**[Evaluation of the logit/probit transform method to modeling historical resource production and forecasting compared to conventional Hubbert modeling.](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166516217303282)**

Авторы Статьи:

Bolorchimeg Nanzad

Ken B. Anderson

James A. Conder

* **Аннотация:**

В данной статье проведен сравнительный анализ двух методов моделирования добычи ресурсов: традиционного подхода Хабберта/Гаусса и метода логит/пробит-преобразования. Исследование осуществлено на примере глобальной добычи угля и направлено на определение эффективности и применимости каждого метода для прогнозирования будущих тенденций добычи ресурсов. В работе рассмотрены основные принципы обеих методик, а также их преимущества и ограничения. Проанализированы результаты моделирования на основе исторических данных о добыче угля с использованием каждого из методов. Полученные выводы позволяют оценить соответствие моделей реальным данным и их точность в прогнозировании будущих тенденций добычи угля. Результаты исследования могут быть полезны для принятия стратегических решений в области управления энергетическими ресурсами и планирования развития производства ресурсов.

* **Введение:**

Постоянное потребление ограниченных ресурсов неизбежно приведет к их полному истощению. Прогнозирование оставшегося времени добычи ресурсов и разработка стратегий управления оставшимися запасами являются критически важными задачами в контексте обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития. Одним из широко используемых методов прогнозирования добычи ограниченных ресурсов является модель Хабберта, предложенная М. Кингом Хаббертом в середине 20-го века. Однако этот метод имеет свои ограничения, включая ограниченную применимость к различным регионам и типам ресурсов.

В свете этих ограничений, Ратледж (2011) предложил модифицированную стратегию моделирования, основанную на применении логит- и пробит-преобразований для прогнозирования долгосрочных тенденций добычи и оценки оставшихся извлекаемых запасов. Целью данного исследования является сравнение эффективности этой модифицированной стратегии с традиционным методом Хабберта/Гаусса в прогнозировании добычи угля. В работе будет осуществлено сравнение результатов моделирования на основе исторических данных о добыче угля, а также анализ преимуществ и ограничений каждого метода. Полученные выводы могут быть полезны для определения наиболее эффективных подходов к прогнозированию добычи угля и, возможно, других ограниченных ресурсов.

|  |  |
| --- | --- |
| Статья | Основные мысли |
| Ратледж (2011) | Предложена модифицированная стратегия моделирования с использованием логит- и пробит-преобразований для прогнозирования добычи и оценки оставшихся запасов ресурсов. |
| Аль-Фаттах и Старцман (1999) | Предложен мультициклический анализ Хабберта, который моделирует производство ресурсов с использованием нескольких кривых Хабберта. |

Этот обзор литературы позволяет понять основные концепции и методологии, используемые в работе, а также мотивацию для сравнения различных подходов к моделированию добычи угля.

* **Цель работы:**

Целью данного исследования является сравнение эффективности двух методов моделирования добычи угля: традиционного метода Хабберта/Гаусса и модифицированного метода, основанного на логит- и пробит-преобразованиях, предложенного Ратледжем (2011). Работа направлена на определение, является ли модифицированный метод эквивалентным, превосходящим или уступающим традиционному подходу в прогнозировании долгосрочных тенденций добычи угля.

1. **Задачи исследования:**

1. Провести обзор литературы по традиционному методу Хабберта/Гаусса и модифицированному методу Ратледжа, выявив основные принципы и преимущества каждого подхода.

2. Собрать и проанализировать исторические данные о добыче угля, необходимые для построения моделей.

3. Построить модели добычи угля с использованием обоих методов, учитывая основные переменные, включая совокупное производство, время достижения пика производства и параметры модели Хабберта.

4. Проверить модели на соответствие их реальным данным о добыче угля и сравнить их точность и предсказательную способность.

5. Проанализировать применимость каждого метода к другим данным о добыче различных ресурсов и оценить их потенциальную универсальность.

1. **Модель:**

Модель добычи угля, основанная на традиционном методе Хабберта/Гаусса, описывается следующими переменными и уравнениями:

1. Q(t) - совокупное производство в момент времени t,

2. P(t) - производство в момент времени t,

3. Q∞ - совокупное производство за бесконечное время,

4. tmax - время, когда производство достигает пика,

5. a - параметр, известный как обратный период спада.

Модифицированная модель Ратледжа, использующая логит- и пробит-преобразования, также описывается переменными Q(t), P(t), Q∞, tmax и a, но включает дополнительные шаги линеаризации данных.

1. **Данные:**

Модель строится на основе исторических данных о добыче угля, которые могут быть получены из различных источников, таких как статистические базы данных о добыче угля по регионам и странам.

1. **Применимость к другим данным:**

Модель может быть применена к данным о добыче других ограниченных ресурсов, предоставив достаточное количество данных для построения моделей и корректировки параметров в соответствии с конкретными характеристиками ресурса и региона.

1. **Выводы и результаты:**

Сравнение результатов моделирования показало, что модифицированный метод Ратледжа имеет сопоставимую точность с традиционным методом Хабберта/Гаусса в прогнозировании добычи угля. Оба метода имеют свои преимущества и ограничения, и выбор между ними может зависеть от конкретных характеристик ресурса и доступности данных. Тем не менее, модифицированный метод может предоставить более гибкий инструмент для анализа и прогнозирования добычи ограниченных ресурсов в различных условиях.

* **Научная новизна:**

Научная новизна, представленная в данной статье, заключается в том, что она предлагает сравнительный анализ двух методов моделирования добычи ресурсов: традиционного метода Хабберта/Гаусса и модифицированного метода, основанного на логит- и пробит-преобразованиях, предложенного Ратледжем в 2011 году. Подход Ратледжа представляет собой новый методологический подход к моделированию добычи ресурсов, использующий логит- и пробит-преобразования для прогнозирования долгосрочных тенденций добычи и оценки времени истощения мировых ресурсов угля.

Эта статья вносит новизну в область прогнозирования добычи ресурсов, предлагая альтернативный метод, который может быть более гибким и точным в определенных ситуациях. Путем сравнительного анализа исторических данных о добыче угля и результатов моделирования эта работа демонстрирует потенциал модифицированного метода Ратледжа и его применимость к практике управления ресурсами.

Таким образом, научная новизна данной статьи заключается в представлении нового метода моделирования добычи ресурсов и его сравнительном анализе с традиционным методом, что способствует развитию научных знаний в области управления ограниченными ресурсами.

* **Вывод:**

Данная статься позволяют сделать несколько важных выводов:

1. Сравнительный анализ методов моделирования: Результаты исследования показывают, что модифицированный метод, основанный на логит- и пробит-преобразованиях, предложенный Ратледжем (2011), имеет сопоставимую точность с традиционным методом Хабберта/Гаусса в прогнозировании добычи угля. Это подтверждает потенциальную эффективность альтернативных подходов к моделированию добычи ресурсов.

2. Гибкость и применимость модифицированного метода: Модифицированный метод Ратледжа может предоставить более гибкий инструмент для анализа и прогнозирования добычи ограниченных ресурсов в различных условиях. Это открывает новые возможности для улучшения стратегий управления ресурсами и принятия решений на основе более точных прогнозов.

3. Потенциальные области применения: Модель Ратледжа может быть применена не только к добыче угля, но и к другим ограниченным ресурсам, предоставляя инструмент для анализа и прогнозирования их использования и остаточных запасов.

4. Значимость дальнейших исследований: Данное исследование выдвигает гипотезу о потенциальной применимости модифицированного метода Ратледжа к другим типам ресурсов и регионам. Проведение дальнейших исследований в этом направлении может привести к развитию более точных и универсальных моделей управления ресурсами.

Таким образом, на основании представленных данных и анализа можно сделать вывод о значимости и перспективности модифицированного метода Ратледжа в области моделирования добычи ресурсов и его потенциальной роли в улучшении стратегий управления ресурсами в будущем.