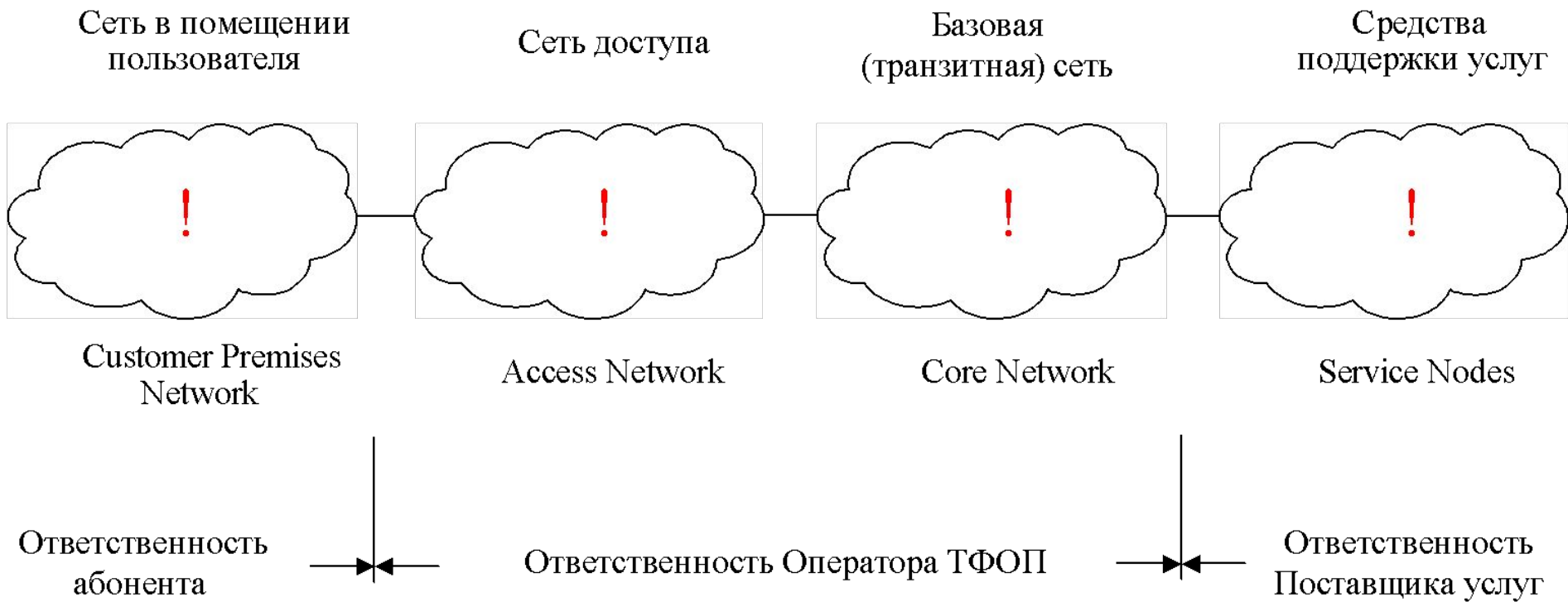


# **Основы построения телекоммуникационных систем и сетей**

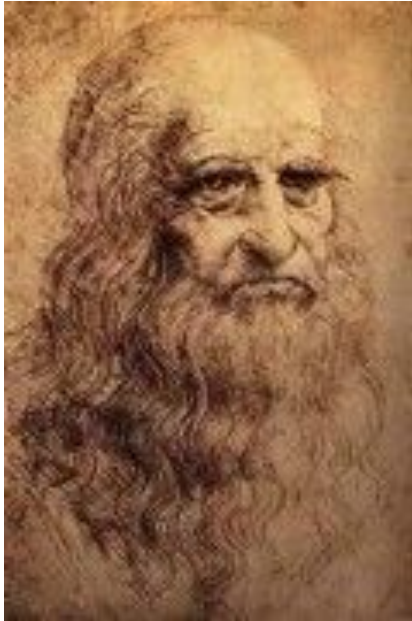
**Лекция №11  
«Прогнозирование»**

**профессор Соколов Н.А.**

# Модель сети, предложенная МСЭ



# Прогноз гения (XV век!)



**“Настанет время, когда люди будут говорить друг с другом, находясь на большом расстоянии”.**

**Прогнозировать очень трудно. Особенно, если это касается будущего. (Нильс Бор, Нобелевский лауреат по физике).**

# Общие понятия (1)

**Одна из причин качественного развития сети – заинтересованность группы пользователей, приносящей Оператору существенные доходы, в новых видах услуг. Ряд требований этой группы пользователей стимулирует радикальные изменения в различных компонентах телекоммуникационной сети. В настоящее время самые существенные изменения происходят в сетях доступа. Желательно, чтобы качественные изменения были выявлены при разработке прогнозов, которые необходимы для выбора рациональных принципов дальнейшего развития инфокоммуникационной системы. В процессе планирования телекоммуникационных сетей используются различные методы. Выбор метода осуществляется с учетом поставленной задачи, характера рассматриваемого процесса и доступной статистической информации.**

## Общие понятия (2)

Оценки пропускной способности сети важны для оптимального выбора проектных решений, касающихся транспортных ресурсов и типа коммутационного оборудования. Исходные данные для таких оценок могут быть получены только на основе прогнозов трафика. Этот трафик, в свою очередь, может быть рассчитан, если известны прогнозы, связанные с перечнем поддерживаемых услуг. Важную роль играют показатели качества обслуживания для перспективной телекоммуникационной сети. Например, часть абонентов заинтересована в радикальном улучшении надежности связи, что приводит к резервированию основных элементов сети. Для пропускной способности сети, перечня поддерживаемых ею услуг и показателей качества обслуживания очень важно – с практической точки зрения – получить два вида прогностических оценок. Во-первых, Оператор должен знать краткосрочный прогноз на ближайшие годы. Во-вторых, для разработки разумной технической политики Оператору необходимо также и долгосрочный прогноз на десять-пятнадцать лет, то есть на период срока службы сложных видов телекоммуникационного оборудования.

# Общие понятия (3)

В процессе планирования телефонной сети важными прогностическими оценками считаются численность потенциальных абонентов и параметры нагрузки. Знание этих данных плюс многолетний опыт эксплуатации ТФОП упрощает решение большинства задач прогнозирования. Для NGN задачи прогнозирования существенно усложняются. Достаточно привести пример с пользователями Internet. Для проектирования сети важно знать не только численность пользователей Internet, но и их распределение с точки зрения используемых транспортных ресурсов. Если пользователь обращается в Internet с помощью оборудования xDSL, то результаты расчета транспортных ресурсов заметно отличаются от оценок, полученных для доступа через модем.

Прогнозирование обычно выполняется для телекоммуникационной системы в целом, а для конкретной задачи используется лишь часть полученных результатов. Задачи прогнозирования целесообразно рассматривать в полном объеме, то есть с точки зрения проектирования, построения, эксплуатации и развития инфокоммуникационной системы.

# Формализованные методы (1)

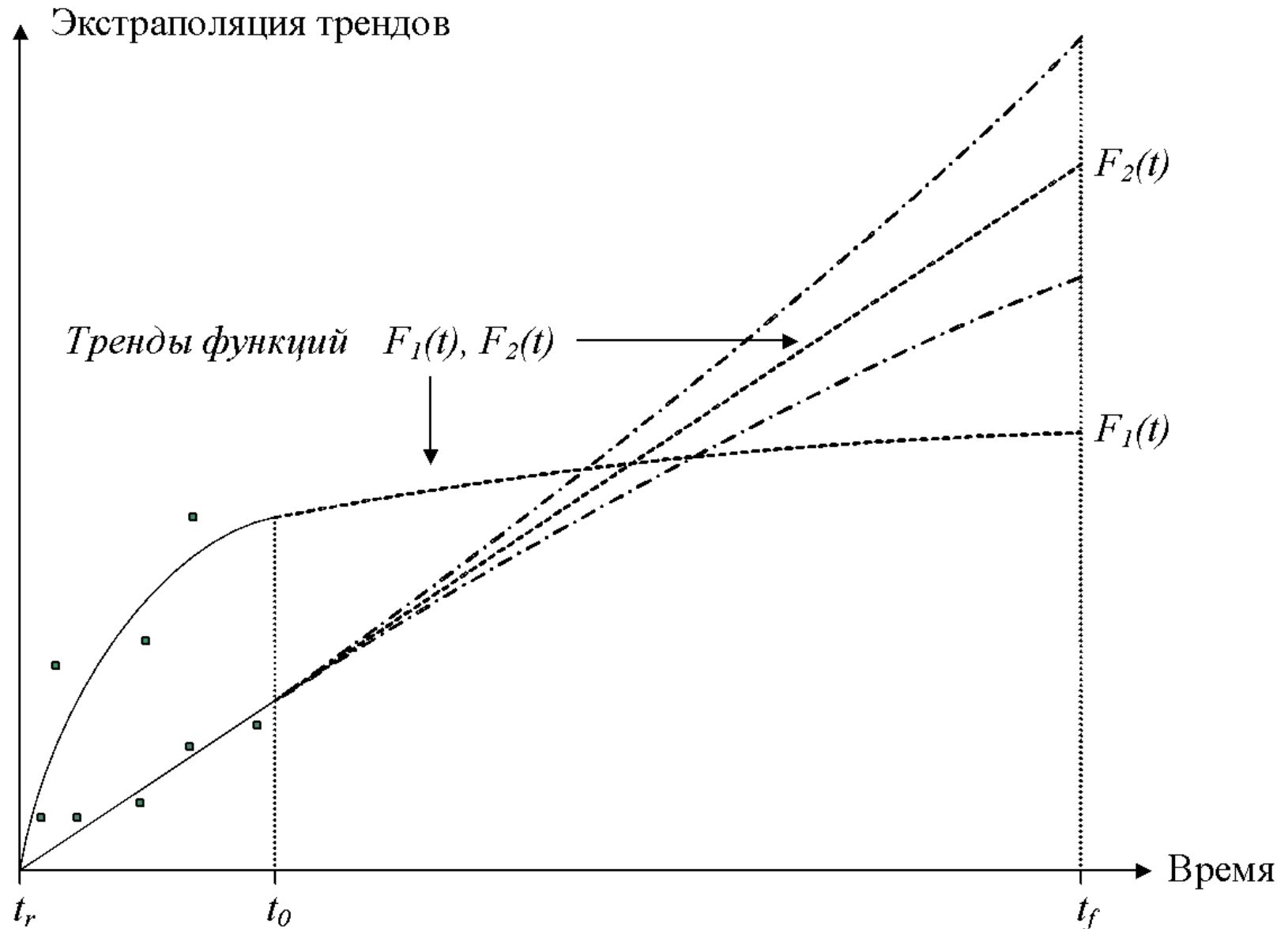
Формализованные методы прогнозирования эффективны в тех случаях, когда хорошо известна предыстория исследуемого процесса.

В настоящее время большинство прогнозов осуществляется с помощью методов экстраполяции и экспертных оценок. Каждый из этих двух методов реализуется различными способами, выбор которых зависит от исследуемого процесса и поставленной задачи.

Усложнение разработки прогнозов – помимо проблем с достоверностью необходимой статистической информации – объясняется обстоятельствами такого рода:

- некоторые виды новых услуг столь специфичны, что для их прогнозирования очень сложно подобрать адекватные аналоги;
- ряду сегментов инфокоммуникационного рынка (характерный пример – мобильная связь) свойственны процессы развития, которые существенно отличаются от тенденций, тщательно изученных Операторами других стран.

# Формализованные методы (2)





# Формализованные методы (3)

Для прогнозирования некоторых величин целесообразно использовать метод, основанный на учете одного из самых важных экономических показателей – валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения. В ряде работ обоснована оценка спроса на инфокоммуникационные услуги, которую можно представить в таком виде:

$$D(t) = \left( \frac{G_t}{G_0} \right)^b F_j(t)$$

Набор функций, входящих в эту формулу весьма обширен. В частности, в технической литературе рассматриваются такие зависимости:

# Формализованные методы (4)

$$F_1(t) = a + bt$$

$$F_2(t) = a + bt + ct^2$$

$$F_3(t) = a + ce^{-bt}$$

$$F_4(t) = \left( \frac{a}{1 + ce^{-bt}} \right)$$

$$F_5(t) = ae^{-ce^{-bt}}$$

$$F_6(t) = a \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} dy$$

$$F_7(t) = a \int_0^t \frac{1}{y\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln(y)-\mu)^2}{2\sigma^2}} dy$$

$$F_8(t) = \frac{a - c_1 e^{-bt}}{1 + c_2 e^{-bt}}$$

$$\ln\left(\frac{F_9(t)}{1 - F_9(t)}\right) = c + bt$$

# Формализованные методы (5)

Выбор приемлемого тренда часто осуществляется при помощи метода наименьших квадратов.

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N (f(x_i) - y_i)^2 \Rightarrow \min$$

Для функции  $F_1(t) = a + bt$ :

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N X_i \right)^2} \quad a = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i - b \sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

# Интуитивные методы (1)

Для повышения достоверности предсказания исследуемой величины целесообразно использовать несколько методов прогноза. Практически во всех случаях эффективен метод экспертных оценок. В последние годы широкое распространение для решения задач прогнозирования получил метод Делфи (Delphi Method). Коллективное обсуждение проблем часто искажается из-за того, что некоторые эксперты, участвующие в дискуссии, невольно оказывают влияние на аудиторию. Метод Делфи основан на полном отказе от коллективной дискуссии, что исключает влияние таких психологических факторов как согласие с позицией более активных либо авторитетных коллег или желание присоединиться к мнению большинства. Это преимущество достигается за счет роста времени получения результатов.

# Интуитивные методы (2)

Раздельная обработка результатов, полученных от двух групп экспертов, означает следующее:

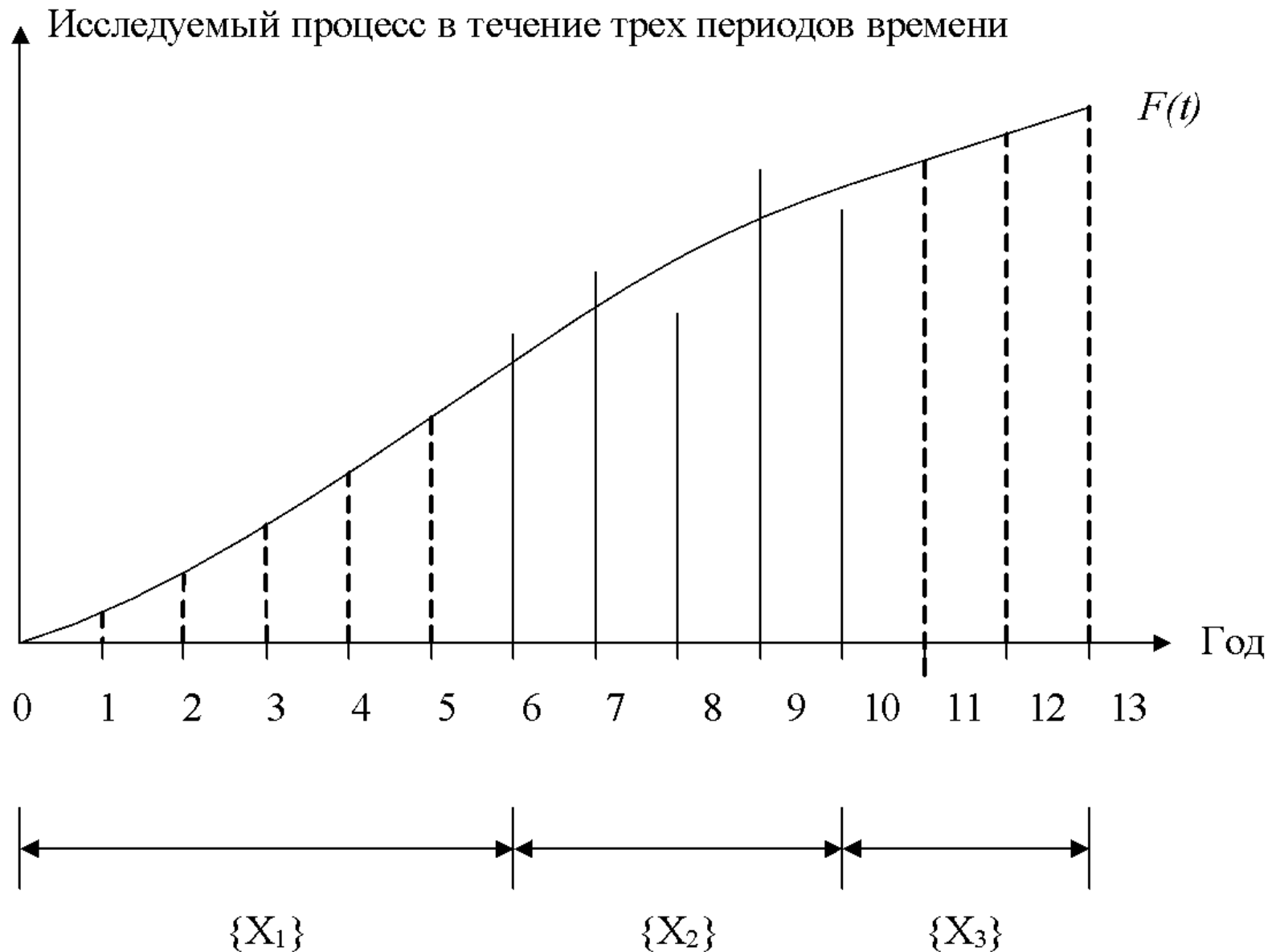
- для каждой группы экспертов с помощью известных методов математической статистики устанавливается близость ответов;
- в результате формируются два варианта ответа на вопрос, сформулированный перед каждой группой экспертов;
- затем с помощью методов математической статистики или иным способом устанавливается близость двух усредненных ответов;
- если степень совпадения усредненных ответов приемлема с точки зрения организатора опроса, то задачу прогнозирования можно считать решенной (в противном случае нужны дополнительные исследования).

# Интуитивные методы (3)

Следует выделить новые методы, которые могут быть успешно использованы для прогнозирования. Один из таких методов – использование фильтра Калмана. Этот фильтр представляет собой рекурсивное устройство оценки. Алгоритм работы такого устройства позволяет корректировать полученный результат за счет анализа каждой новой выборки, определенной на оси "Время". Другой метод базируется на нейронных сетях. Их построение и анализ в последние годы эффективно используются для решения ряда задач.

Интуитивные методы прогнозирования полезны при изменении характера исследуемого процесса. Существенные ошибки прогнозирования возникают в тех случаях, когда исследуемый процесс имеет точку перегиба. Характерный пример такого процесса – спрос на услуги телеграфной связи. В середине XX века продолжался рост трафика в сетях телеграфной связи. Затем наступил устойчивый спад спроса на все услуги, которые связаны с телеграфией. Если воспользоваться статистическими данными конца семидесятых годов, то долгосрочный прогноз предусматривал бы рост телеграфного трафика в XXI веке. Этот пример свидетельствует об опасности "слепой" экстраполяции тенденций.

# Развитие прогнозирования (1)



# Развитие прогнозирования (2)

Диаграмма Джиппа:

$$\chi = f(G) \approx k_1 G$$

Падение телефонной плотности при росте ВВП:

$$Y_s = F(G) \approx k_2 G$$

Точность прогноза можно повысить за счет тщательного анализа причинно-следственных связей. Подобный подход представляется очень важным – особенно при качественных изменениях в телекоммуникационной системе. Другой путь повышения точности искомых оценок основан на развитии формализованных методов прогнозирования. Он эффективен как дополнение тех методов, которые базируются на исследовании причинно-следственных связей.



**Вопросы?**