

32. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ ФОРРЕСТЕРА

Галушко Д.Л., Бакунович В.Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Шинкевич Е.А. – канд. физ.-мат. наук

Аннотация. В данной работе представлено математическое моделирование глобального роста населения на основе модели Дж. Форрестера

Математическое моделирование — это широкая междисциплинарная наука, использующая математические и вычислительные методы для моделирования и объяснения явлений, возникающих в жизни, которая создается с надеждой, что прогнозируемое ею поведение будет похоже на реальное поведение, на котором оно основано. Важно подчеркнуть, что модель — это не реальность, а просто человеческая интерпретация (в максимально возможной степени представляющая реальность), чтобы помочь нам лучше понять реальную систему.

На первый взгляд моделирование роста численности кажется невозможным, поскольку популяция любого вида всегда изменяется на целые величины. Если данная популяция очень велика и внезапно увеличивается на одну единицу, то разница очень мала по сравнению с общей численностью данной популяции. Поэтому мы делаем предположение, что большие популяции изменяются непрерывно. Кроме того, у любого вида неконтролируемый экспоненциальный рост невозможен, поскольку популяция и скорость роста ограничены различными факторами.

В июне 1970 г. Дж. Форрестер представил примитивную модель, грубо имитирующую основные процессы мировой системы. Эта модель получила название "Мир-1" [1]. Последующая доработка и отладка привела к появлению так называемой модели "Мир-2". Именно ее мы и рассмотрим подробнее.

Им было вычленено 5 переменных величин, данные по которым собирались с 1900 года:

1. Численность населения Земли в физических единицах;
2. Доля инвестиций в сельское хозяйство в общем объеме инвестиций в физических единицах;
3. Валовые инвестиции в условных единицах;
4. Запасы природных ресурсов в условных единицах;
5. Степень загрязнения окружающей среды.

Форрестером были сделаны выводы о будущих тенденциях истощения природных ресурсов, повышения цен на сырье, отвлечения инвестиций в ущерб другим отраслям в сельское хозяйство, падения объемов производства, сокращения количества продовольствия на одного человека.

Расчеты по своей модели Форрестер проводил для временного интервала с 1900 по 2100 г.г. С 1900 г. по 1970 г. — главным образом, для того, чтобы "отладить" (настроить) параметры модели на известных данных, а с 1970 г. — уже как чисто прогнозные [2]. В результате этого расчета получилась картина развития, представленная на рисунке 1.

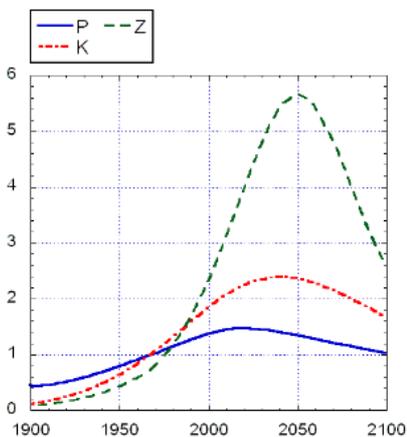


Рисунок 1 – Рассчитанная Форрестером динамика населения (P), уровня загрязнения (Z) и основных фондов (K) для временного интервала с 1900 по 2100 г.

Видно, что после периода монотонного роста численность населения с 2025 г. начинает уменьшаться, причем за 75 лет сокращается в полтора раза, т.е. почти на 2 млрд. человек. Не возобновляемых природных ресурсов к 2100 году остается меньше $\frac{1}{3}$ начальных запасов, уровень загрязнения к 2050 г. в несколько раз превышает стандартный уровень (равен численности населения), а затем начинает падать, что является следствием общего упадка промышленности и сокращения численности населения. Как только сокращаются ресурсы, резко падает численность населения и промышленное производство.

Следует обратить внимание на то, что численные результаты модели по населению вступают в противоречие с реальными данными о том, как на самом деле росло население Земли за последние 30 лет. Так, например, в 2000 г. реальная численность населения была чуть больше 6 млрд. чел., в то время как модель "Мир-2" предсказывала 5 млрд. Может оказаться, кроме того, что реальная динамика более сжата или, наоборот, растянута по времени, т.е. условные годы — временные шаги модели — могут соответствовать месяцам или, наоборот, десятилетиям в реальности. Это обуславливает актуальность данного исследования.

В качестве уровня загрязнения нами были взяты выбросы углекислого газа в атмосферу, в год (в миллиардах метрических тонн). Государственные доходы в процентах ВВП были учтены, как основные фонды. График одновременной динамики уровня загрязнений, капитала и населения по годам представлен на рисунке 2.

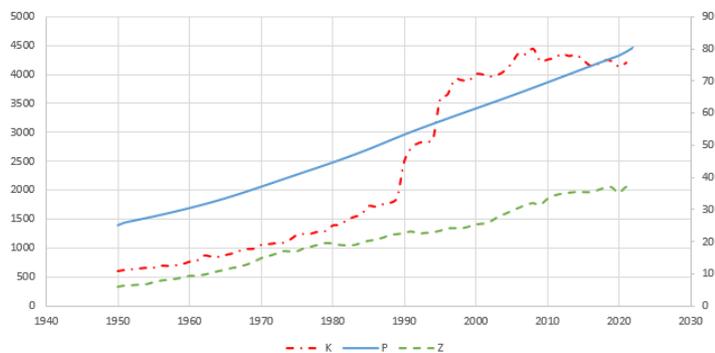


Рисунок 2 – Динамика населения (P), уровня загрязнения (Z) и основных фондов (K) для временного интервала с 1950 по 2022 г.

На графике мы можем наблюдать, что по сравнению с населением и основными фондами, уровень загрязнения планеты все еще остается достаточно малым. В 1995 график основных фондов пересекает график населения Земли, однако график населения продолжает расти, в то время как график основных фондов остается на том же уровне и уже в 2018 году население обгоняет основные фонды и мы наблюдаем ту картину, которая была в начале графика, где график населения располагается выше графика основных фондов.

Вернемся к модели Форрестера и сравним полученные и смоделированные им данные и те, что были построены нами на основе реальных данных, полученных в течении 1950-2022 годов.

На графике Форрестера видно, что он рассчитывал на снижение численности населения в 2015-2020 году, однако в реальности мы видим, что население продолжает расти. Мы также видим, что уровень загрязнения растет одновременно с двумя другими показателями, как и предполагал Форрестер. Форрестер предполагал, что примерно в 1985-1990 году уровень загрязнения превысит основные фонды, однако реальная динамика отрицает это. Также можно заметить, что Форрестер видел превышение уровня основных фондов над населением в 1970 году, однако мы не наблюдаем такой динамики в реальной жизни.

Таким образом, мы можем сказать, что модель Форрестера имеет ряд несоответствий с реальными данными: численность населения продолжает расти, а уровень загрязнения все еще не превышает допустимый уровень. Однако нельзя полностью отрицать эту модель, поскольку в ней также есть и верно предсказанные события, и тенденции: уровень капитала превысил уровень населения и растет одновременно с загрязнением. Смоделированная Форрестером модель, несмотря на ошибочное моделирование некоторых данных достаточно правдива и может быть использована исследователями и другими людьми для прогнозирования и принятия различных решений в разного рода областях.

Стоит также отметить, что несмотря на довольно большое время, прошедшее с момента разработки Форрестером его модели, у нас все еще недостаточно данных. Форрестер составил модель до 2100 года, а это значит, что с точностью сказать, совпала его модель с реальностью или нет можно будет только через 80 лет, когда мы будем обладать всеми необходимыми данными.

Список использованных источников:

1. Keldysh [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.keldysh.ru/papers/2005/prep06/prep2005_06.html
2. Vuzlit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vuzlit.com/1729415/razrabotka_modeley_globalnogo_razvitiya