

М.Р. Федорченко

Концепции неевклидовой геометрии и искривления пространства в научной фантастике (от «2001: Космическая Одиссея» Артура Кларка до «Интерстеллара»)

Аннотация: Доклад посвящен исследованию концепции искривления пространства, включая неевклидовы геометрии, как инструмента создания трансцендентного опыта в научной фантастике. Цель — идентификация и классификация пространственных элементов, а также их визуальных репрезентаций, формирующих структуру фантастического мира.

Ключевые слова: неевклидова геометрия, гиперболическое пространство, сферическое пространство

Concepts of Non-Euclidean Geometry and Curvature of Space in Science Fiction (From Arthur C. Clarke's "2001: A Space Odyssey" to "Interstellar")

Abstract: The paper is devoted to the study of the concept of curvature of space, including non-Euclidean geometries, as a tool for creating transcendental experience in science fiction. The aim is to identify and classify spatial elements as well as their visual representations that form the structure of the fantasy world.

Keywords: non-Euclidean geometry, hyperbolic space, spherical space

Представьте себе лист бумаги, идеально ровный, бесконечный. Это — Вселенная, какой ее видел Евклид. Но что, если этот лист можно согнуть, скрутить, проколоть дырой? Что, если геометрия нашей Вселенной — это не прямые линии и параллельные плоскости, а нечто гораздо более сложное и изогнутое?

В 1829 г. Николай Лобачевский дерзнул заявить, что мир может быть устроен иначе. Он отказался от аксиомы о параллельных прямых и построил геометрию, где они все-таки пересекаются. Это был вызов вековым устоям, начало конца господства плоской, евклидовой Вселенной.

Затем, в 1915 г., Альберт Эйнштейн представил Общую теорию относительности. Пространство и время слились в единое целое, пространство-время, которое может искривляться под воздействием гравитации, словно ткань, натянутая на рамке и прогибающаяся под весом шара. Звезды и планеты не просто притягиваются друг к другу, они деформируют саму структуру пространства, заставляя свет и материю двигаться по искривленным траекториям.

Эти революционные открытия изменили не только наше понимание физики, но и наше воображение. Они подарили научной фантастике новые возможности для создания миров, где привычные законы не действуют, где путешествия сквозь пространство и время обретают невероятные масштабы. От «2001: Космическая Одиссея» Артура Кларка, предвосхитившей грядущие открытия, до «Интерстеллара», визуализировавшего искривление пространства-времени с помощью научных консультантов, концепции неевклидовой геометрии и искривления пространства стали неотъемлемой частью фантастического ландшафта, подталкивая нас к новым вопросам о природе реальности и пределах возможного.

Гиперболическое пространство (Геометрия Лобачевского):

Гиперболическое пространство, открытое Николаем Лобачевским, характеризуется отрицательной кривизной. Это значит, что сумма углов в треугольнике всегда меньше 180 градусов, а параллельные линии не просто не пересекаются, а расходятся все дальше и дальше. Экспоненциальный рост площади круга с увеличением радиуса в гиперболическом пространстве приводит к тому, что визуальное восприятие пространства становится

логарифмическим. Небольшие изменения в расстоянии вблизи наблюдателя приводят к большим изменениям в воспринимаемом размере, а большие изменения в расстоянии вдали от наблюдателя приводят к незначительным изменениям в воспринимаемом размере.

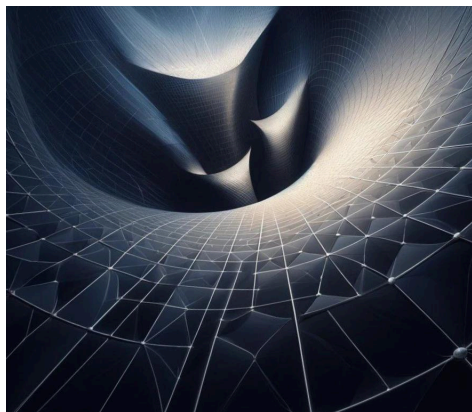


Рис. 1. «Взгляд» нейросети на гиперболическое пространство по Лобачевскому

Визуальные проявления. Искаженная перспектива: Объекты быстро уменьшаются по мере удаления, создавая ощущение огромного, безграничного пространства. Это часто используется в фильмах ужасов для создания атмосферы клаустрофобии и потери ориентации. Длинные коридоры, кажущиеся непропорционально растянутыми, или комнаты, в которых углы не соответствуют привычным представлениям, — все это примеры визуализации гиперболического пространства.

Бесконечные мозаики: Художник Мауриц Эшер мастерски изображал гиперболическое пространство в своих гравюрах, таких как «Предел круга III», где повторяющиеся фигуры рыб бесконечно уменьшаются к краям круга. Мозаики не просто красивы, они являются отображением гиперболического пространства на плоскости, демонстрируя, как бесконечное может быть представлено конечным образом.

Рис. 2. «Предел круга III» — Мауриц Корнелис Эшер

Парадокс расстояния: В гиперболическом пространстве геодезические линии (кратчайшие пути между двумя точками) не являются прямыми в евклидовом понимании.



Они искривляются, следуя линиям наибольшего «натяжения» пространства. Отрицательная кривизна пространства приводит к тому, что параллельные линии расходятся. Навигация по гиперболическому миру требует постоянной корректировки траектории, а привычные методы определения направления теряют свою эффективность.

Сферическое пространство (Геометрия Римана):

Сферическое пространство, разработанное Бернхардом Риманом, обладает положительной кривизной. Представьте себе поверхность сферы. Сумма углов в треугольнике больше 180 градусов, а параллельные линии в конечном итоге пересекаются. Самый известный пример — наша Земля: две параллельные линии, идущие по экватору, сойдутся в конечном итоге на полюсах.

Ключевое отличие сферического пространства — это его положительная кривизна. Это значит, что пространство «искривлено внутрь», подобно поверхности сферы. В отличие от гиперболического пространства с отрицательной кривизной, где пространство «раздувается», сферическое пространство «сжимается».

Хотя сферическое пространство не имеет границ, его объем конечен. Это означает, что можно путешествовать по нему бесконечно, не достигнув края, но при этом всегда оставаясь в пределах ограниченного пространства.

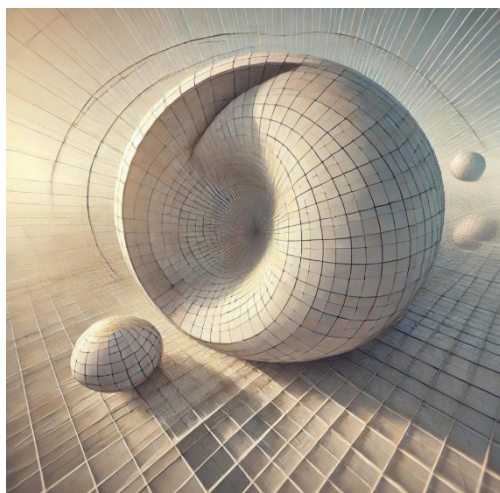


Рис. 3. «Взгляд» нейросети на сферическое пространство по Риману

Визуальные проявления. Замкнутое пространство: Путешествие в одном направлении в конечном итоге возвращает вас в исходную точку. Космический корабль, летящий по прямой, но в итоге возвращающийся на Землю.

Концепция также находит отражение в космологических моделях, предполагающих, что наша Вселенная может быть замкнутой и конечной, хотя и бесконечно большой.

Искажение масштаба: В сферическом пространстве объекты уменьшаются и искажаются по мере удаления, создавая эффект сжатия пространства. Это связано с тем, что линии, расходящиеся от наблюдателя, сходятся на противоположной стороне сферы. Подобный эффект можно наблюдать на фотографиях, сделанных широкоугольными объективами («рыбий глаз»), которые имитируют перспективу сферического пространства.

Неожиданные встречи: Объекты, находящиеся на противоположных сторонах сферы, могут оказаться очень близко друг к другу. Представьте, что вы можете перешагнуть через вершину Земли и оказаться практически рядом с человеком, стоящим на противоположной стороне. Писатели нередко используют идеи «кротовых нор» или «червоточин» — гипотетических туннелей в пространстве-времени, соединяющих удаленные области Вселенной.

Пространства с переменной кривизной.

Самый сложный и интересный случай, когда кривизна пространства меняется в зависимости от местоположения. Здесь возможности для создания уникальных миров практически безграничны.

В пространствах с переменной кривизной кривизна зависит от координат — каждая точка пространства имеет свой уникальный «геометрический отпечаток». Математически

описать такие пространства крайне сложно, так как требуются сложные дифференциальные уравнения, учитывающие зависимость кривизны от координат. Наиболее ярким примером в реальном мире является пространство-время, описываемое ОТО. Масса и энергия искривляют пространство-время, и степень этого искривления зависит от плотности энергии и импульса в данной точке. Вблизи массивных объектов, таких как черные дыры или нейтронные звезды, кривизна становится настолько сильной, что привычные законы физики перестают действовать.

В научной фантастике эта концепция находит яркое отражение, одним из примеров является описание путешествия через Звездные Врата в «2001: Космической одиссее», где Артур Кларк мастерски передает ощущение дезориентации и изменения масштаба, вызванные прохождением через область с переменной кривизной.

«Но вскоре он убедился, что звездное поле все время расширялось, как будто оно мчалось к нему с немыслимой скоростью. Расширение поля носило нелинейный характер — звезды в центре словно бы почти не двигались, а чем дальше от центра, тем стремительней ускорялось их движение; у края просвета, прежде чем совсем исчезнуть из виду, они уже казались летучими световыми черточками. Но на смену им появлялись другие: они как бы притекали в центр из источника, совершенно неисчерпаемого. Боумен успел подумать: что, если какая — нибудь звезда так и будет лететь прямо на него и он врежется в раскаленное солнце? Но звезды оставались столь далеки от него, что ни у одной нельзя было разглядеть диск, и неизменно расходились в стороны светящимися черточками, исчезая за краями своей прямоугольной рамки» (Артур Кларк, «2001: Космическая одиссея», Глава 41: «Узловая станция» пространства)¹.

Помимо визуального описания Звездных Врат, Кларк также затрагивает тему конечности и цикличности Вселенной в своих размышлениях о природе пространства-времени. В частности, он описывает Узловую станцию как место, где законы физики перестают действовать в привычном виде, а пространство-время сжимается и деформируется, позволяя путешествовать на огромные расстояния практически мгновенно. Эта идея, хотя и является научной экстраполяцией, перекликается с концепцией замкнутой Вселенной, где отдаленные точки соединены «короткими путями» через искривление. Более того, в финале романа Боумен, сливается с космическим разумом, утрачивая физическое тело и возвращается к Земле, что также можно интерпретировать как возвращение к исходной точке в замкнутом пространстве-времени.

Подобные концепции находят отражение и в кинематографе, стремящемся визуализировать сложные физические концепции. Пространства с переменной кривизной становятся мощным инструментом для исследования природы реальности и места человека во Вселенной. Одним из ярких примеров является «Интерстеллар» Кристофера Нолана, в котором научные консультации позволили создать визуально достоверное представление о гравитационных эффектах и искривлении пространства-времени.

Отходя от упрощенного представления черных дыр как «черных дыр», фильм демонстрирует Гаргантюа с аккреционным диском, чья форма искажена гравитационным линзированием. Свет, проходящий вблизи черной дыры, отклоняется и искривляется, создавая кольцо вокруг черной дыры. Визуализация основана на сложных расчетах, показывая, как должна выглядеть черная дыра согласно ОТО. Значительное замедление времени на планете Миллер, вращающейся вокруг Гаргантюа, демонстрирует эффект гравитационного замедления времени, когда сильная гравитация замедляет время относительно наблюдателя в более слабом поле.

А финальная сцена, где Купер оказывается внутри тессеракта, представляет собой визуальную метафору для понимания многомерного пространства и времени. Этот конструкт позволяет Куперу видеть различные временные отрезки комнаты его дочери Мерф и взаимодействовать с ними посредством гравитации, передавая послание из

будущего в прошлое. Это аллюзия на теоретическую возможность использования гравитации для преодоления пространственно-временных ограничений, что является предметом активных научных исследований.

Искривление пространства, представленное в литературе и кино, становится метафорой безграничных возможностей человеческого разума и неутолимой жажды исследования неизведанного, напоминая нам о бесконечности вопросов, на которые еще предстоит найти ответы. Будущие исследования могут углубиться в изучение влияния различных культурных и исторических контекстов на интерпретацию и визуализацию искривленного пространства, а также исследовать новые формы интерактивного повествования, использующие концепции неевклидовой геометрии для создания иммерсивных и трансформирующих опытов.

Примечания:

¹ Кларк А. 2001: Космическая одиссея. М.: Эксмо, 1968. С. 178.

Сведения об авторе: Федорченко Маргарита Романовна, независимый исследователь
E-mail: m.fedorchenko05@mail.ru

Information about the author: Margarita R. Fedorchenko, independent researcher
E-mail: m.fedorchenko05@mail.ru