КарИУ, 2025. – 722-725.

Поступила в редакцию 26.09.2025

**Цитирование:** *Хидирова М. и др.* (2026). Регуляторика в медицине: основание науки о целостном управлении живыми системами. *Международный журнал теоретических и прикладных вопросов цифровых технологий*, 9(1), –С. 103-108. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v9i1.330>.

## REGULATORY SCIENCE IN MEDICINE: FOUNDATIONS OF THE SCIENCE OF HOLISTIC CONTROL OF LIVING SYSTEMS

<sup>+</sup> *Hidirova M.<sup>1</sup>, Abduvaliev A.<sup>1</sup>, Gildieva M.<sup>1</sup>, Turgunov A.<sup>2</sup>, Yusupova Z.<sup>3</sup>, Hasanov A.<sup>4</sup>, Shakarov A.<sup>5</sup>, Isroilov Sh.<sup>6</sup>, Khalbaeva N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Kimyo International University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup> Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup> MU University, Tashkent, Uzbekistan

<sup>4</sup> University of Business and Science, Tashkent, Uzbekistan

<sup>5</sup> Renaissance Educational University, Tashkent, Uzbekistan

<sup>6</sup> Samarkand branch of Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Samarkand, Uzbekistan

<sup>+</sup> m.hidirova@kiut.uz

**Abstract.** This article examines the theoretical foundations of regulatory science in medicine as a discipline focused on the holistic control of living systems. Regulatory science investigates the mechanisms that coordinate physiological processes, the interactions among regulatory pathways, and the nature of disruptions that occur under pathological conditions. The analysis covers self-regulation in biological systems, adaptive responses, neuro-hormonal regulation, and the application of regulatory principles in modern diagnostics and therapy. The findings demonstrate the significant scientific and practical value of regulatory science for addressing complex medical challenges.

**Keywords:** regulatory science, medical regulation, physiological control, living systems, homeostasis, adaptation, diagnostics, therapy.