



Подход комбинаторного моделирования для исследования устойчивого развития энергетики Вьетнама

А.В. Еделев, В.И. Зоркальцев

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН

С.А. Горский

**Институт динамики систем и теории управления
им В.М. Матросова СО РАН**

Доан Ван Бинь, Нгуен Хоай Нам

Институт энергетической науки ВАНТ





Исследование развития энергетики

Сложившийся подход к исследованию развития энергетики региона или страны основан на детальном анализе сравнительно небольшого числа вариантов развития, отобранных экспертным путём. Часто применяются математические модели в виде задач математического, обычно линейного программирования.





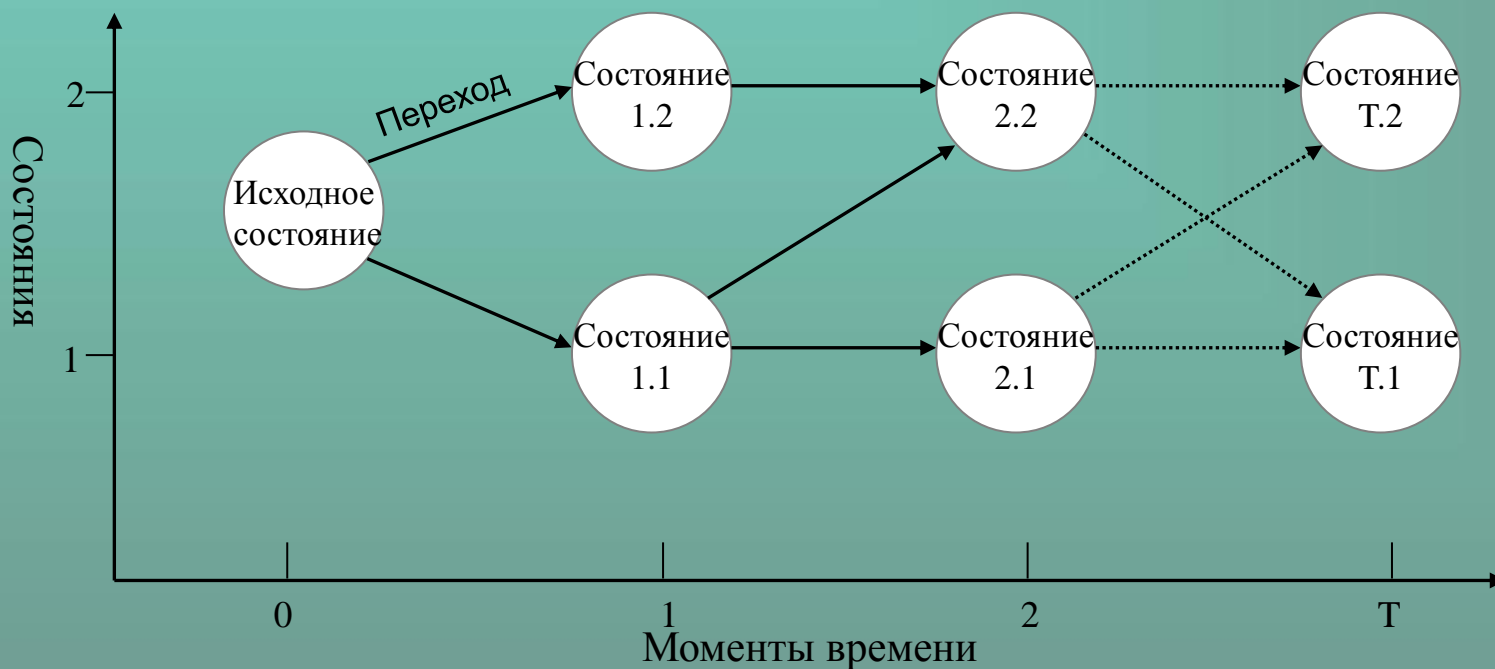
Подход комбинаторного моделирования



Принципы комбинаторного моделирования

Развитие системы и её объектов моделируется в форме направленного графа.

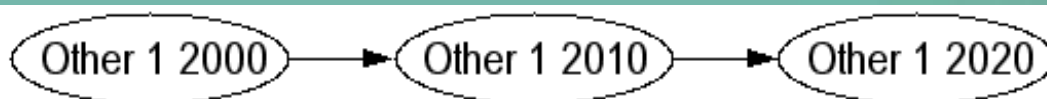
Формирование и анализ развития системы проводится путём рассмотрения различных сочетаний состояний и переходов отдельных объектов.





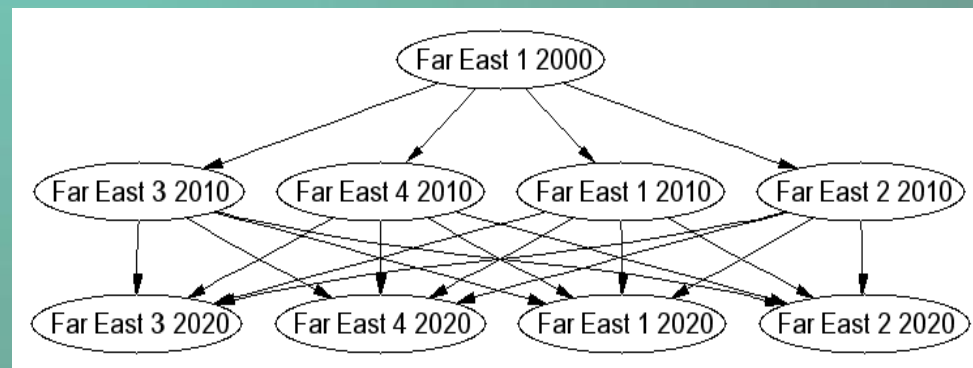
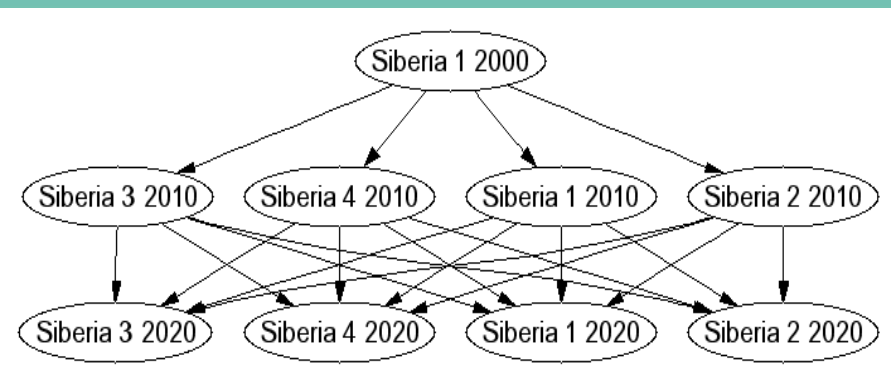
1-й этап комбинаторного моделирования

Создаётся так называемый базовый граф развития энергетики, содержащий по одному узлу для каждого опорного года. С каждым узлом связывается основная информация для создания возможных состояний энергетики со своими особенностями топливо- и энергоснабжения потребителей.



2-й этап комбинаторного моделирования

Структура энергетики разбивается на несколько составляющих частей (объектов), например, по территориальному или отраслевому признаку. Для каждого объекта экспертами строится свой граф изменений их параметров по опорным годам.





3-й этап комбинаторного моделирования

Строится граф развития энергетики путём комбинирования информации об изменениях параметров её различных частей, принадлежащих одному году.

Далее от исходного узла осуществляется проход по графу для оценки допустимости состояний и переходов в графе развития энергетики.





Оценка допустимости состояний системы

Для оценки допустимости состояний системы используются общесистемные ограничения, среди которых можно выделить два типа:

1. **Логические условия.** Некоторые варианты в развитии одного объекта могут осуществляться только при реализации определенных вариантов в развитии других объектов.

2. **Балансовые и другие расчетные ограничения.** Это ограничения на объемы использования лимитированных ресурсов и производимой продукции для каждого момента времени и каждого перехода.





Модель топливно-энергетического комплекса

$$(C, X) + (r, g) \rightarrow \min$$

$$AX - Y = 0$$

$$0 \leq X \leq D$$

$$0 \leq Y \leq R$$

A – матрица технологических коэффициентов

D – возможности по добыче, производству и транспорту

R – потребности, Y - потребление

X - добыча, производство, транспорт

r - штраф за недопоставку, g - дефицит энергоресурсов





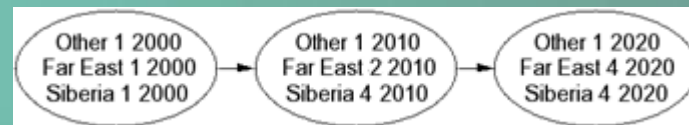
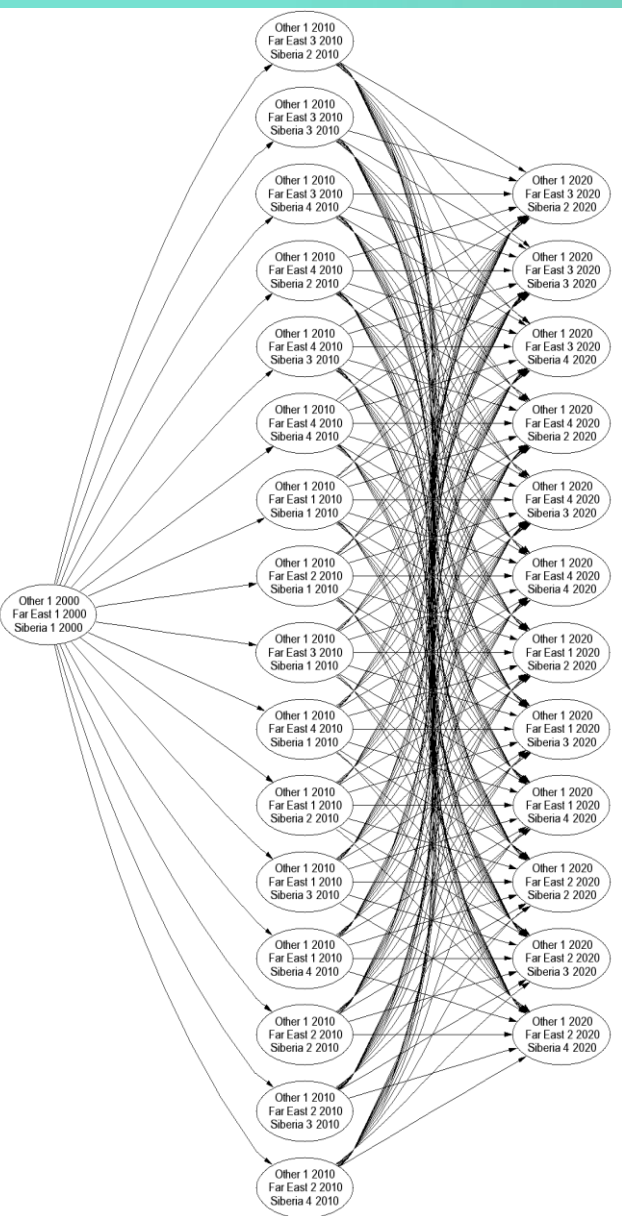
Оценка уровня энергетической безопасности

Энергетическая безопасность характеризует надёжность энергоснабжения потребителей в различных условиях. Выполнение её требований оценивается с помощью соответствующих индикаторов. Их значения вычисляются на основе результатов расчёта на модели топливно-энергетического комплекса. Уровень энергетической безопасности определяется путём сравнения значений индикаторов и их пороговых значений.





4-й этап комбинаторного моделирования





Использование распределённых вычислений

Основная проблема комбинаторного моделирования заключается в необходимости рассмотрения большого числа состояний и переходов в развитии моделируемой системы. Число это возрастает экспоненциально с ростом числа выделяемых объектов и их состояний. Применение этого подхода возможно только при наличии возможностей по скоростной обработке больших объемов данных, что настояще время обеспечивается организацией распределённых вычислений.



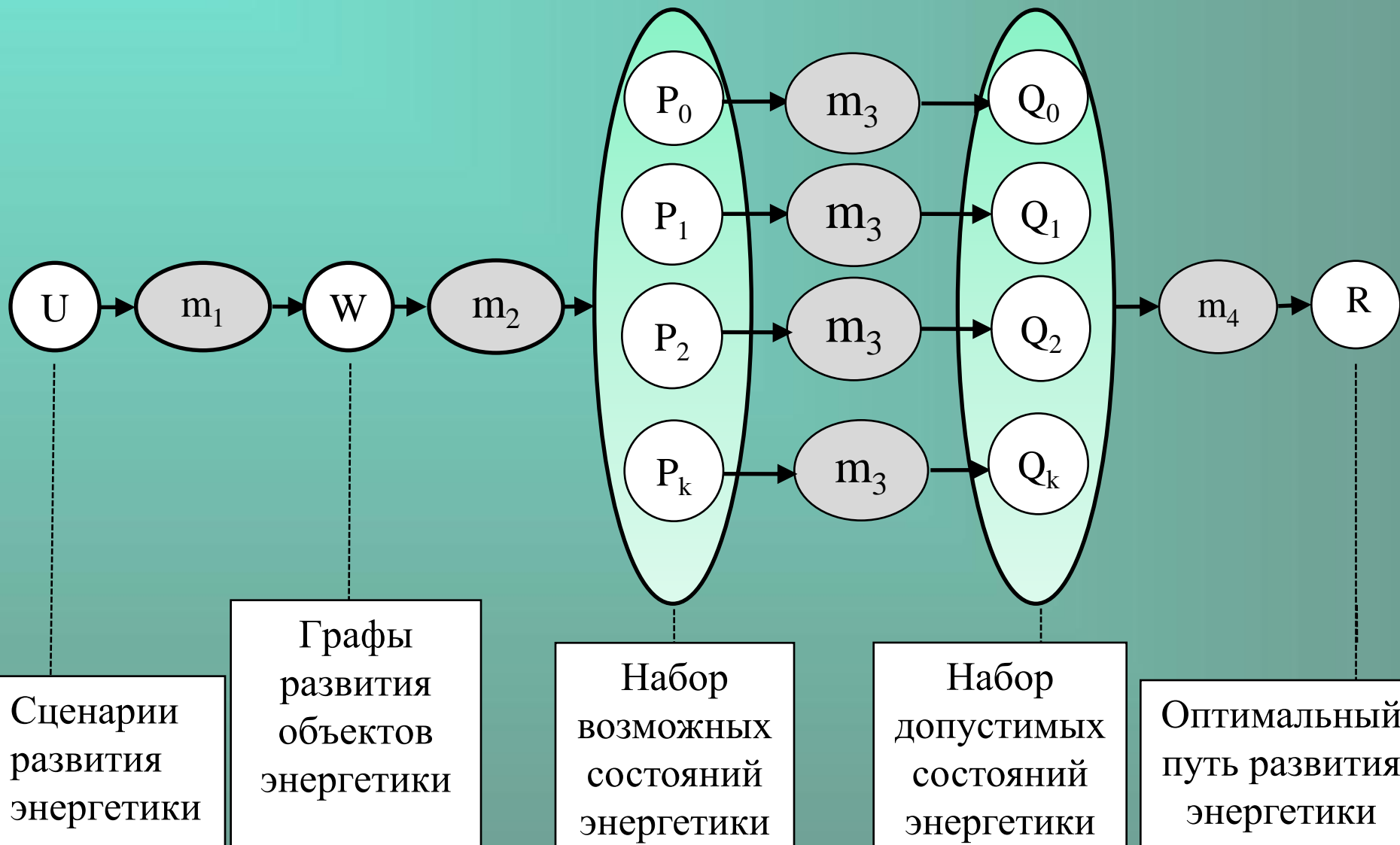


**Пакет прикладных
программ
«Корректива»
для расчётов в
распределенной
вычислительной среде**



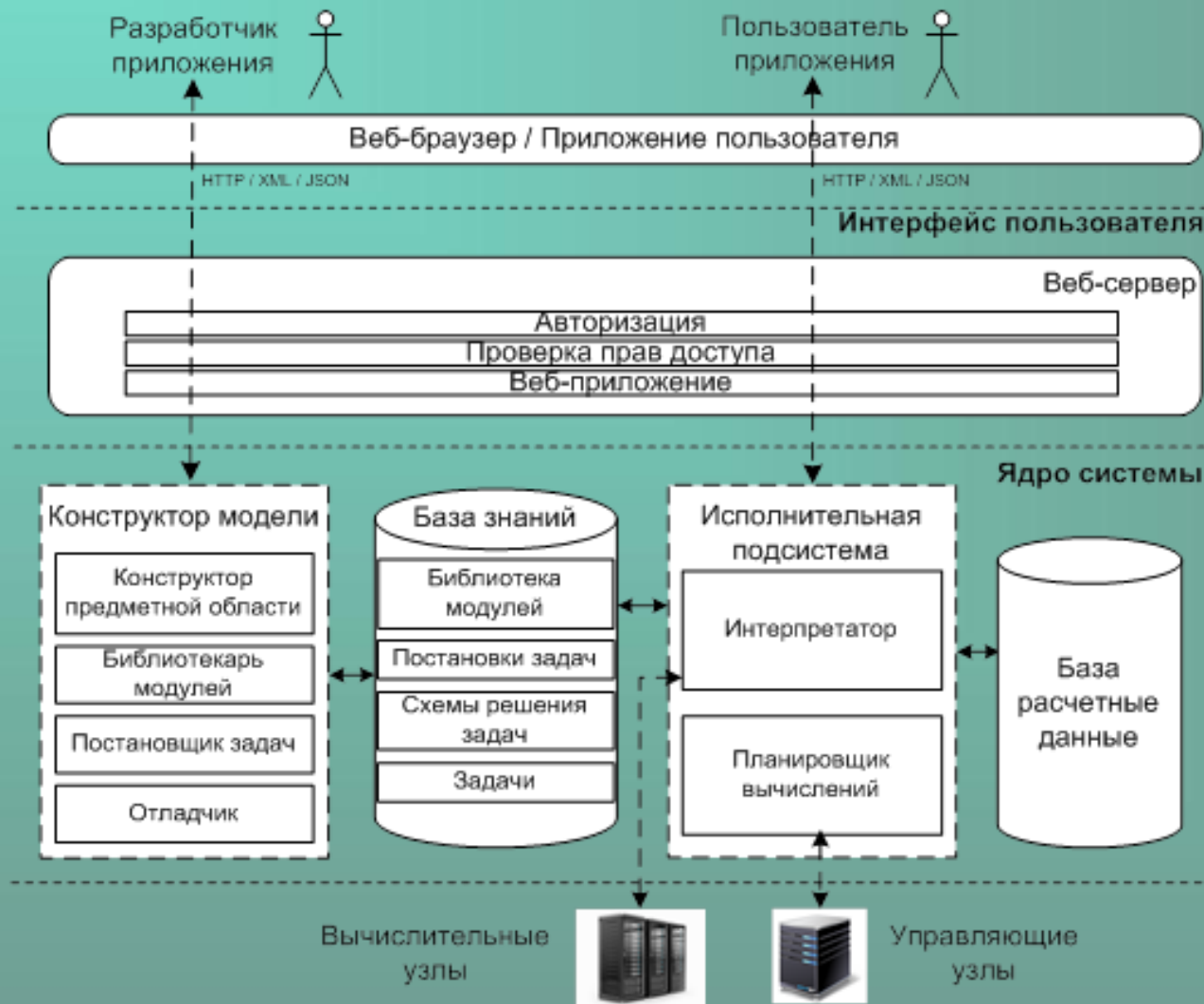


Пакет прикладных программ «Корректива»





Инструментальный комплекс Orlando Tools





Моделирование устойчивого развития энергетики Вьетнама





Исследование развития энергетики Вьетнама в 2015 году

Институтом энергетической науки ВАНТ с помощью специализированного модуля m1 пакета «Корректива» в 2015 году были проведены исследования устойчивого развития энергетики Вьетнама от 2015 до 2030 года. Варианты развития энергетики формировались на основе изменений данных Генерального плана развития энергетики Вьетнама для 2020, 2025 и 2030 годов. На 10 % от базового значения изменялся верхний предел возможностей по добыче угля, природного газа, выработке электроэнергии на ГЭС.





Результаты исследования 2015 года

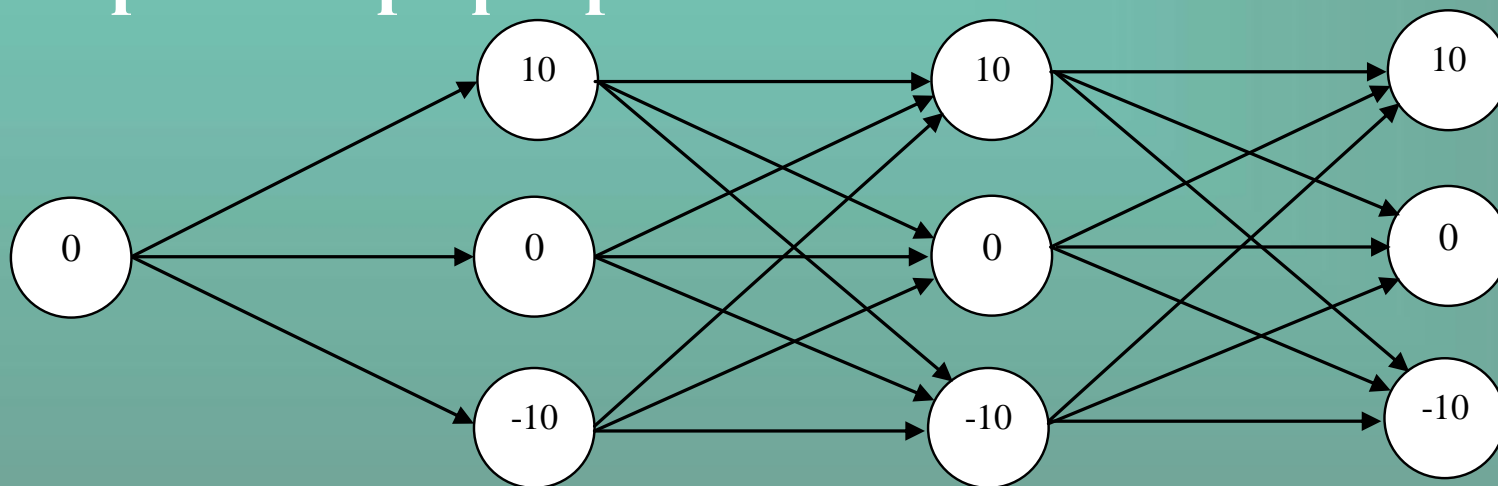
На базе выбранных критериев с помощью метода анализа иерархий были выбраны 4 варианта развития энергетики. В результате наилучшим был признан вариант, где в 2020 году возможности по добыче угля снижены на 10% и возможности по добыче природного газа увеличены на 10 %, а в 2025 и 2030 годах развитие энергетики идёт по базовому варианту.





Применение методов комбинаторного моделирования

Используя те же предпосылки и данные, для формирования и анализа вариантов развития энергетики Вьетнама в ИСЭМ СО РАН были применены алгоритмы комбинаторного моделирования. Для регионов Вьетнама были построены графы развития.



2015

2020

2025

2030





Расчёт

Расчёты проводились в распределенной вычислительной среде, организованной на основе высокопроизводительного вычислительного кластера «Академик В.М. Матросов» ИДСТУ СО РАН. Он содержит 60 вычислительных узлов T-Blade V205S.

Граф развития энергетики Вьетнама состоял из 531442 состояний. На его создание и обсчёт на 40 ядрах потребовалось 7 часов 4 минуты. Время расчёта одного состояния энергетики составляло около 0,0325 секунд.





Результаты

На основе критерия минимума затрат на развитие и функционирование энергетики Вьетнама был выбран оптимальный путь развития энергетики, который для всех перспективных моментов времени предусматривает увеличение добычи природного газа и снижение добычи угля.

Это в большей степени удовлетворяет требованиям энергетической безопасности по сравнению с результатами, полученными в 2015 году.





ВЫВОДЫ





При традиционных способах анализа развития энергетики исследователи обычно ограничиваются сопоставлением небольшого числа вариантов, выбор которых обосновывается интуицией и накопленным опытом работы. Такой ограниченный выбор всегда отражает некоторую субъективность. Это снижает уровень доказательности получаемых результатов.

Подход комбинаторного моделирования, важными достоинствам которого являются наглядность, компактность и полнота описания развития системы, позволяет корректировать варианты развития энергетики с учётом фактора энергетической безопасности.





**Спасибо
за внимание!**

