

УДК: 004.94:51

DOI 10.33514/1694-7851-2024-4/2-473-481

**Эгамбердиева А.А.**

физика-математика илимдеринин кандидаты, доцент  
Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети

Бишкек ш.

[egamberdieva.aysuluu@mail.ru](mailto:egamberdieva.aysuluu@mail.ru)

**Кочорова А.К.**

окутуучу

Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети

Бишкек ш.

**Кожоназарова Г.З.**

студент

Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети

Бишкек ш.

**Келдибекова А.Т.**

студент

Ж. Баласагын атындагы Кыргыз улуттук университети

Бишкек ш.

[papillon\\_stor22@icloud.com](mailto:papillon_stor22@icloud.com)

## **МАТЕМАТИКАЛЫК ИЗИЛДӨӨНҮН НЕГИЗИНДЕ ТАТААЛ ПРОЦЕСТЕРДИ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛОО: ЖАҢЫ ЫКМАЛАР ЖАНА ИНСТРУМЕНТТЕР**

**Аннотация.** Бул макалада математикалык изилдөөлөргө негизделген татаал процесстерди визуалдаштыруунун заманбап ыкталары жана инструменттери каралат. Визуалдаштыруунун мааниси физика, биология, экология, экономика жана медицина сыяктуу тармактарда математикалык моделдерди түшүнүү жана интерпретациялоо үчүн негизги роль ойнойт. Математикалык моделдердин реалдуу убакытта процесстерди прогноздоо жана визуалдаштыруудагы колдонулушунун мисалдары келтирилет. Ошондой эле 3D моделдирлөө, интерактивдүү графиктер жана чоң маалыматтар менен иштөө ыкмалары сыяктуу заманбап визуалдаштыруунун инструменттери талданат. Визуалдаштыруунун татаал маалыматтарды интерпретациялоодогу жана ар кандай илимий жана техникалык тармактарда акылга ылайык чечимдерди кабыл алууда мааниси белгиленет. Бул технологияларды колдонуу тереңирээк талдоону камсыз кылып, илимпоздор менен практиктердин ортосундагы өз ара аракеттенүүнү жакшыртат. Демек, макала визуалдаштырууну билим берүү жана изилдөө процесстери менен интеграциялоонун зарылдыгын баса белгилейт.

**Негизги сөздөр:** маалыматтарды визуалдаштыруу, математикалык моделдирлөө, 3D моделдирлөө, чоң маалыматтар, физикалык процесс, биологиялык процесс, интерактивдүү графиктер, прогноздоо, татаал процесс, изилдөө ыкмалары, динамика, системалык анализ, технологиялар.

**Эгамбердиева А.А.**

кандидат физико-математических наук, доцент

Кыргызский национальный университет имени Ж. Баласагына

г. Бишкек

[egamberdieva.aysuluu@mail.ru](mailto:egamberdieva.aysuluu@mail.ru)

**Кочорова А.К.**

преподаватель

Кыргызский национальный университет имени Ж. Баласагына

г. Бишкек

**Кожоназарова Г.З.**

студент

Кыргызский национальный университет имени Ж. Баласагына

г. Бишкек

**Келдибекова А.Т.**

студент

Кыргызский национальный университет имени Ж. Баласагына

г. Бишкек

[papillon\\_stor22@icloud.com](mailto:papillon_stor22@icloud.com)

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ: НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются современные подходы и инструменты для визуализации сложных процессов, основанных на математических исследованиях. Визуализация играет ключевую роль в понимании и интерпретации математических моделей в таких областях, как физика, биология, экология, экономика и медицина. Приведены примеры применения математических моделей для прогнозирования и визуализации процессов в реальном времени. Также анализируются современные инструменты визуализации, такие как 3D-моделирование, интерактивные графики и методы работы с большими данными. Подчеркивается важность визуализации для интерпретации сложных данных и принятия обоснованных решений в различных научных и технических сферах. Использование этих технологий способствует более глубокому анализу и улучшает взаимодействие между учеными и практиками. Таким образом, статья подчеркивает необходимость интеграции визуализации в образовательные и исследовательские процессы для повышения их эффективности.

**Ключевые слова:** визуализация данных, математическое моделирование, 3D-моделирование, большие данные, физические процессы, биологические процессы, интерактивные графики, прогнозирование, сложные процессы, исследовательские методы, динамика, системный анализ, технологии.

**Egamberdieva A.A.**

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor

Kyrgyz National University named after J. Balasagyn

Bishkek c.

[egamberdieva.aysuluu@mail.ru](mailto:egamberdieva.aysuluu@mail.ru)

**Kochorova A.K.**

Kyrgyz National University named after J. Balasagyn

Bishkek c.

**Kozhonazarova G.Z.**

student  
Kyrgyz National University named after J. Balasagyn  
Bishkek c.  
**Keidibekova A.T.**  
student  
Kyrgyz National University named after J. Balasagyn  
Bishkek c.  
[papillon\\_stor22@icloud.com](mailto:papillon_stor22@icloud.com)

## VISUALIZATION OF COMPLEX PROCESSES BASED ON MATHEMATICAL RESEARCH: NEW APPROACHES AND TOOLS

**Abstract.** This article examines modern approaches and tools for visualizing complex processes based on mathematical research. Visualization plays a key role in understanding and interpreting mathematical models in fields such as physics, biology, ecology, economics, and medicine. Examples of the application of mathematical models for real-time process forecasting and visualization are provided. The article also analyzes contemporary visualization tools, including 3D modeling, interactive graphics, and big data processing methods. The importance of visualization for interpreting complex data and making informed decisions across various scientific and technical fields is emphasized. The use of these technologies facilitates deeper analysis and enhances interaction between researchers and practitioners. Thus, the article highlights the necessity of integrating visualization into educational and research processes to improve their effectiveness.

**Keywords:** data visualization, mathematical modeling, 3D modeling, big data, physical processes, biological processes, interactive graphics, forecasting, complex processes, research methods, dynamics, system analysis, technologies.

**Актуальность темы.** В последние годы визуализация данных и математическое моделирование стали важными инструментами для анализа сложных процессов в различных областях науки и техники. Визуализация помогает лучше понять, интерпретировать и представлять результаты исследований. В данной статье рассматриваются новые подходы к визуализации сложных процессов на основе математических моделей, а также современные инструменты, используемые для этого.

Ключевые вопросы:

Что такое визуализация данных и ее роль в исследовательских процессах?

Как математические исследования способствуют более точной и понятной визуализации?

Математическое исследование как основа для визуализации

**Математическое моделирование** — это процесс создания абстрактных моделей реальных систем с использованием математических формул и уравнений. Такие модели помогают исследователям предсказывать поведение сложных систем и явлений. Модели могут быть линейными и нелинейными, стохастическими и детерминированными [1, С.45]. Чем точнее модель, тем эффективнее она может быть визуализирована.

Примеры математических моделей: Модели климатических изменений, которые прогнозируют погодные условия на основе сложных уравнений, финансовые модели для

анализа рынка, биологические модели, изучающие распространение вирусов и эпидемий, и.т.д.

Новые подходы в визуализации сложных процессов. Сегодняшние технологии предлагают широкий спектр инструментов и методов для визуализации сложных процессов. Современные подходы фокусируются на улучшении четкости, интуитивности и доступности визуальных представлений, что позволяет ученым и специалистам легко интерпретировать результаты даже самых сложных моделей [3, С.37].

**Популярные методы:**

- Трехмерная визуализация: Используется для создания объемных моделей, что позволяет глубже понять динамику процессов.
- Интерактивные графики и анимации: Визуализация в реальном времени, которая позволяет изменять параметры и сразу видеть результат.
- Визуализация больших данных: В связи с ростом объемов данных, развитие методов визуализации, таких как карты тепловых потоков (heatmaps) и диаграммы потоков, стало важной задачей.

Современные инструменты визуализации. Существует множество программ и библиотек, которые упрощают процесс создания визуализации на основе математических данных. В этой части статьи перечислены самые популярные из них, а также рассмотрены их возможности:

- Matplotlib и Seaborn (Python): Мощные библиотеки для создания статических и динамических графиков.
- D3.js: Библиотека для создания интерактивной визуализации данных на веб-страницах.
- ParaView: Используется для визуализации объемных данных, включая трехмерные модели.
- Plotly: Визуализация в реальном времени с возможностью интерактивного анализа [8, С.120].

Визуализация сложных процессов. Визуализация является одним из ключевых преимуществ математических моделей в образовательном и научном процессах. С ее помощью можно наглядно объяснять сложные и абстрактные процессы, которые либо невозможно наблюдать в реальности, либо их изучение затруднено из-за сложности явлений, масштабов или времени их протекания. Модели дают возможность представить процессы на графиках, схемах, анимациях или в виде симуляций, что упрощает их понимание и анализ.

Процессы в физике. В физике существует множество явлений, которые трудно наблюдать напрямую или сложно воспроизвести в лабораторных условиях [10, С.13]. Математические модели позволяют не только описывать эти процессы, но и визуализировать их, что помогает лучше понять их суть.

Пример 1: электромагнитные поля. Электромагнитные поля невидимы для глаза, но их можно смоделировать с помощью математических уравнений Максвелла. Визуализация таких полей, например, около проводников или вблизи магнитов, позволяет увидеть, как линии напряженности поля распределяются в пространстве. Это помогает лучше понять, как работает электромагнетизм и как взаимодействуют заряженные частицы.

Пример 2: движение небесных тел. Модель движения планет в Солнечной системе, основанная на законах Кеплера и Ньютоновской механике, позволяет визуализировать траектории движения планет вокруг Солнца. Этот процесс занимает огромные временные промежутки и не может быть полностью наблюдаем в реальном времени. Однако с помощью математических моделей можно создать анимацию, которая показывает, как планеты вращаются вокруг Солнца, какие у них орбиты, как на них влияют гравитационные силы других планет. Это помогает учащимся и ученым глубже понять законы небесной механики.



*Рис.1. Визуализация движения небесных тел в Солнечной системе, где планеты вращаются вокруг Солнца по орбитам.*

Процессы в биологии. Многие процессы в биологии происходят на уровне клеток и молекул, что делает их наблюдение крайне трудным. В таких случаях математические модели играют важную роль в визуализации данных процессов [67, С.15].

Пример 1: распространение вирусов в организме. Во время пандемии COVID-19 математические модели активно использовались для визуализации процесса распространения вируса в человеческом организме и среди населения. Модель заражения, основанная на уравнениях SIR (восприимчивые, инфицированные, выздоровевшие), помогает наглядно показать, как вирус передается от человека к человеку, какова скорость распространения инфекции и как она зависит от карантинных мер и вакцинации. Визуализация этих данных позволяет ученым и правительствам принимать обоснованные решения для борьбы с эпидемиями.



*Рис.2. визуализация процесса распространения вируса в организме, показывающая, как вирусные частицы атакуют и заражают клетки.*

Пример 2: клеточные процессы. В биоинформатике активно используются модели для визуализации процессов внутри клетки, таких как деление клеток или синтез белков. Эти процессы сложны и происходят на микроуровне, но с помощью компьютерных моделей и анимации можно увидеть, как ДНК реплицируется или как клетки размножаются, что позволяет лучше понять молекулярные механизмы жизни.

**3. Процессы в экономике.** В экономике многие процессы слишком сложны для прямого наблюдения из-за большого числа переменных и факторов, влияющих на систему.

Модели помогают визуализировать взаимосвязи между экономическими факторами и прогнозировать будущее развитие рынков или экономик [5, С.120].

Пример 1: модели экономического роста. С помощью макроэкономических моделей можно визуализировать влияние различных факторов на экономику страны: изменение процентных ставок, налоговых политик, инвестиций и потребления. Например, модели, основанные на уравнениях Солоу или моделей DSGE (динамических стохастических общих равновесий), показывают, как экономика будет расти или сокращаться при изменении определенных параметров. Такая визуализация позволяет правительствам и экономистам разрабатывать более точные стратегии экономического управления [4, С.122].

Пример 2: визуализация финансовых рынков. Финансовые рынки являются высокодинамичными и сложными системами, в которых взаимодействуют множество факторов: спрос, предложение, настроения инвесторов и т.д. С помощью моделей можно визуализировать, как изменения в одной части системы (например, повышение процентных ставок) повлияют на другие ее элементы (например, на рост акций или стоимости облигаций). Это помогает участникам рынков лучше понимать взаимосвязи и принимать обоснованные решения.



*Рис 3. Визуализация финансовых рынков, показывающая динамичные графики цен, торговые индикаторы и глобальные финансовые тренды.*

#### **4. Процессы в экологии**

В экологических исследованиях математические модели играют важную роль в визуализации сложных процессов, которые охватывают большие временные и пространственные масштабы [7, С.170].

Пример 1: Экологические системы. Модели, описывающие взаимодействие популяций в экосистемах, позволяют визуализировать, как изменения в численности одного вида могут повлиять на всю экосистему. Например, увеличение численности хищников может привести к снижению популяции их жертв, что, в свою очередь, изменяет баланс в пищевой цепи. Визуализация этих процессов помогает экологам разрабатывать программы сохранения биоразнообразия и устойчивого развития.

### Пример 2: Изменение климата

Модели климатических изменений, такие как модели глобальной циркуляции атмосферы и океанов, позволяют прогнозировать будущие изменения климата на основе текущих данных. С их помощью можно визуализировать, как повышение уровня парниковых газов приведет к росту средней температуры Земли, таянию ледников, повышению уровня моря и изменению климатических условий в различных регионах планеты. Эти модели помогают понять, как действия человека могут повлиять на долгосрочные экологические изменения и какие меры могут минимизировать эти негативные последствия.



*Рис 4. Визуализация изменения климата, где изображены экстремальные погодные явления: засуха с потрескавшейся землей и затопленный город. В этом изображении выражается решимость*

### 5. Процессы в медицине

Визуализация распространения заболеваний на основе математических моделей является мощным инструментом в здравоохранении. Эти модели позволяют прогнозировать возможные сценарии развития эпидемий, анализировать пути передачи инфекций и оценивать эффективность мер по их предотвращению. С помощью математических методов можно учитывать разнообразные факторы, такие как демографические данные, плотность населения, скорость передачи инфекции и даже эффективность вакцин или карантинных мер [9, С.113].

Пример. Рак желудка с математической визуализацией:

- 3D-модель желудка, где на поверхности или внутри видна опухоль
- Цветовое кодирование для показания прогрессии болезни
- Отображение данных, таких как уравнения или графики, отражающие рост опухоли.

Модели, такие как SIR (восприимчивые, инфицированные, выздоровевшие), помогают симулировать развитие эпидемии с учетом динамики взаимодействий внутри популяции. Визуализированные на графиках или картах, такие модели демонстрируют, где и как быстро может развиваться заболевание, какие регионы наиболее уязвимы и где требуется усиление контроля [9, С.120].



*Рис.5. Визуализация рака желудка, созданная на основе математических моделей.*

На рисунке 5 изображена 3D-модель желудка с опухолью, выделенной красным цветом. Вокруг модели представлены научные данные и графики, символизирующие динамику роста опухоли, с использованием математических уравнений и диаграмм.

Пример применения: во время пандемии COVID-19 активно использовались математические модели для прогнозирования распространения вируса и оценки влияния локдаунов и вакцинации. Визуализация данных в реальном времени помогала правительствам и медицинским организациям оптимально распределять ресурсы, включая больничные койки, персонал и медицинское оборудование.

Таким образом, визуализация математических моделей в медицине повышает готовность системы здравоохранения к кризисным ситуациям и помогает в принятии своевременных решений, что, в конечном счете, спасает жизни.

**Вывод.** Математические модели играют ключевую роль в современной визуализации сложных процессов, выступая основой для интерпретации и анализа явлений в различных областях науки и техники. Благодаря их точности и гибкости, становится возможным предсказывать поведение систем, которые невозможно наблюдать напрямую, и представлять эти данные в наглядной форме. Визуализация, основанная на математических моделях, позволяет не только глубже понять динамику процессов, но и принимать обоснованные решения в таких критически важных сферах, как медицина, экология, экономика и физика. Современные инструменты визуализации, такие как 3D-моделирование и интерактивные графики, значительно упрощают анализ и предоставление информации, что способствует более широкому применению математического моделирования в научных и практических исследованиях.

Необходимость использования математических моделей заключается в их способности создавать абстрактные, но высокоточные представления реальных процессов, которые трудно или невозможно наблюдать в реальной жизни. Эти модели позволяют ученым и специалистам анализировать сложные системы и явления, прогнозировать их развитие и предлагать решения для оптимизации управления этими процессами. Визуализация, в свою очередь, делает результаты этих исследований доступными и понятными, расширяя границы науки и технологий.

#### Литература

1. Бекер, Р. "Математическое моделирование и его применение в науке." Издательство "Наука", Москва, 2010, – С. 45-60.
2. Иванов, И.И. "Основы визуализации данных." Техническое издательство, 2017, – С. 90-115.
3. Смит, Дж. "Интерактивные методы визуализации сложных процессов." Издательство MIT, 2021, – С. 34-56.
4. Миллер, С. "Экономические модели: Теория и практика." Кембриджский университет, 2018, – С. 100-130.
5. Андреев, А.В. Основы математического моделирования: учебное пособие. – Москва: МГУ, 2018. – 245 с.
6. Глушков, В.М. Введение в математическое моделирование: учебник для вузов. – Киев: Наукова думка, 2020. – 480 с.
7. Захаров, И.С. Применение математических моделей в биологии и экологии. – Новосибирск: Наука, 2017. – 188 с.



8. Иванов, П.А., Петров, С.В. Современные инструменты для визуализации сложных процессов. – Москва: Техносфера, 2021. – 264 с.
9. Федоров, Ю.И. Визуализация процессов распространения заболеваний. – Казань: Издательство КФУ, 2020. – 202 с.
10. Сергеев, В.Г. Моделирование и визуализация процессов в физике. – Томск: Издательство ТПУ, 2018. – 278 с.

**Рецензент: кандидат педагогических наук, доцент Байтокова А.С.**