

Лекция 3

Обзор методов системного исследования экономических процессов

- Современная методология системных исследований включает в себя составляющие:
 - целостное восприятие;
 - нелинейное мышление;
 - самоорганизацию;
 - моделирование.
- Задача научных исследований экономических процессов – *предвидеть ранее не наблюдаемое*. Наиболее убедительно это можно сделать количественными методами.
- «Наука только тогда достигает совершенства, когда ей удастся пользоваться математикой» (К. Маркс)

1. Структурирование процессов моделирования

- Исследование процессов имеет первостепенное значение для выработки *обоснованных и эффективных управленческих решений*.
- Выбор эффективного метода (методов) системного исследования экономических процессов связан с задачей построения математической модели системы, в которой протекают эти процессы.

Построение математической модели системы



Стадии:

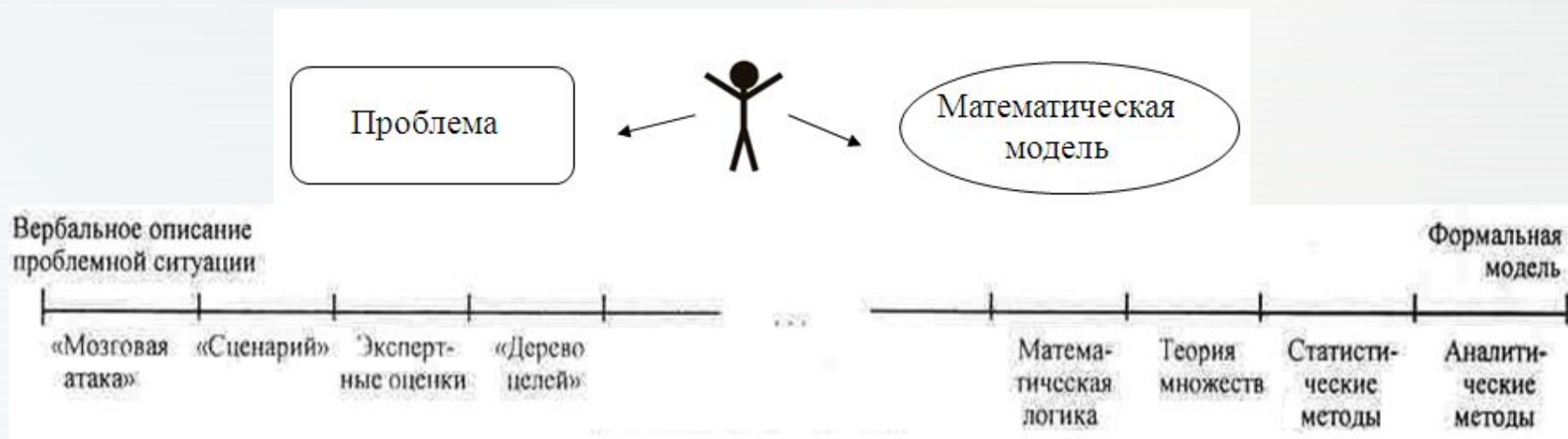
1. Анализ системы. Выявляются ее составные элементы и определяются функциональные связи между ними и строится концептуальная модель системы, диктующая методы исследования.

2. Синтез модели системы. Получение моделей элементов, формализация их связей и построение целостной модели (диффуравнений).

3. Системное изучение процесса. Сравнение поведения системы и модели при действии возмущений. Выработка управленческого решения, эффективных управленческих воздействий, обеспечивающих целенаправленное развитие системы.

2. Классификация методов системного исследования процессов

Реальные ситуации в экономических системах исследуются различными методами, которые постоянно корректируются и развиваются.



В спектре методов можно указать два класса методов:

1. методы формализованного представления систем (МФПС) – *математические*, количественные (справа);
2. методы активизации интуиции и опыта специалистов (МАИС) – *интуитивные*, качественные (слева).



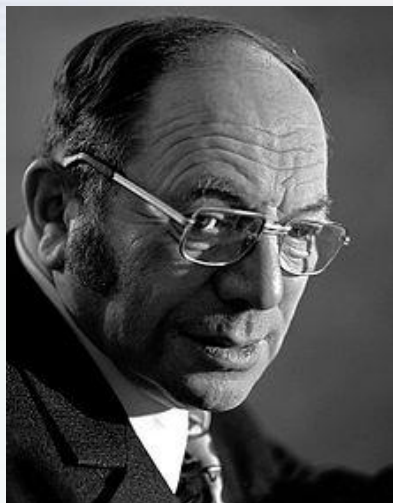
- Классификации МФПС и МАИС могут быть разными (А. И. Кухтенко, Г.Н. Пивоваров, Ф.Е. Темников, В. Н. Волкова; В. Эбелинг и др.).
- На семинарских занятиях мы рассмотрим классификацию (Ф. Е. Темников):

МАИС

1. выработки коллективных решений;
2. структуризации;
3. экспертных оценок;
4. организации сложных экспертиз;
5. морфологические.

МФПС

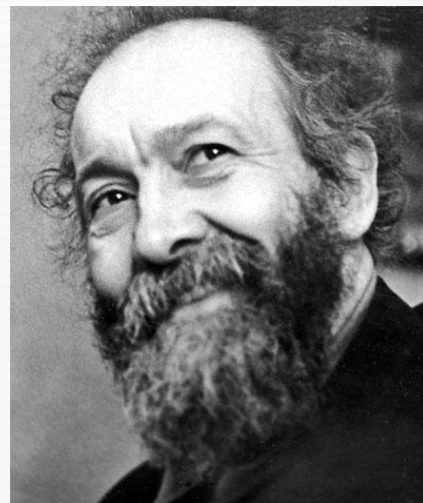
1. аналитические;
2. статистические;
3. теоретико-множественные;
4. логические
(математическая логика);
5. математическая
лингвистика и семиотика;
6. графические.



Канторович
Леонид Витальевич,
лауреат Нобелевской премии,
1975



Ляпунов
Александр Михайлович



Ляпунов
Алексей Андреевич

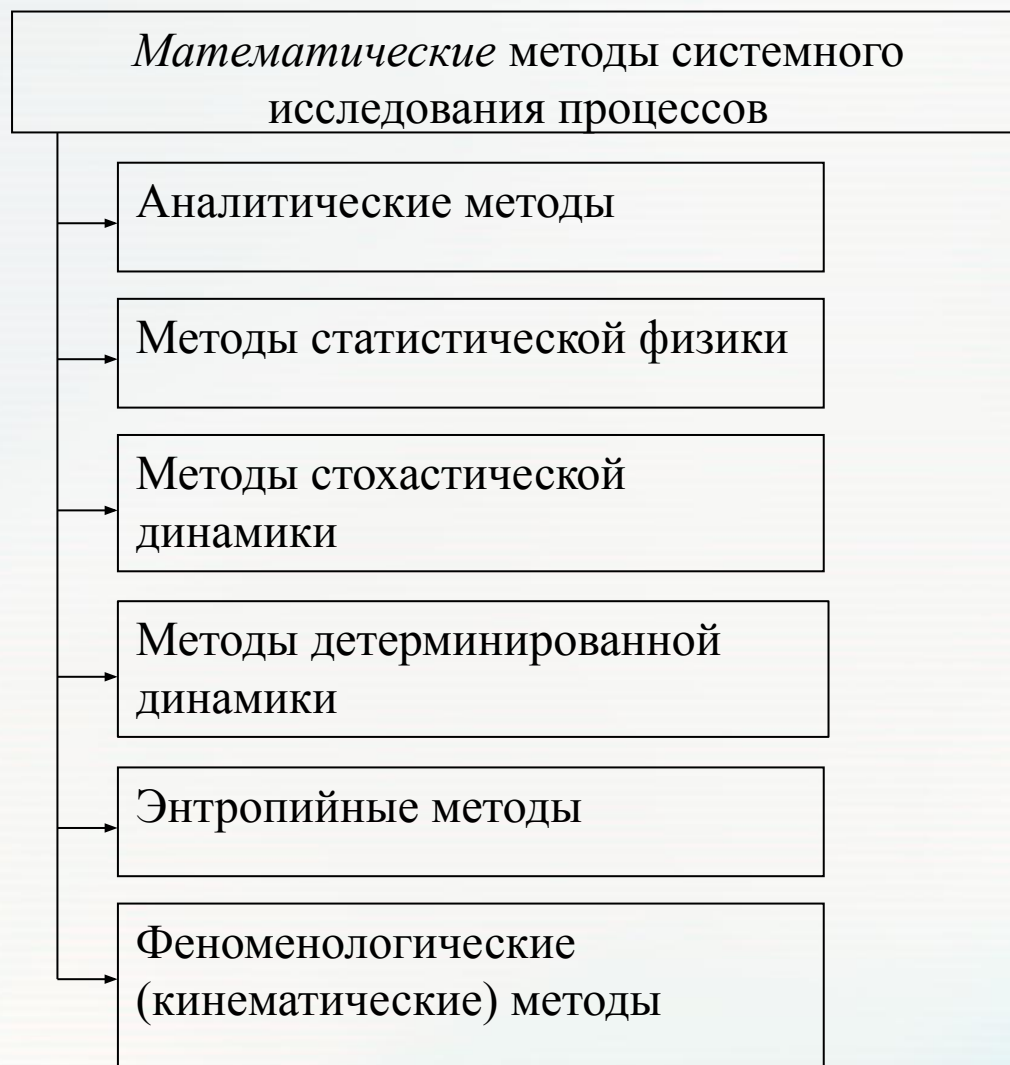


Субетто Александр Иванович



Перегудов Феликс Иванович

Из МФПС выделим базовые методы исследования процессов (В. Эбелинг):



3. Базовые математические (МФПС) методы системного исследования процессов

3.1. Феноменологический (кинематический) метод. Включает графическое представление событий, текущей переменной служит время t .



Колебания рынка товара.

$x(t)$ — объем производства;

t — время.

Уравновешивающая обратная связь работает с задержкой во времени.

При умелом наборе параметров, зависящих от времени t , метод сочетает в себе наглядность, достоверность и информативность процессов самоорганизации в экономических системах.

3.2. Энтропийный (термодинамический) метод. Методический арсенал неравновесной термодинамики используется для исследования неравновесных процессов в экономике:

1. Основная характеристика в методе – **энтропия** S – внутренняя переменная.
2. Мерой эффективности необратимых производственных процессов в экономике является **производство энтропии** $d_i S$.
3. Термодинамический подход рассматривает экономическое производство как структурообразующий, упорядочивающий процесс (т.е. процесс самоорганизации). Он характеризуется **экспортом энтропии** $d_e S$.



Достоинства:

Энтропийный метод анализа решает задачи:

- энергетического и материального баланса;
- производственного планирования и управления;
- исследования проблем, связанных с окружающей средой и ресурсами;
- отображения инновационных факторов, влияющих на процесс производства.

Ограничения:

Однако термодинамический подход не в состоянии объяснить механизм внутренних движущих сил, благодаря которым производство развивается.

3.3. Метод детерминированной динамики. Метод позволяет строить модели, основанные на составлении и решении диффуравнений, в которых переменная x – «**параметр порядка**» – выбирается так, чтобы $x(t_0)$ и $x(t)$ были причинно связаны.

Примеры:

1. $\frac{dx}{dt} = x^n$ и начальное условие $x(0) = x_0$

2. $\frac{dx}{dt} = ax(1 - x)$ модель Фишера и Прая,

где x – доля определенной технологии в производстве товара;
 a – количественная мера превосходства новой технологии.

В модели в процентном отношении представлено участие новой улучшенной технологии в производстве.

3. $\frac{dx}{dt} = ax - bx^2$ логистическое уравнение.

Методом **успешно исследуются:**

- процессы продвижения новых технологий на фоне более ранних;
- нелинейные явления сверхбыстрого развития экономических процессов, например, быстрый рост капитала («капитал» на «капитал»), ускоренное производство товара;
- явления насыщения, н-р, оптимизации рыбных ресурсов и норм вылова.

- **Слабая сторона** метода — не отражает стохастического характера возникновения «нового».



3.4. Метод стохастической динамики оперирует:

- параметром порядка $x(t)$, который рассматривается как флуктуирующая величина;
- вероятностным распределением $P(x, t)$;
- динамическим уравнением (управляющим уравнением), определяющим

временное развитие

$$\frac{dx}{dt} = f[x(t), P(x, t)].$$

Метод эффективен:

- если информация об объекте исследования ограничена;
- при исследовании вероятностных процессов.

Проблемы:

- необходим обширный фактический материал;
- нужно длительное время наблюдений.



3.5. Метод статистической физики. Основные понятия метода:

x – «**параметр порядка**», характеризует быстрый процесс самоорганизации на всех уровнях иерархии системы;

r – «**управляющий параметр**», характеризует медленно протекающие внешние процессы.

Процесс можно описать уравнением вида: $\frac{dx}{dt} = f(x, r)$

Если функция $U(x)$ обладает свойством $\frac{dU}{dx} = -f(x)$,

то верно следующее соотношение $\frac{dU}{dt} = \frac{dU}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = -f^2(x) \leq 0$

В стационарных точках $\dot{x} = 0$ процесс:

1. неустойчив, если $f'(x) > 0$;
2. устойчив, если $f'(x) < 0$.

При изменении управляющего (бифуркационного) параметра r появляются / исчезают нули функции $f(x)$, т.е. система переходит из устойчивого состояния в неустойчивое, затем в новое устойчивое состояние.

Возможности и достоинства метода:

- решает проблемы выбора благоприятного пути развития;
- наиболее информативен, чем другие;
- позволяет исследовать неустойчивость в нелинейных системах, т.е. когда «новое» начинается с разрушения «старого».

Недостаток:

- метод сложен по сравнению с другими.



3.6. Аналитические методы

3.6.1. Методы теории катастроф.

Основные характеристики: x – **параметр порядка** – переменная;

$a, b, c, \dots$ – **управляющие параметры**.

Экономические процессы описываются диффуравнением катастрофы:

$$\frac{dx}{dt} = - \frac{\partial F(x, a, b, \dots)}{\partial x},$$

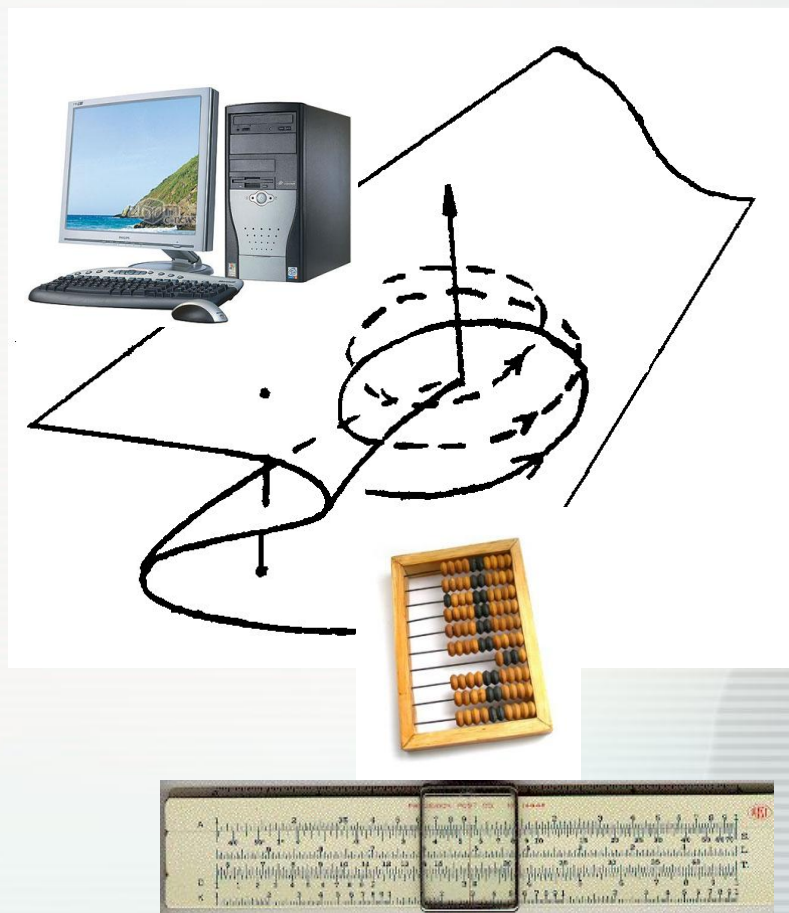
где F – потенциальная функция.

Диффуравнение описывает резкие переходы системы в новые состояния, происходящие при непрерывном изменении управляющих параметров.

Методом исследуются:

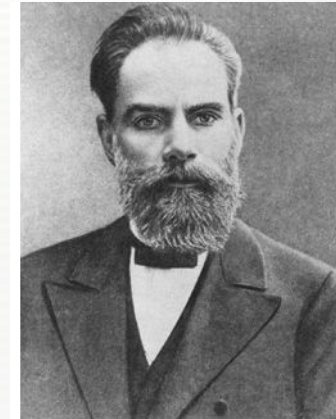
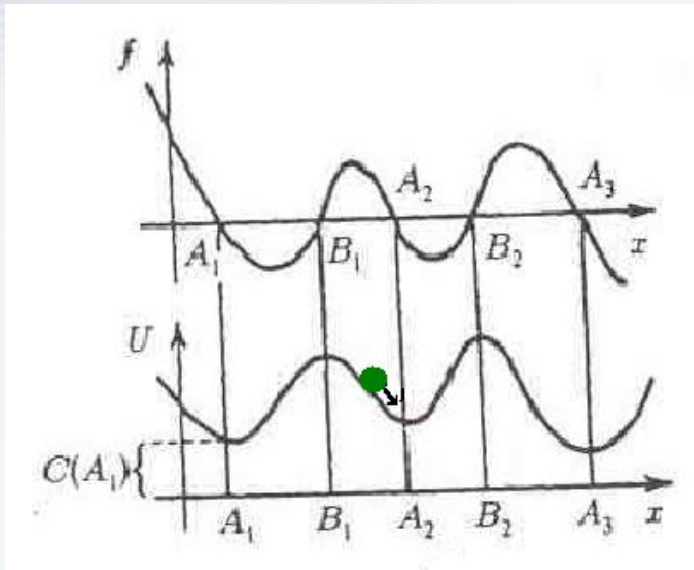
- нелинейные процессы спроса и предложения;
- структурные кризисы капитала;
- задачи прогнозирования кризисов.

Недостаток: метод сложен по сравнению с другими.

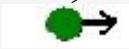


3.6.2. Методы А. М. Ляпунова

- А. М. Ляпунов создал два общих метода **исследования устойчивости** нелинейных систем:
 - первый основан на линеаризации уравнений, описывающих поведение системы;
 - второй заключается в прямом исследовании устойчивости системы путем определения такой потенциальной функции координат ее фазового пространства, в которой точки $\min$ – положения устойчивого состояния, точки $\max$ – неустойчивого.
- Первый метод относится к задачам локального анализа, когда траектория находится в окрестности состояния равновесия, второй – к задачам выяснения, что происходит вне этой окрестности.



А. М. Ляпунов

- U – функция Ляпунова;
$$f = - \frac{dU}{dx}.$$
- Точки A_1, A_2, A_3 асимптотически устойчивы, т. е. аттракторы. 
- В интервале (B_1, B_2) движение системы к точке A_2 – устойчивый процесс.

- **Достоинства:**

- прямой метод исследования экономических и других процессов;
- общепринятое средство анализа в точных науках и в теоретической экономике.

- **Недостаток:**

- отсутствие алгоритмов построения функций Ляпунова.

3.6.3. Методы математического программирования Л. В. Канторовича

Особенности методов (форма представления задачи):

- вводится понятие *целевая функция*, определяющая максимизацию величины, н-р, прибыли, объема реализуемой продукции, загрузки транспорта, оборудования и т. п.

$$F = \sum_{i=1}^n C_i x_i \rightarrow \max ,$$

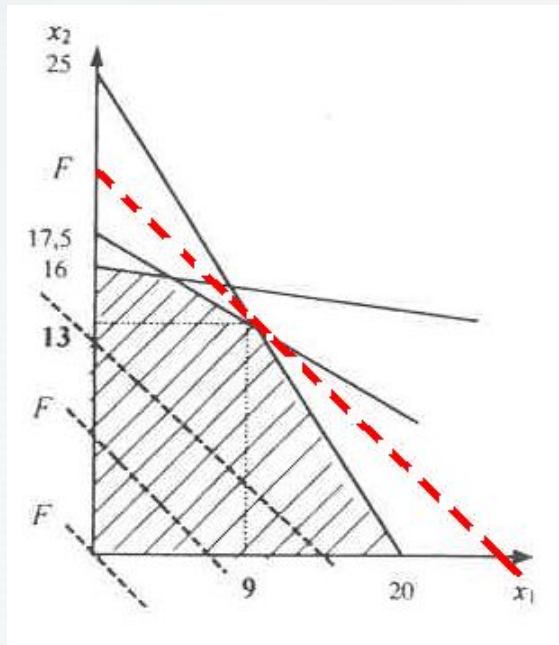
где F – целевая функция; C_i – цена изделия; x_i – выпуск изделий.

- устанавливаются *ограничения*
$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \leq B_j ,$$

где a_{ij} – загрузка цеха в процентах; B_j – предельная (max, 100%) загрузка цеха;
 i – вид изделия, j – номер цеха.

- дается *графическое* решение задачи.

Графическое решение задачи: *н-р, в трех цехах изготавливается два вида изделий x_1 и x_2 . При какой загрузке прибыль максимальна?*



- Ограничение определяет область допустимых решений (заштрихована);
- Последняя точка пересечения линии F с областью допустимых решений есть наилучшее решение задачи (оптимум), то есть при выпуске $x_1 = 9$, $x_2 = 13$ прибыль $\max$.

- Направления математического программирования:

- линейное (целевая функция линейна);
- нелинейное (целевая функция нелинейна);
- целочисленное (ограничение на характер переменных);
- динамическое и др.

- **Достоинства:**

метод позволяет решать

слабоформализованные задачи:

- планирования;
- распределения работ и ресурсов;
- загрузки оборудования;
- управления современным предприятием на начальном этапе постановки задач и др.



Канторович Л. В.

- **Недостатки:**

крайне трудно получить требуемые аналитические зависимости (целевой функции и ограничений) и строго решить задачу для *многокомпонентных, многокритериальных* систем.

4. Проблемы исследования экономических процессов

1) Математические методы исследования процессов были разработаны в физике:

- методы математической физики;
- теоретическая физика и т.д.

2) Часть физико-математических методов адаптирована к исследованию экономических процессов.

3) В экономике возникают ситуации, которые не удастся формализовать существующими методами.

В физике

Проблема измерения силы и массы, объединенных уравнением $P = mg$.

Решение:

- ввели эталон m_0 ,
- по эталону определили m ,
- по m определили P .

В экономике

Проблема формализации объединения «человек-станок».

Что лучше:

- 5 станков + 10 рабочих,
- 10 станков + 5 рабочих,
- Нет решения

В экономике нет эталонов (пока!), а стоимостной показатель зависит от способа объединения.

Аналогия
←→
проблемы

5. Интуитивные (МАИС) методы системного исследования экономических процессов

- В областях экономики, где наука еще не доросла до использования математики, сложились основанные на собственном опыте специалистов *интуитивные* (качественные) методы исследования.
- Интуитивны



На семинарских занятиях изучим:

1. методы **выработки коллективных решений** (мозговой атаки; сценариев; групповых дискуссий);
2. методы **структуризации** («дерево целей»; STEP и SWOT – анализ; портфельного анализа);
3. методы **экспертных оценок** (ранжирование; парные сравнения; множественные сравнения; непосредственная оценка; Черчмена-Акоффа; Неймана-Моргенштерна; согласованных оценок);
4. методы **организации сложных экспертиз** («Дельфи»; усложненной экспертной процедуры – ПАТТЕРН; решающих матриц);
5. **морфологические** методы (систематического покрытия поля; отрицания и конструирования; морфологического ящика).

В обзоре рассмотрим модификации:



5.1. Метод интерактивного моделирования

- Интерактивными называют отношения, основанные на двухсторонних связях между разными индивидами, между руководителями и подчиненными, между коллегами и.и.п.



- Фундаментальные принципы **интерактивного** метода:

- *активизации*. Построение модели системы следующего поколения, которая должна заменить существующую систему, реализуется с активным участием всех индивидуумов;
- *самоорганизации*. Модель системы должна быть реальной, способной обучаться и адаптироваться к возможным изменениям среды, т. е. самоорганизующейся;
- *влияния будущего*. Желаемые изменения внедряются в поведение мультиразумной системы путем формирования коллективного представления о желаемом будущем;
- *целостности*. Достигается синергетический эффект: за счет интерактивного взаимодействия людей создается более эффективная система.

- Интерактивное моделирование содержит два этапа:
 - описание беспорядка и *формулировка проблемы*;
 - идеализация и *выработка решений*.

- Существует три способа выявления проблемы, исходя из:
 - отклонения от нормы (стандартов);
 - недостатка ресурсов;
 - готовых решений, имеющихся в распоряжении эксперта.

- Выработка решений состоит из двух шагов:
 - идеализации;
 - реализации.

- **Идеализация** — воссоздание модели системы, удовлетворяющей условиям:
 - технологическая осуществимость;
 - жизнеспособность в эксплуатации;
 - обучаемость и адаптивность.
- **Реализация** идеальной модели. Выявляются и устраняются ограничения и производится практическое внедрение системы.
- Процедура определения проблемы и процедура выработки решения достигаются методом последовательных приближений или итераций (от лат. *iteratio* — повторение, цикл).

- **Достоинства:**

- перестраивает образ мысли участников и оказывает долгосрочное воздействие на развитие событий в мультиразумной системе;
- средство развить способность людей воспринимать новое, делать выбор из альтернативных решений.

- **Ограничения:**

- большой объем качественной информации;
- длительные сроки исследования.

5.2. Метод экспертных оценок

- Основан на анализе мнений и выводов различных экспертов о будущем системы.
- Основная идея метода – использовать опыт, интуицию и знания специалистов для поиска альтернатив решения слабоформализованных задач.



- Метод является *комплексным* и включает описание:
 - способов формирования группы экспертов;
 - организации экспертного процесса;
 - существующих методик экспертных исследований;
 - технологических приемов обработки экспериментальных данных;
 - методики выработки решения (процедуры голосования).
- Метод эффективен при системном подходе к исследованию экономических процессов.

- **Достоинства:**

- метод группового выбора более надежен, чем единоличные заключения при решении сложных проблем;
- широкий спектр оценок исследуемой системы (явления) и возможность их статистической обработки;
- используется интеллект специалистов, работающих в различных областях знания.

- **Недостатки:**

- субъективность оценки;
- относительность методологической разработанности.

5.3. Метод Дельфи



Храм в г. Дельфи (Греция), где находился оракул.

- В его основе лежат три принципа:

- ☐ анонимности;
- ☐ обратной связи;
- ☐ группового ответа.

- Технология метода включает:

- ☐ ряд (от двух до четырех) последовательных туров опросов;
- ☐ статистическую и аналитическую обработку данных анкетирования каждого тура и доведение результатов до экспертов;
- ☐ аналитическую обработку ответов экспертов.



- Метод предъявляет жесткое требование к опросной анкете:
 - все вопросы в ней должны сводиться к количественной оценке и допускать возможность выражения ответа в числовой форме (время события, показатель производительности труда, вероятность наступления события, доля (%) знаниевой составляющей в продукции и т.п.);
 - не разрешается использование вопросов, требующих содержательных ответов;
 - структура анкеты вырабатывается в первом туре анкетирования и используется для проведения экспертизы в последующих турах.

- **Достоинства:**

- возможность выработки управленческого решения на основе статистико-аналитической обработки количественных показателей;
- ступенчатость опросов позволяет уточнять оценки объекта, уменьшать погрешность измерений.

- **Ограниченность:**

- не вскрывает механизма изменения оценок за счет последовательных опросов экспертов;
- не исключает субъективности оценки.

5.4. Морфологический метод

- Основной принцип: изучение экономической системы с целью выявить её морфологию и основные закономерности развития.
- *Морфология* (от гр. morphe - форма) – облик, строение экономической системы формируется множеством (сетью) каналов массо-энергообмена между её подсистемами и элементами.
- Метод заключается в наблюдении, описании и классификации морфологии экономической системы и выяснении её функций.
- На основе морфологии прогнозируется *прямо не наблюдаемые в данное время явления*. По «внешнему виду» делаются выводы о состоянии предприятия, фирмы, регионального рынка и т. п., что содержит элемент прогноза дальнейшего развития того или иного процесса.

Морфологический анализ

Метод поиска новых идей, основанный на анализе структуры объекта

Правила:

Формулируется проблема.

Указываются основные параметры объекта.

Указываются варианты исполнения параметров.

Рассматриваются все возможные сочетания.

Задача:

Найти новый вид тары для соков

Морфологическая таблица

Параметры	Варианты параметров				
Материал	Стекло	Пленка	Пластмасса	Бумага+пленка	Металл
Форма	Цилиндр	Конус	Парралеп.	Куб	Тетраэдр
Укупорка	Пробка разовая	Пробка многоразовая		Без пробки	
Время использов.	Многоразовая	Одноразовая		Известные варианты	
Утилизация	Пункт приема	В мусор			

300 вариантов

300 вариантов

- **Достоинства:**

- позволяет выделить реакцию каждого элемента системы на то или иное воздействие – построить «дерево» или «список» неких событий;
- дает возможность использовать всю сумму информации о системе.

- **Ограниченность:**

- метод не позволяет оценить скорость реагирования системы на внешнее воздействие, т. е., когда возникнет ответ на возмущение;
- не прогнозирует качественные изменения в системе.

5.5. Метод аналогий

- Метод основан :
 - на поиске объектов – аналогов, о которых известен их отклик на те или иные воздействия;
 - на предположении, что изучаемая система будет вести себя адекватно объекту – аналогу при данном типе воздействий;
 - на допущении возможности простой экстраполяции тенденции развития системы и объекта аналога в будущее при сохраняющемся воздействии.
- Метод аналогий используется при проектировании гидроэлектростанций, летательных аппаратов, морских судов, при анализе развития экономических кризисов и т. п.

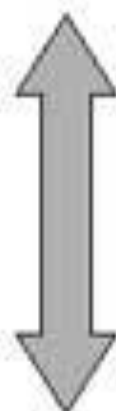
Аналоги

- | | | |
|---|---|--|
| • Неравновесные экономические процессы (взаимодействие спроса и предложения и др.). | ↔ | • Неравновесные тепловые процессы (взаимодействие тепловых и диффузионных потоков и др.). |
| • Нелинейные экономические процессы с обострением; нелинейная динамика региональной экономики и т. п. | ↔ | • Кинетика химических автокаталитических реакций. |
| • Циклические процессы и переход к хаосу в экономике. | ↔ | • Биологические процессы колебаний численности популяций: задачи «хищник-жертва» и «хищник-жертва-пища». |

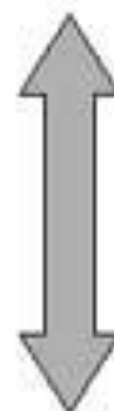
Менеджеры
международного
уровня



Посещение
зарубежной
компании



Освоение опыта
западных
компаний



Консультанты по
управлению



Отдел
стратегического
анализа

Рисунок 4. Способы привнесения международного опыта

- **Достоинства:**

- хорошая методологическая разработанность;
- возможность привлечения традиционной качественной информации, накопленной в рамках различных наук (экономических, технических, естественных).

- **Недостатки:**

- не во всех случаях можно найти ситуации – аналоги для экономических процессов.

5.6. Метод мозгового штурма

- Технология подразумевает получение решения, как продукта творчества коллектива специалистов в ходе заседания, проводимого по определенным правилам, и последующего анализа его результатов.
- Модификации метода мозгового штурма:
 - *обратный;*
 - *теневой;*
 - *комбинированный;*
 - *брейнрайтинг;*
 - *индивидуальный;*
 - *мозговой штурм на доске;*
 - *штурм в стиле соло;*
 - *визуальный;*
 - *мозговой штурм по-японски.*



- **В основе метода:**

1. принцип *интерактивности*. В свободной дискуссии убираются (снимаются) разнообразные барьеры (психологические, коммуникативные, социальные и т. д.), высвобождается творческая энергия, люди включаются в *интерактивную* коммуникацию, вовлекаются в процесс генерирования идей;
2. *синергетический* принцип. При совместном обсуждении появляются, рождаются идеи более высокого качества, чем при индивидуальной работе тех же людей. Это происходит за счет доработки, продумывания сырой идеи высказанной другими (кооперативное взаимодействие).
3. принцип *запрета*. В состоянии генерирования идей процесс творческого мышления нельзя тормозить, останавливать преждевременной субъективной оценкой этих идей.



Смысл **мозгового штурма** создать синергию коллективного разума.

- Этапы и правила мозгового штурма:

1. Постановка проблемы:

- четкая формулировка проблемы;
- отбор участников;
- определение ведущего;
- распределение ролей;
- выбор способа проведения штурма.

2. Правила генерации идей :

- главное — количество идей;
- полный запрет на критику и оценку идеи на этом этапе;
- необычные и абсурдные идеи приветствуются;
- комбинирование и улучшение идей.

3. Группировка, отбор и оценка идей:

- установление критериев отбора и оценки идей;
- выделение ценных идей;
- оценка идеи приветствуется, а не ограничивается как в п. 2;
- выработка максимально эффективного решения задачи.

4. Мозговые атаки проводят две группы:

- участники, предлагающие новые варианты решения задачи;
- члены комиссии, обрабатывающие предложенные решения.

- **Достоинства:**

- развивает нестандартное творческое мышление;
- относительная простота метода;
- формирует творческую атмосферу.

- **Ограниченность:**

- не гарантирует тщательную разработку предлагаемой идеи;
- зачастую его участники уходят от реальной проблемы;
- в потоке разнообразия предложений порой трудно найти рациональные и продуктивные идеи.

- Итак, все *интуитивные* методы системного исследования (прогнозирования) экономических процессов имеют ограничения, из которых основные:
 - описательность;
 - большой объем изучений;
 - длительные сроки исследований;
 - невозможность предсказать не наблюдаемое ранее.
- Преодоление указанных проблем возможно путем применения *математических* методов.

- Методы исследования объектов (процессов) выбираются по классификации систем , в частности по степени *организованности* систем:
 - хорошо организованные системы – аналитические методы;
 - плохо организованные системы – статистические методы;
 - самоорганизующиеся системы – математические и интуитивные методы.
- Выбор методов зависит от степени *неопределенности* проблемной ситуации, для исследования или управления которой разрабатывается методика.
- Методика изучения объектов (процессов), как правило, объединяет средства МАИС и МФПС (методика постепенной формализации):
 1. на первом этапе наиболее часто применяется МАИС, которые помогают в выборе МФПС;
 2. на втором этапе спектры МАИС и МФПС расширяются.



Исследования по разработке методов математической экономики под силу молодым математикам-экономистам, которые владеют математическим аппаратом и глубоко знают экономическую теорию.

Успехов Вам, «юные дарования» !

