



Прогнозирование и экспертная оценка транспорта и транспортной техники

- **Лекция 3. Методологические основы прогнозирования**
- Основные понятия
- Классификация методов прогнозирования.
- Классификация и оценка источников прогнозной информации
- Классификация объектов и выбор методов прогнозирования
- Точность и достоверность прогнозов
- Верификация и синтез результатов прогнозов



Основные понятия

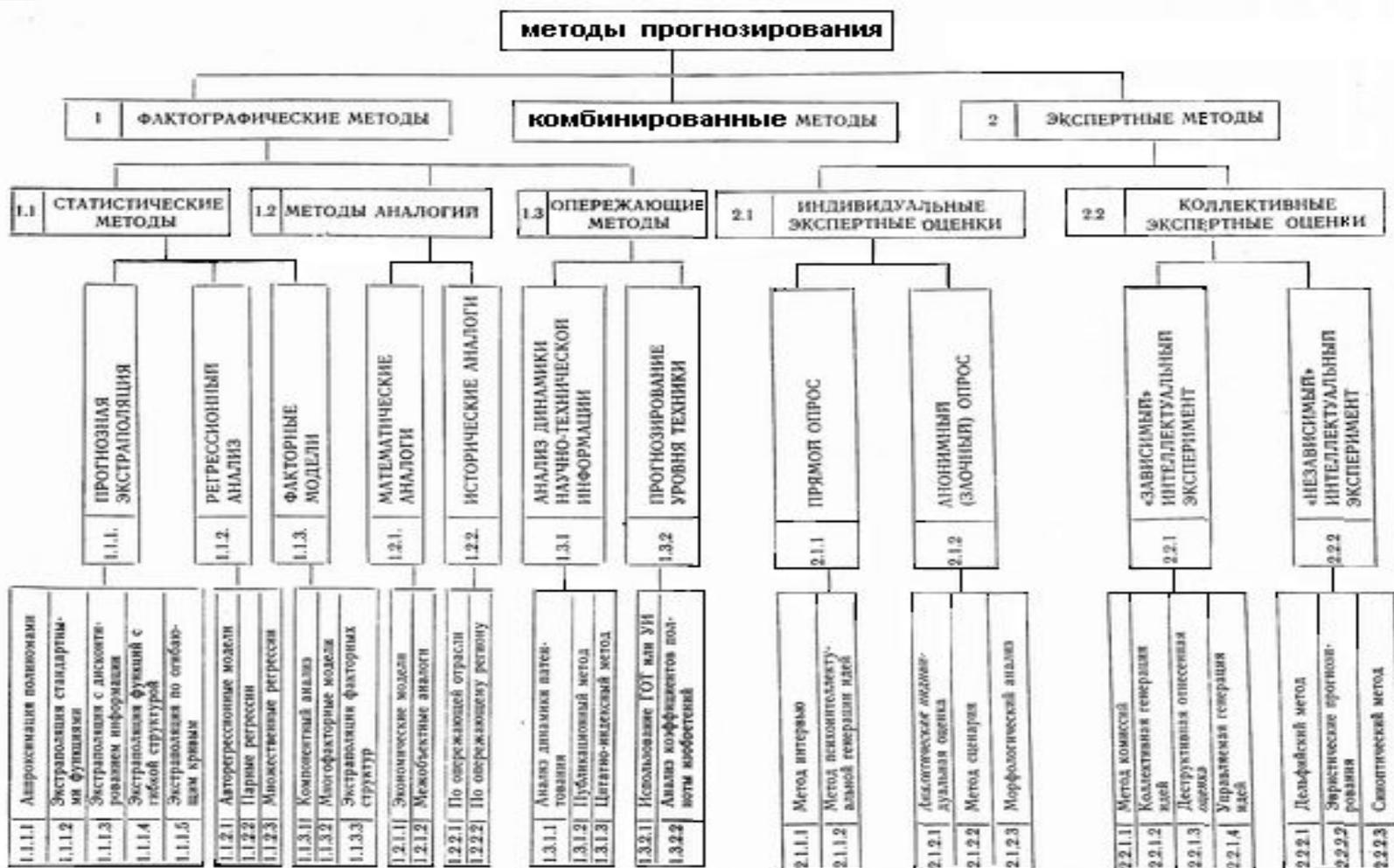
- **Прогнозирование** - процесс разработки прогнозов.
- Процесс прогнозирования можно разделить на этапы.
- **Этап прогнозирования** - часть процесса разработки прогнозов, характеризующаяся своими задачами, методами и результатами.
- Основные этапы процесса прогнозирования: ретроспекция, диагноз и проспекция.
- **Прогнозная ретроспекция** - этап прогнозирования, на котором исследуется история развития объекта прогнозирования и прогнозного фона с целью получения их систематизированного описания.
- **Прогнозный диагноз** - этап прогнозирования, на котором исследуется систематизированное описание объекта прогнозирования и прогнозного фона с целью выявления тенденций их развития и выбора (разработки) моделей и методов прогнозирования.
- **Проспекция** - этап прогнозирования, на котором по результатам диагноза разрабатываются прогнозы объекта прогнозирования и прогнозного фона, производится верификация и синтез прогнозов.



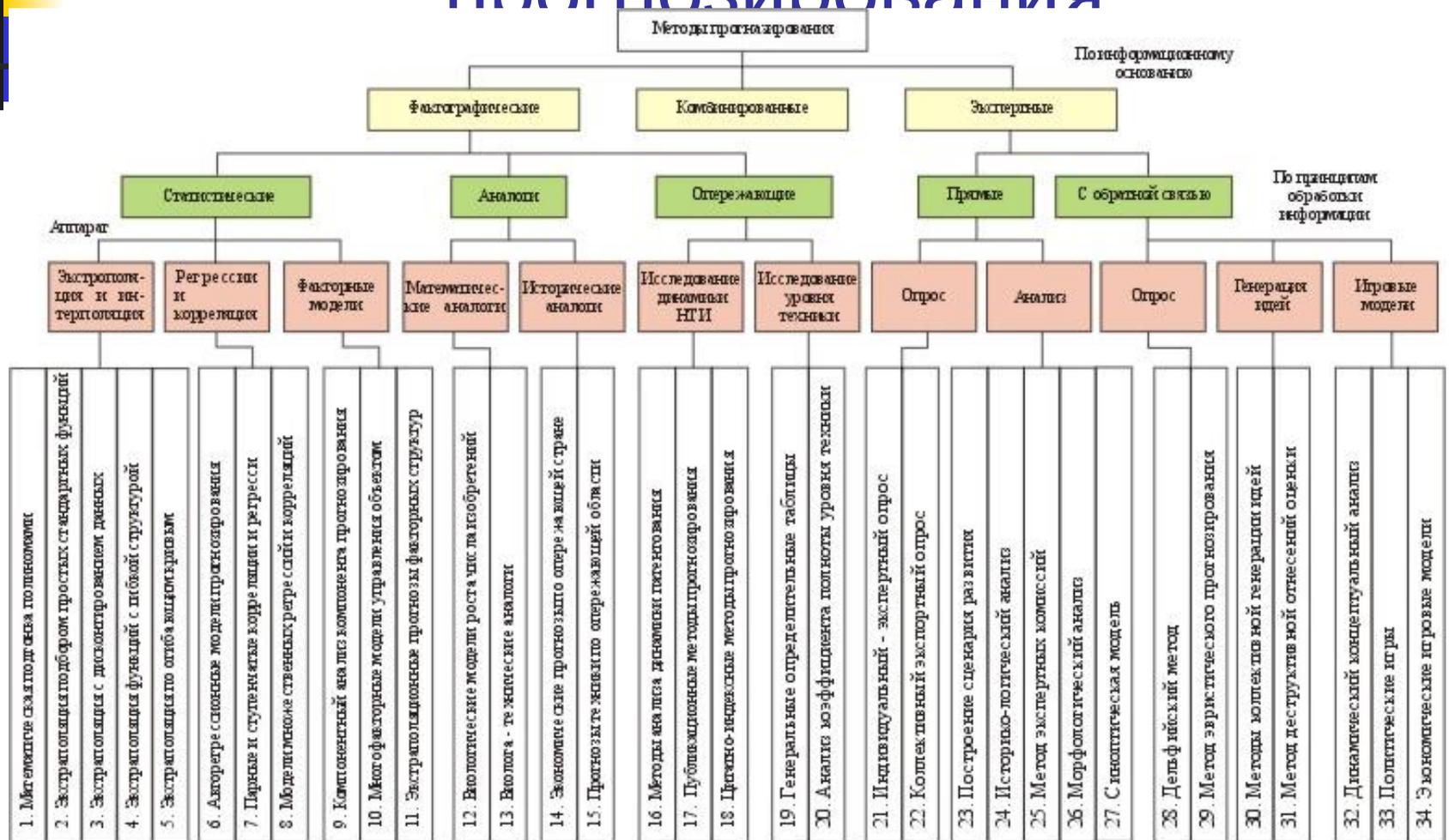
Основные понятия

- **Верификация прогноза** - оценка достоверности и точности или обоснованности прогноза.
- **Синтез прогнозов** - реализация цели прогноза путем объединения конкретных прогнозов на основе принципов прогнозирования.
- **Прогноз** - научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и (или) об альтернативных путях и сроках их осуществления.
- **Прогнозный фон** - совокупность внешних по отношению к объекту прогнозирования условий, существенных для решения задачи прогноза.
- **Метод прогнозирования** - способ исследования объекта прогнозирования, направленный на разработку прогнозов.

Классификация методов прогнозирования



Классификация методов прогнозирования



Дерево системы методов современного прогнозирования



Классификация методов прогнозирования

Предлагаемая классификация (рисунок 1) содержит четыре уровня со следующими признаками:

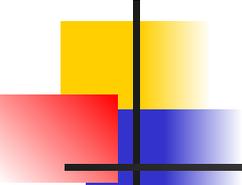
- а) информационная основа метода (фактографические или экспертные методы);
- б) принцип получения и обработки информации (статистические методы, аналогии, опережающие методы, индивидуальные и коллективные экспертные оценки);
- в) аппарат метода (прогнозная экстраполяция, регрессионный анализ, факторные модели, математические и исторические аналоги, исследование динамики информации и др.);
- г) методы, расположенные на нижнем, четвертом уровне, соответствуют предельной детализации аппарата метода и называются простыми (сингулярными), так как содержат только одну процедуру прогнозирования (математическая подгонка полиномами, экстраполяция подбором простых стандартных функций и т. д.).



Первый уровень

На первом уровне все методы делятся на три класса по признаку “**информационная основа метода**”.

- **Фактографические методы**—методы прогнозирования, базирующиеся на использовании источников фактографической информации. Фактографические методы базируются на фактически имеющемся информационном материале об объекте прогнозирования и его прошлом развитии.
- **Экспертные методы** — методы прогнозирования, базирующиеся на экспертной информации. В отличие от фактографических, экспертные методы используют обработанные суждения экспертов, полученные при проведении специализированных опросов.
- **Комбинированные методы** выделены в отдельный класс, чтобы можно было относить к нему методы со смешанной информационной основой, в которых в качестве первичной информации используются фактографическая и экспертная.

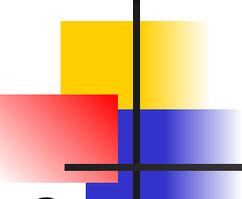


Второй уровень

На втором уровне эти классы разделяются далее на подклассы по принципам обработки информации.

Фактографические методы разделяются на три подкласса.

- **Статистические методы прогнозирования** - фактографические методы прогнозирования, основанные на построении и анализе динамических (временных) рядов характеристик объекта проектирования.
- Статистические методы объединяют совокупность методов обработки количественной информации об объекте прогнозирования по принципу выявления содержащихся в ней математических закономерностей развития и математических взаимосвязей характеристик с целью получения прогнозных моделей.
- **Методы аналогий** направлены на то, чтобы выявлять сходство в закономерностях процессов развития объектов и на этом основании производить прогнозы.
- **Опережающие методы** - метод прогнозирования, основанный на использовании свойств научно-технической информации опережать реализацию научно-технических достижений в общественной практике.

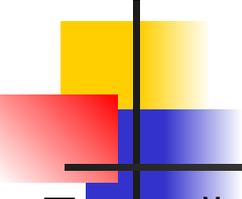


Второй уровень

Экспертные методы прогнозирования по принципу обработки информации можно разделить на **методы индивидуальной и коллективной экспертной оценки]**.

- **Метод индивидуальной экспертной оценки** - метод прогнозирования, основанные на использовании в качестве источника информации одного эксперта.
- **Метод коллективной экспертной оценки** — метод прогнозирования, основанный на выявлении обобщенной объективированной оценки экспертной группы путем обработки индивидуальных, независимых оценок, вынесенных экспертами, входящими в группу.

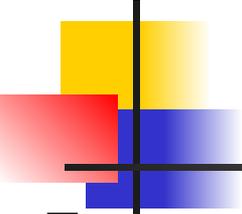
Широко применяемые в настоящее время методы коллективных экспертных оценок представляют собой попытку повысить степень объективности мнений экспертов, увеличить достоверность коллективного суждения.



Третий уровень

Третий уровень классификации разделяет методы прогнозирования на виды по классификационному признаку “аппарат методов”. Каждый вид объединяет в своем составе методы, имеющие в качестве основы одинаковый аппарат их реализации.

- **Статистические методы** по видам делятся на **методы прогнозной экстраполяции; методы регрессионного анализа; факторные модели.**
- **Прогнозная экстраполяция** — метод прогнозирования, основанный на математической экстраполяции, при котором выбор аппроксимирующей функции (т. е. функции, аналитически описывающей “поведение” объекта на ретроспективном участке) осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.
- **Методы прогнозирования, основанные на использовании регрессионных зависимостей и корреляций**, близки к методам обычной экстраполяции, однако отличаются от них учетом случайных отклонений.
- **Факторные (компонентные) модели** прогнозирования предполагают статистический анализ компонентов структуры объекта с целью исключения из рассмотрения малозначащих переменных и минимизации размерности описания. Другими словами, этот метод позволяет уменьшить число элементов анализа.



Третий уровень

Подкласс методов аналогий подразделяется на **методы математических и исторических аналогий.**

- **Метод математической аналогии** - метод прогнозирования, основанный на установлении аналогии процессов развития различных по природе объектов с последующим использованием более изученного и более точного математического описания одного из них для разработки прогнозов другого.
- **Историческая аналогия** — метод прогнозирования, основанный на установлении и использовании аналогии объекта прогнозирования с одинаковым по природе объектом, опережающим первый в своем развитии.

Опережающие методы прогнозирования можно разделить на **методы анализа динамики научно-технической информации и методы прогнозирования уровня техники.**

- **В первом случае** в основном используется построение количественно-качественных динамических рядов на базе различных видов НТИ и анализа и прогнозирования на их основе соответствующего объекта.
- **Второй вид методов** использует специальный аппарат анализа количественной и качественной информации, содержащейся в НТИ, для определения характеристик уровня качества существующей и проектируемой техники.

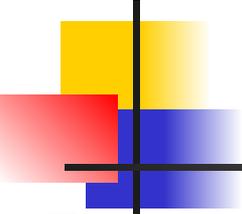


Третий уровень

В зависимости от того, каким образом проводится опрос эксперта, **индивидуальные экспертные оценки** можно условно разделить на методы **прямого и анонимного экспертного опроса**.

- К первой группе относятся **методы интервью и психоинтеллектуальной генерации идей**, а ко второй— **аналитическая индивидуальная оценка (докладные записки), метод сценария, морфологический анализ**.
- **Методы коллективной экспертной оценки** могут осуществляться путем непосредственного опроса экспертов - **“зависимый интеллектуальный эксперимент”** (метод комиссии, метод коллективной генерации идей, деструктивная отнесенная оценка, управляемая генерация идей), а также “заочно” с помощью анкетирования - **“независимый интеллектуальный эксперимент”** (метод Дельфи, эвристическое прогнозирование, синоптический метод).

Характеристика сингулярных фактографических (формализованных) методов

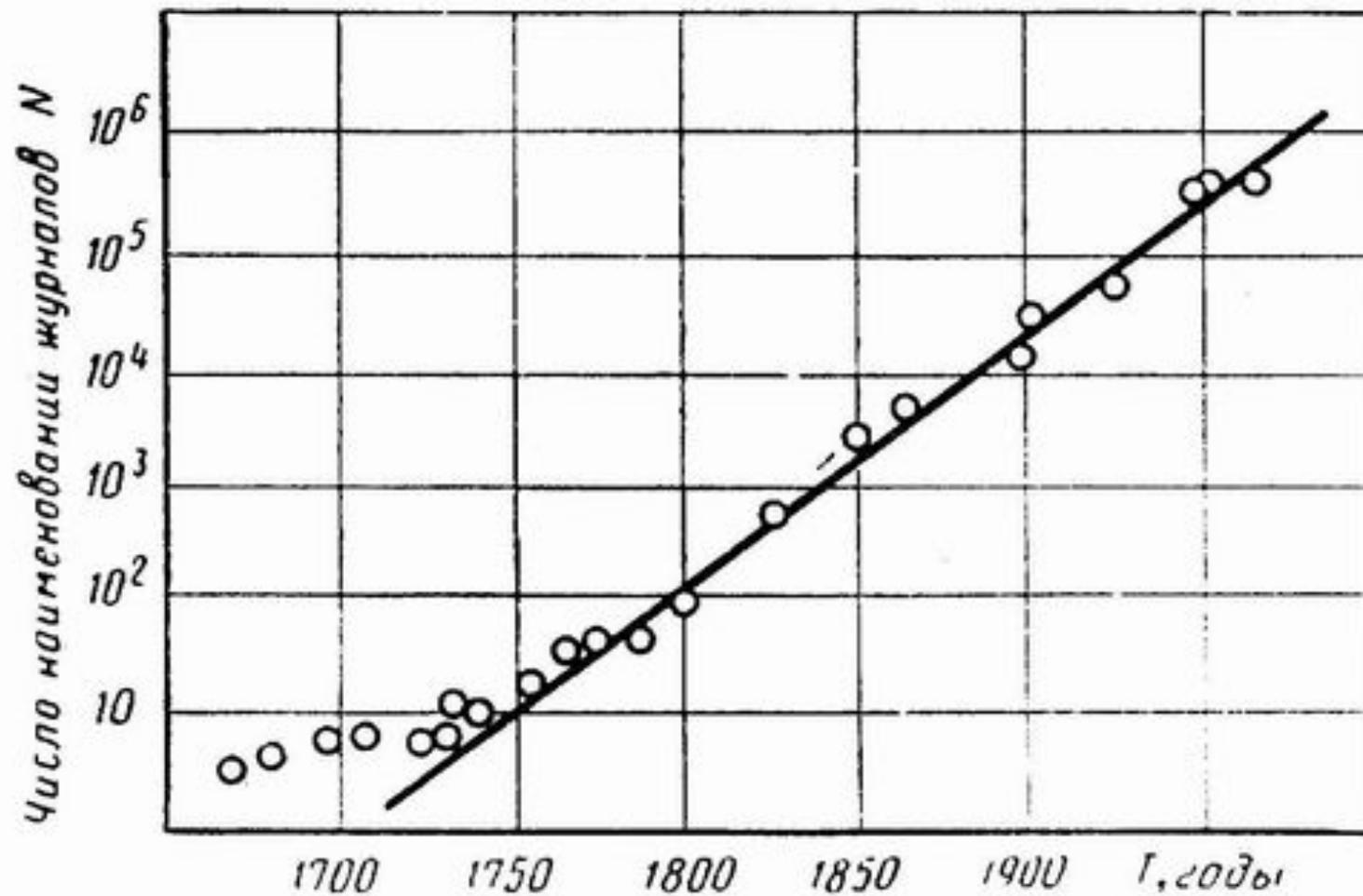


Прогнозная экстраполяция — метод прогнозирования, основанный на математической экстраполяции, при котором выбор аппроксимирующей функции (т. е. функции, аналитически описывающей “поведение” объекта на ретроспективном участке) осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.

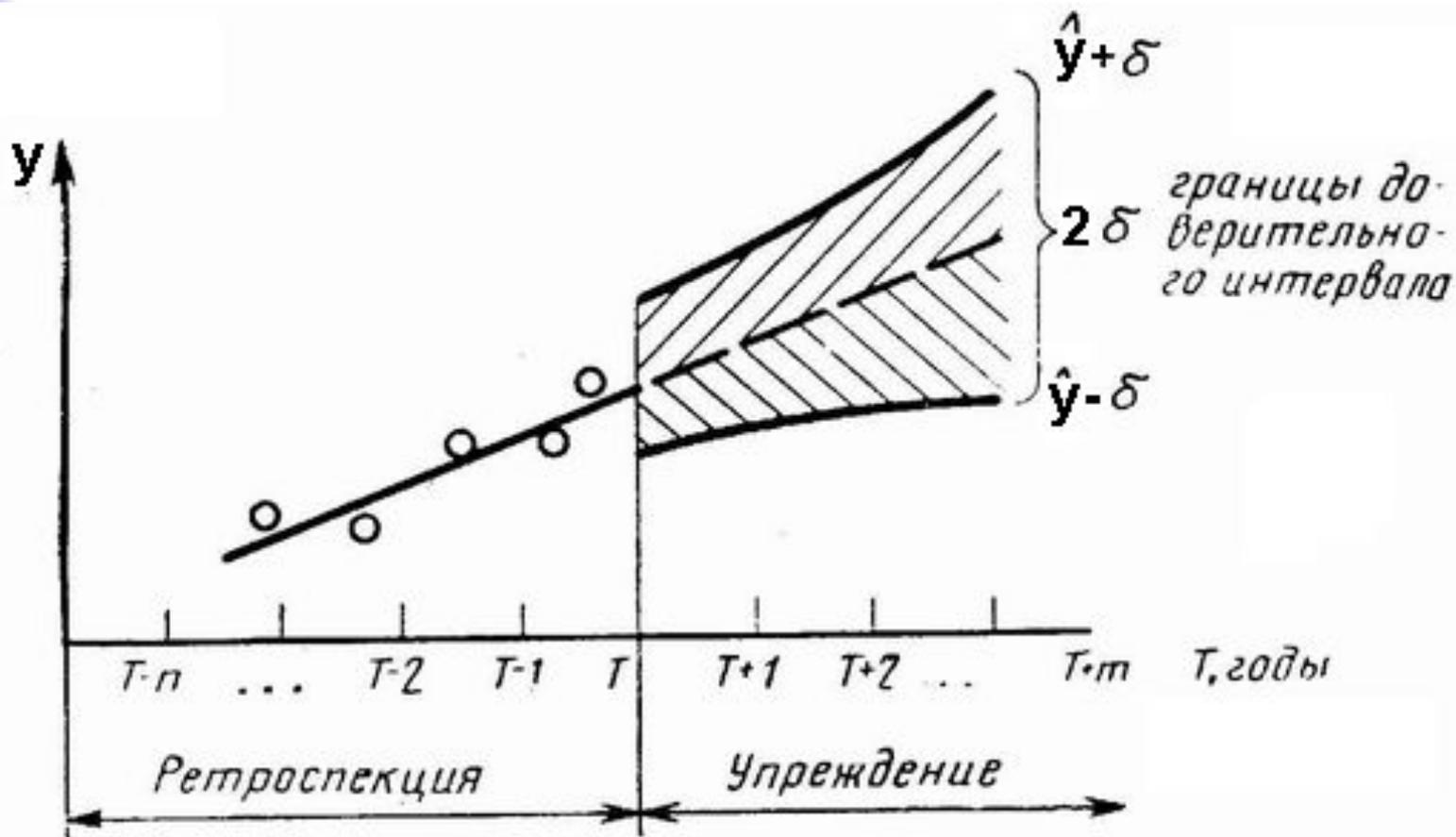
Прогнозная экстраполяция направлена на отыскание наиболее простого вида функции, приближающейся к тренду процесса.

Методы экстраполяции и интерполяции, использующие **математическую подгонку полиномами, подбор простых стандартных функций, экстраполяции с дисконтированием данных** (т. е. с учетом уменьшения информационной ценности ретроспективных значений объекта прогнозирования по мере удаления в прошлое моментов их измерений), **экстраполяция функций с гибкой структурой** (т. е. ретроспективные значения переменной объекта прогнозирования аппроксимированы на различных участках различными зависимостями) предполагают получение прогнозных значений на основе **тренда - выделенной регулярной составляющей динамического ряда значений показателей объекта.**

Пример построения тренда по динамическому ряду



Прогнозная оценка по прямолинейному тренду



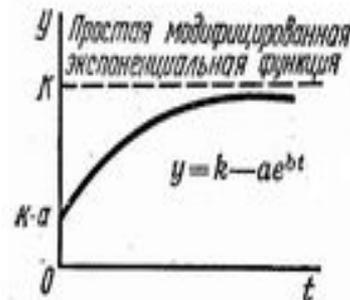
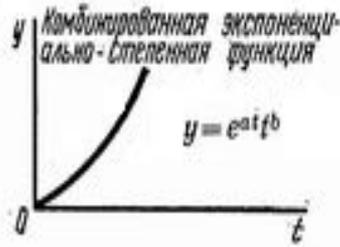
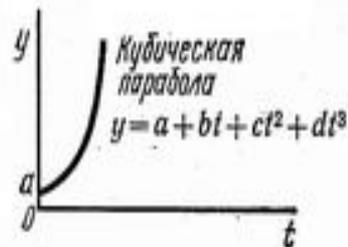
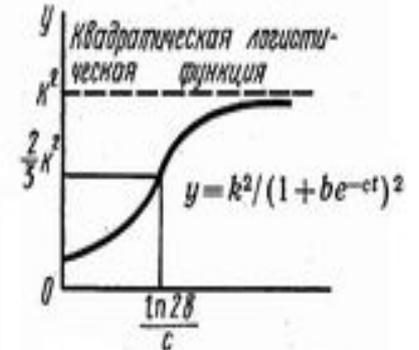
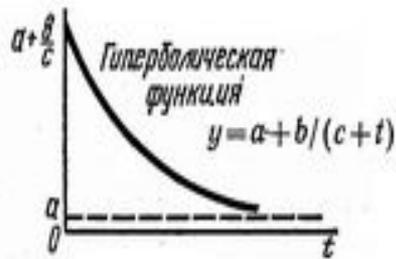
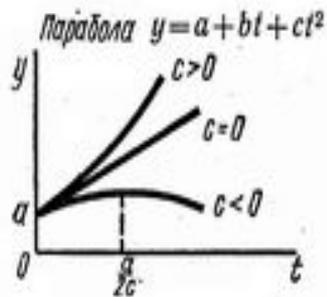
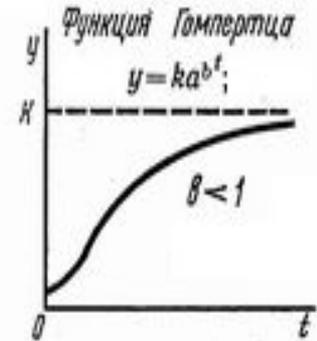
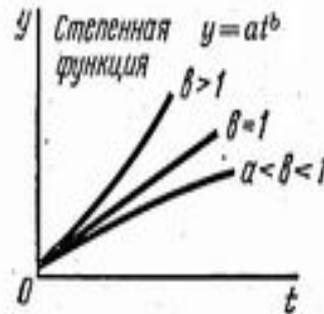
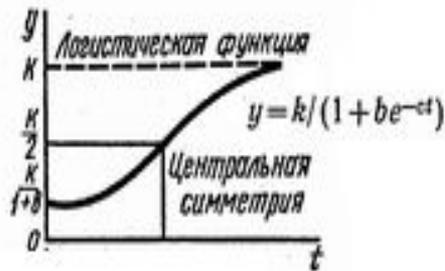
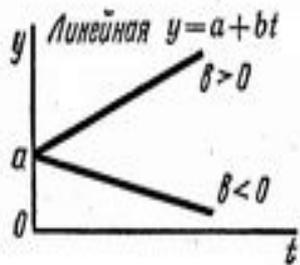
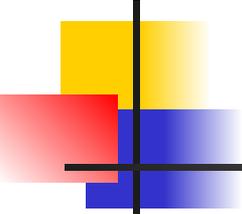


Рисунок 4. Элементарные функции, используемые в прогностической экстраполяции



Метод экстраполяции по огибающим кривым

Метод экстраполяции по огибающим кривым, в отличие от вышеназванных, использует вместо тренда обобщенную качественную характеристику направления развития объекта прогнозирования - прогнозную тенденцию.

С геометрической точки зрения тенденция является огибающей семейства кривых, соответствующих эволюционным участкам развития определенных направлений научно-технического прогресса, т. е. линией, касающейся всех кривых семейства. Этот метод позволяет прогнозировать объект при наличии качественных скачков в их развитии. В качестве примера использования этого метода можно рассматривать прогноз увеличения скоростей транспортных средств (рисунок 5).

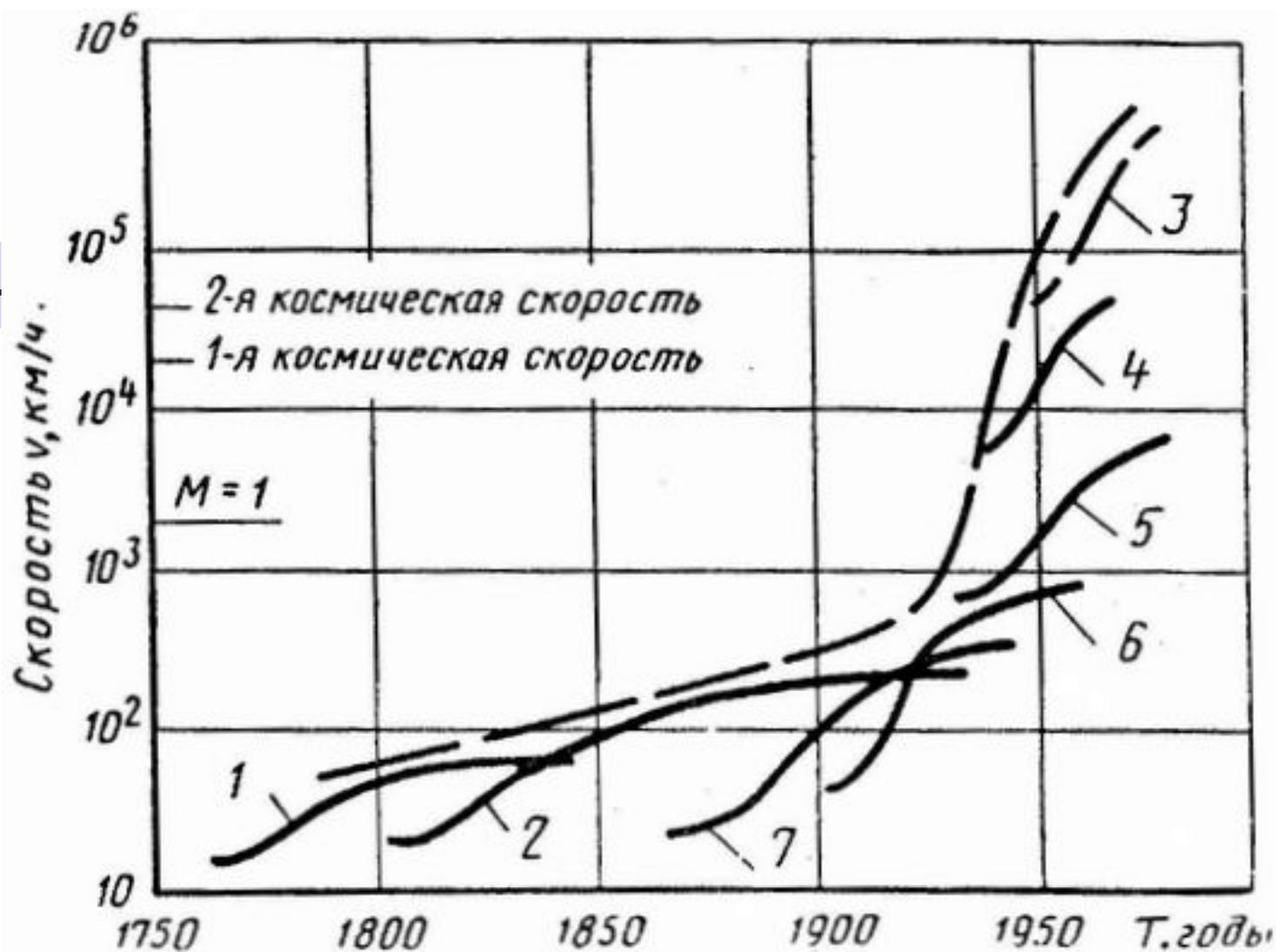
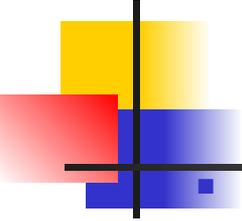


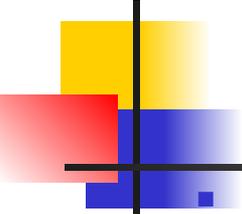
Рисунок 5. Прогнозирование роста скорости транспортных средств с помощью огибающей [63]:

1 — гужевой транспорт; 2 — железнодорожный транспорт; 3 — ядерные ракеты; 4 — химические ракеты; 5 — реактивная авиация; 6 — поршневая авиация; 7 — автотранспорт

Методы регрессионного анализа

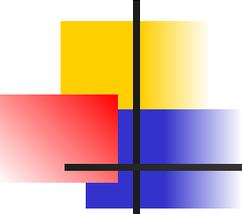


Методы прогнозирования, основанные на использовании регрессионных зависимостей и корреляций, близки к методам обычной экстраполяции, однако отличаются от них учетом случайных отклонений. Две случайные величины называются корреляционно связанными, если математическое ожидание одной из них изменяется в зависимости от изменения другой. **Зависимость случайной величины от неслучайной, называется регрессионной.** Часто используемое в задачах прогнозирования технического уровня и уровня качества уравнение регрессии показывает, как изменяется случайная переменная (например, уровень качества продукции) в зависимости от изменения одной или нескольких неслучайных величин X_i (например, себестоимость продукции, технико-экономический уровень производства и т.д.). Независимые переменные (неслучайные величины) в уравнении регрессии называются факторами, а зависимые переменные (случайные величины) — признаками.



Методы анализа динамики НТИ

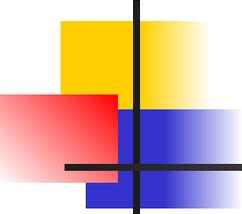
- Если в статистических методах использовалась информация о периоде ретроспекции, то в опережающих методах—непосредственная информация о периоде упреждения.
- **Патентный метод прогнозирования** — опережающий метод, основанный на оценке (по принятой системе критериев) изобретений и исследовании динамики их патентования.
- **Публикационный метод прогнозирования** — опережающий метод, основанный на оценке публикаций об объекте прогнозирования (по принятой системе критериев) и исследовании динамики их опубликования.
- **Цитатно-индексный метод прогнозирования** — опережающий метод, основанный на анализе динамики цитирования авторов публикаций по проблемам, связанным с развитием объекта прогнозирования.



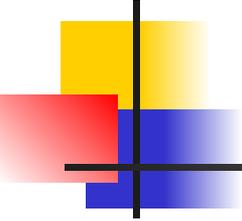
Методы прогнозирования уровня техники,

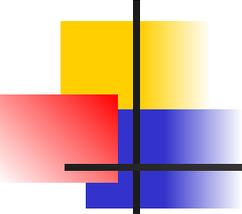
Методы прогнозирования уровня техники, **основанные на оценке перспективности технического решения или объекта техники с помощью универсальных идентификаторов (УИ), генеральных определительных таблиц (ГОТ) и с помощью анализа коэффициентов полноты изобретений (патентов)**, строго говоря, не являются сингулярными. Эти методы, содержащие в различной степени элементы экспертных оценок, образуют в совокупности с анализом динамики патентования **комбинированный метод—инженерное прогнозирование.**

Методы анонимного (заочного) опроса.

- 
- **Аналитический метод прогнозирования** - метод прогнозирования, основанный на получении экспертных оценок путем логического анализа прогнозной модели.
 - При **аналитической индивидуальной** оценке эксперт анализирует представленную ему совокупность достоверных и разнообразных сведений по исследуемой проблеме.
 - **Метод построения прогнозного сценария** — аналитический метод прогнозирования, основанный на установлении логической последовательности состояний объекта прогнозирования и прогнозного фона во времени при различных условиях для определения целей развития этого объекта. Сценарий представляет собой логическую совокупность событий, связанных друг с другом причинно-следственными связями.
 - **Морфологический анализ** — метод прогнозирования, основанный на построении матрицы характеристик объекта прогнозирования и их возможных значений с последующим перебором и оценкой вариантов сочетаний этих значений.

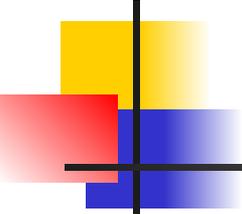
Методы прямого индивидуального экспертного опроса.

- 
-
- **Метод интервью**—метод индивидуальной экспертной оценки, основанный на беседе эксперта с прогнозистом по схеме “вопрос—ответ”.
 - **Метод психоинтеллектуальной генерации идей (ПИГ)** — метод, в котором выявление индивидуальной экспертной оценки осуществляется с помощью программированного управления, включающего обращение к памяти человека или запоминающему устройству ЭВМ.



Сингулярные методы “зависимого интеллектуального эксперимента”.

- **Метод экспертных комиссий**—метод, состоящий в совместной работе объединенных в комиссию экспертов, разрабатывающих документ о перспективах развития объекта прогнозирования.
- **Метод коллективной генерации идей**—метод, основанный на стимулировании творческой деятельности экспертов путем совместного обсуждения конкретной проблемы, регламентированного определенными правилами.
- **Метод деструктивной отнесенной оценки** - метод коллективной генерации идей, реализуемый посредством двух разнесенных по времени сессий, первая из которых полностью подчиняется правилам коллективной генерации идей, а правила второй сессии предписывают критику идей, высказанных на первой сессии.
- **Метод управляемой генерации идей** - метод коллективной генерации идей с использованием целенаправленного интеллектуального воздействия (усиливающего или подавляющего) на процесс генерации идей.



Методы “независимого интеллектуального эксперимента”.

- **Дельфийский метод** - метод коллективной экспертной оценки, основанный на выявлении согласованной оценки экспертной группы путем их автономного опроса в несколько туров, предусматривающего сообщения экспертам результатов предыдущего тура с целью дополнительного обоснования оценки экспертов в последующем туре.
- Цель “классического” дельфийского метода состоит в прогнозной оценке срока наступления какого-либо события путем выявления преобладающего суждения экспертов по этому вопросу.
- **Эвристическое прогнозирование** — аналитический метод прогнозирования, состоящий в построении и последующем усечении дерева поиска экспертной оценки с использованием какой-либо эвристики (например, метода Дельфи).
- **Синоптический метод** — метод прогнозирования, основанный на анализе экспертам и известного множества прогнозов объекта прогнозирования и прогнозного фона с последующим их синтезом.