



Факультет информационных технологий и анализа больших данных  
Департамент анализа данных и машинного обучения

**Разработка системы аналитики и поддержки принятия  
решений полиграфического предприятия**

---

Золотаревский Артём Юрьевич

Научный руководитель:  
проф., д.т.н., Прокопчина Светлана Васильевна

Актуальность разработки и внедрения систем аналитики и поддержки принятия решений для современных предприятий обусловлена несколькими ключевыми факторами:

- Скорость принятия решения
- Оперативность поступления и обработки данных, независимость от человеческого фактора
- Системность измерений и прозрачная методология оценивания
- Принятие решений в условиях динамически меняющейся внешней среды
- Работа в условиях неопределенности и нехватки информации
- Использование внешней информации для принятия решений
- Предиктивность аналитики

### **Цель исследования:**

Разработка методической основы системы аналитики и поддержки принятия решений полиграфического предприятия, позволяющей повысить эффективность управления бизнес-процессами и улучшить качество принимаемых решений.

### **Задачи исследования:**

1. Изучить теоретические аспекты создания систем поддержки принятия решений и современные методы математического моделирования.
2. Исследовать текущее состояния полиграфической отрасли, существующие решения СППР и соответствие их возможностей современным потребностям предприятий.
3. Провести анализ текущей деятельности исследуемого полиграфического предприятия и выявить ключевые проблемы управления.
4. Определить требования к разрабатываемой системе аналитики и поддержке принятия решений.
5. Сформировать методическую основу и архитектуру новой СППР.
6. Разработать алгоритмическую основу системы.
7. Проверить адекватность системы на реальном примере полиграфического предприятия.

**Объектом** исследования является деятельность полиграфического предприятия.

**Предметом** исследования выступают процессы разработки и внедрения системы аналитики и поддержки принятия решений в рамках данного предприятия.

Требования к системе поддержки принятия решений:

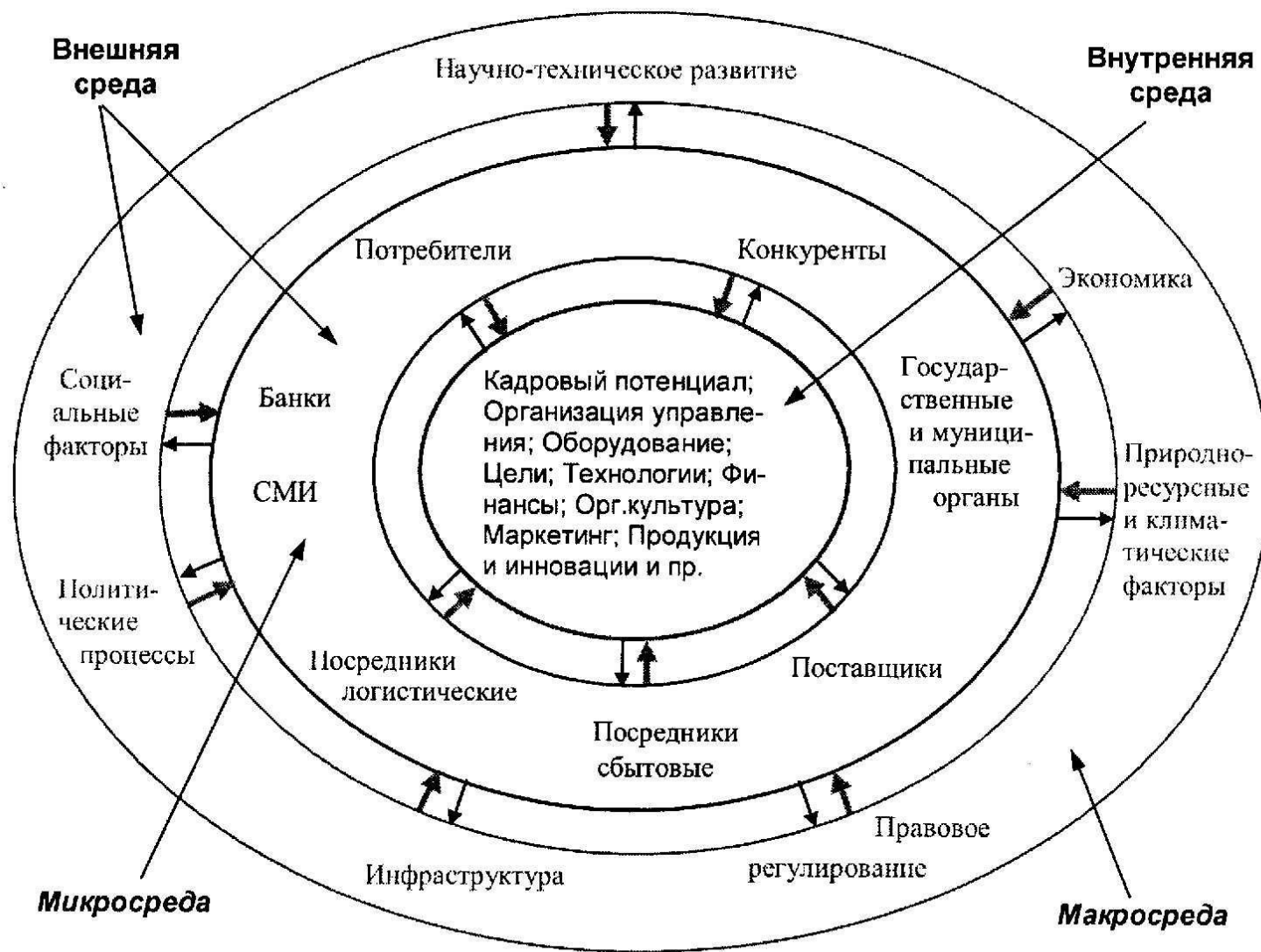
- функционирование системы в условиях неопределенности
- возможность обработки экспериментальной экспертной информации в лингвистической форме
- возможность интеграции разнотипной информации
- возможность метрологического обоснования и управления качеством получаемых решений
- возможность моделирования сложных процессов
- использование возможностей когнитивности для повышения эффективности визуализации процессов с целью повышения скорости принятия решений управляющим персоналом

Анализ требований и ограничений задачи принятия управленческих решений, исследование теоретических аспектов создания и функционирования систем поддержки принятия решений, современных методов математического моделирования определил выбор методологии **регуляризирующего байесовского подхода (РБП)** как аппарата, наиболее адекватного и полно отражающего и учитывающего специфику функционирования подобного класса систем.

Принципиальные возможности РБП (регуляризирующего байесовского подхода):

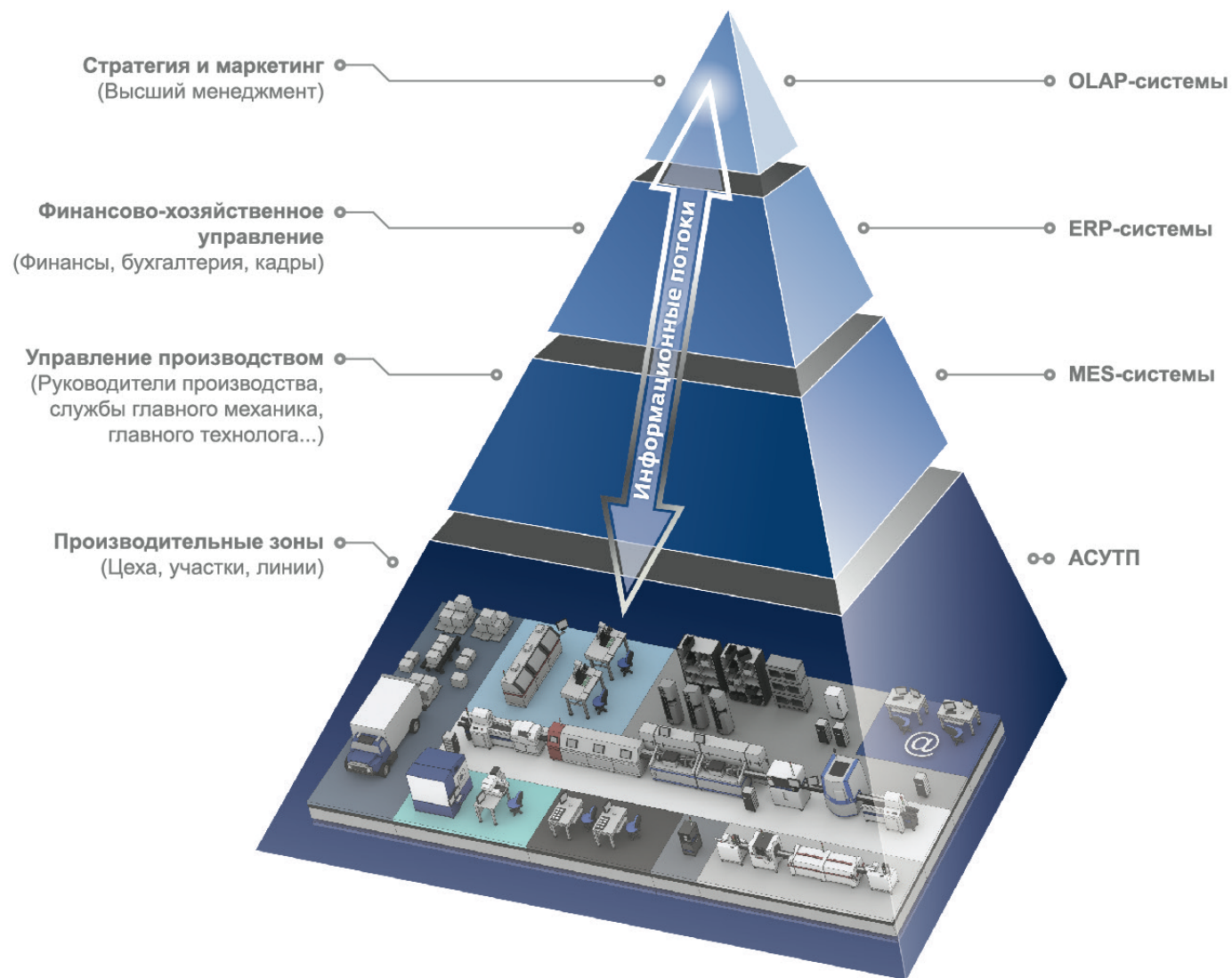
- Работа в условиях неопределенности на основе регуляризации на шкалах
- Обработка разнотипных данных (многомодальность)
- Поддержка принятия решений работает по принципу распознавания образов с помощью развернутой нейросети
- Обработка неструктурированной неколичественной информации с целью обеспечения требуемого качества решений
- Интеграция данных на основе модифицированной байесовской свертки
- Компенсация нехватки данных с помощью интеграции количественной и неколичественной информации
- Метрологическое сопровождения решений для повышения их качества (позволяет определять узкие места)
- Динамические модели мониторинга с помощью шкал с динамическими ограничениями.

# Структурная модель





# Структурная модель





Пусть  $G^{(O)}$  - совокупность свойств объекта и отношений между ними, а  $G^{(MO)}$  – модель объекта.

$$G^{(O)} \rightarrow G^{(MO)} \quad (1)$$

$$G^{(MO)} = \bigcup_{i=1}^I Q_i^{(O)} \quad (2)$$

$$Q_i^{(O)} = \bigcup_{j=1}^J q_{ij}^{(O)} \quad (3)$$

$G^{(E)}$  - совокупность свойств внешнего окружения и отношений между ними,  $G^{(ME)}$  – модель внешнего окружения.

$$G^{(ME)} = \bigcup_{i=1}^I Q_i^{(E)} \quad (4)$$

$$Q_i^{(E)} = \sum_{j=1}^J q_{ij}^{(E)} \quad (5)$$

$$G^{(MOE)} = G^{(MO)} * G^{(ME)} \quad (6)$$

Условия проектирования модели:

$$Y = \{A_p; O; M\}, \quad (7)$$

где  $A_p$  – полнота априорной информации,  
 $O$  – ограничения и граничные условия,  
 $M$  – требования, в том числе метрологические.

Условия проектирования для модели объекта во взаимосвязи с внешней средой:

$$Y^{(OE)} = Y^{(O)} * Y^{(E)} \quad (8)$$

Модель объекта проектирования с учетом влияния среды:

$$G^{(MOEY)} = G^{(MO)} * G^{(ME)} * Y^{(OE)} \quad (9)$$

Внешнее окружение:

$G^{(E1)}$  - Экономическое окружение

$G^{(E2)}$  - Социально-культурное окружение (средства массовой информации, общественность)

$G^{(E3)}$  - Конкуренты

$G^{(E4)}$  - Субподрядчики (поставщики, консультанты)

$G^{(E5)}$  - Инвесторы

$G^{(E6)}$  - Партнеры

$G^{(E7)}$  - Заказчик (клиенты, потребители продукта, пользователи)

$G^{(E8)}$  - Политическое окружение

$G^{(E9)}$  - Техническое окружение (существующие системы и технологии)

Рассматривается деятельность предприятия ООО «Красиво и Быстро», занимающегося производством рекламной брендированной сувенирной продукции.

Главная статистика предприятия – оборот и чистая прибыль.

Общую экономику предприятия определяют такие показатели, как:

- Объем производства
- Объем продаж
- Скорость работы
- Доходность на вложенный капитал
- Доходность на квадратный метр
- Сумма сделанной работы на сотрудника
- Объем собственных средств
- Стоимость основных фондов (здания и сооружения, машины и оборудование)
- Кол-во оборотных средств
- Общая численность персонала
- Объем налоговых отчислений
- Успешность прохождения проверок от контролирующих органов

# Организационная структура предприятия

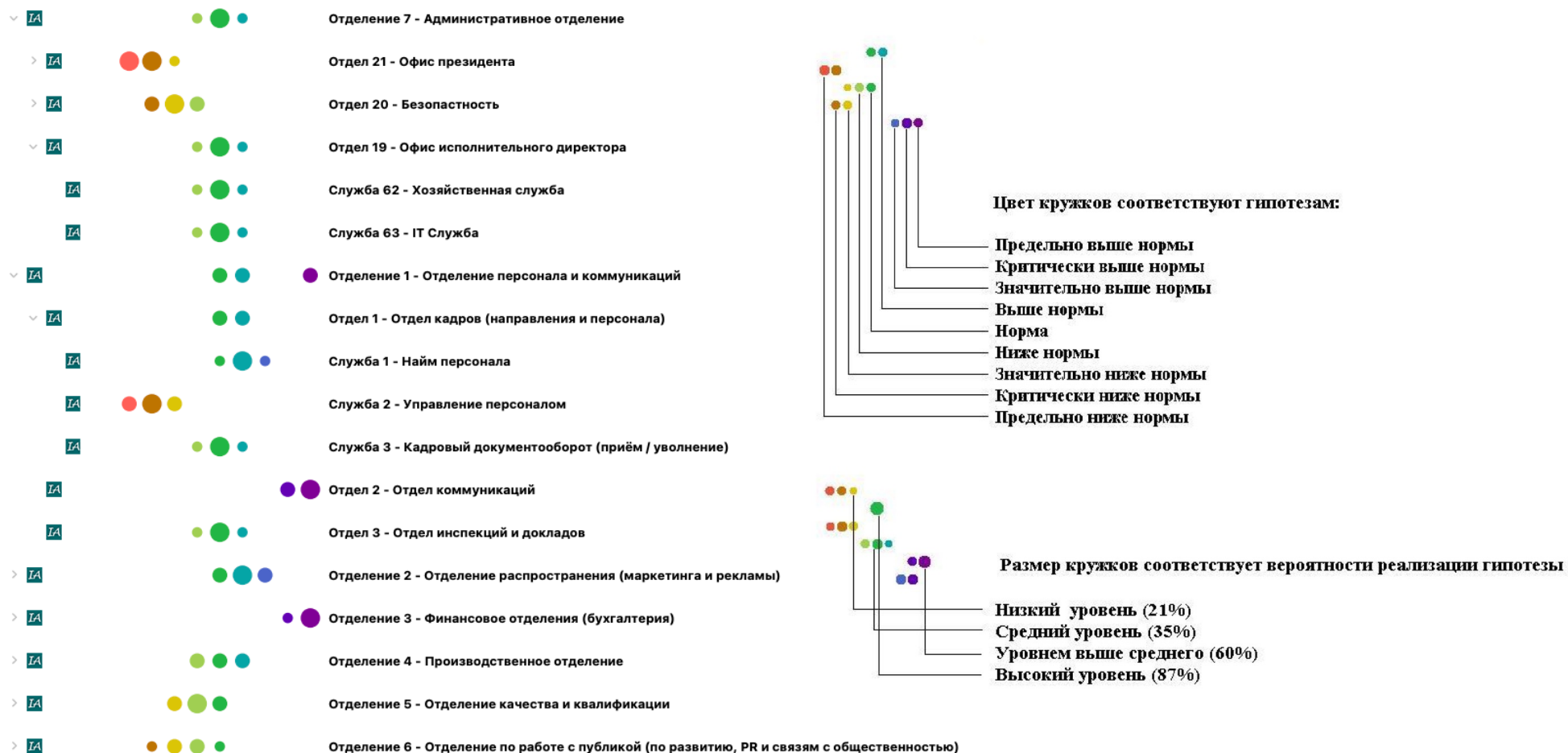
Предприятие функционально делится на 7 отделений. Каждое отделение делится на отделы. За каждым отделом зафиксирована его статистика. Статистику отдела определяют его количественные и качественные показатели. Получается иерархическая структура, где эффективность деятельности всего предприятия определяется совокупной эффективностью его компонент.

ОРГАНИЗУЮЩАЯ СХЕМА РЕКЛАМНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОМПАНИИ «КРАСИВО И БЫСТРО»

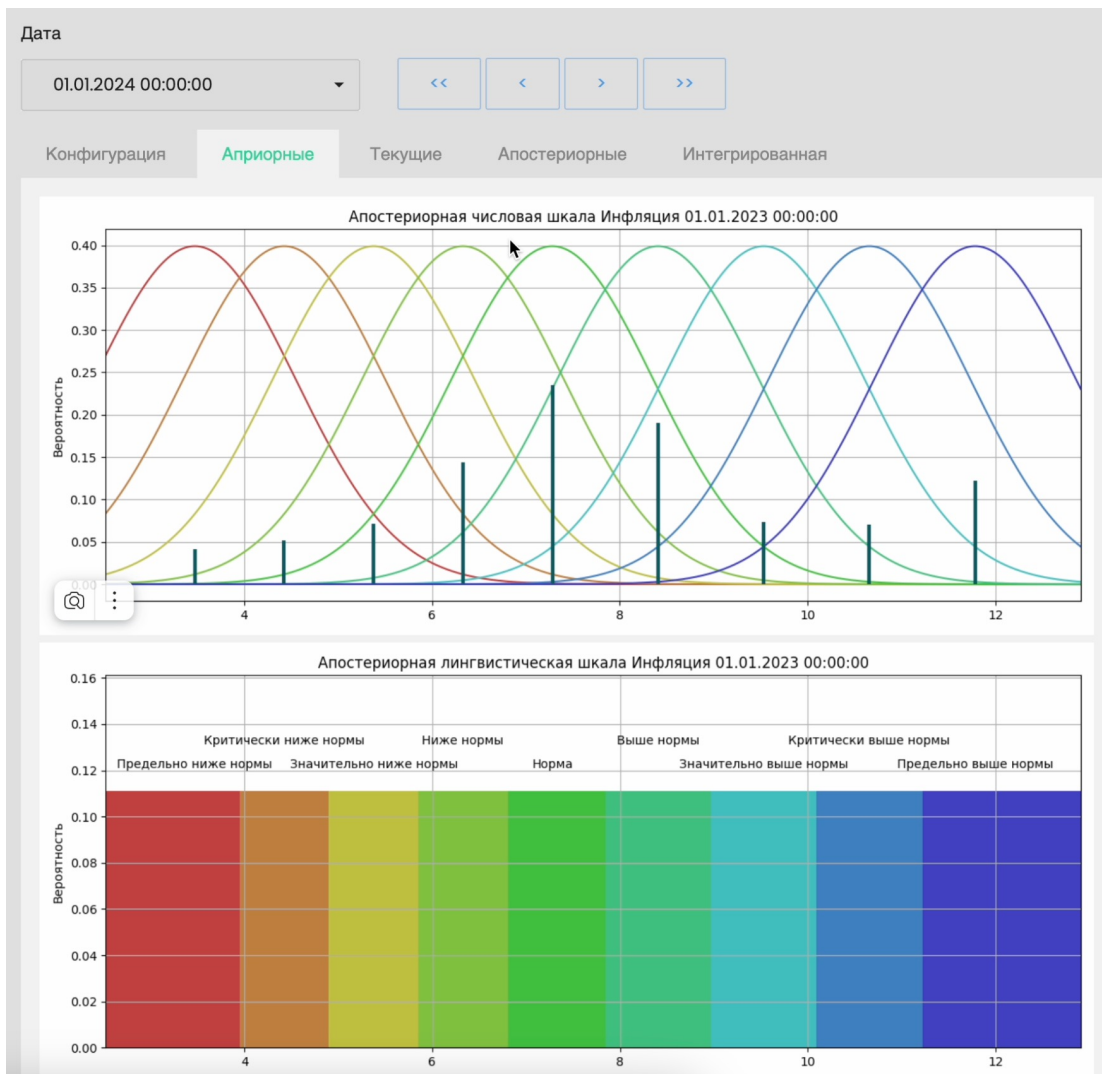


# Реализация дерева факторов в системе «Инфоаналитик»

## Цифровой двойник предприятия



Используем возможности когнитивности для повышения скорости принятия решений.

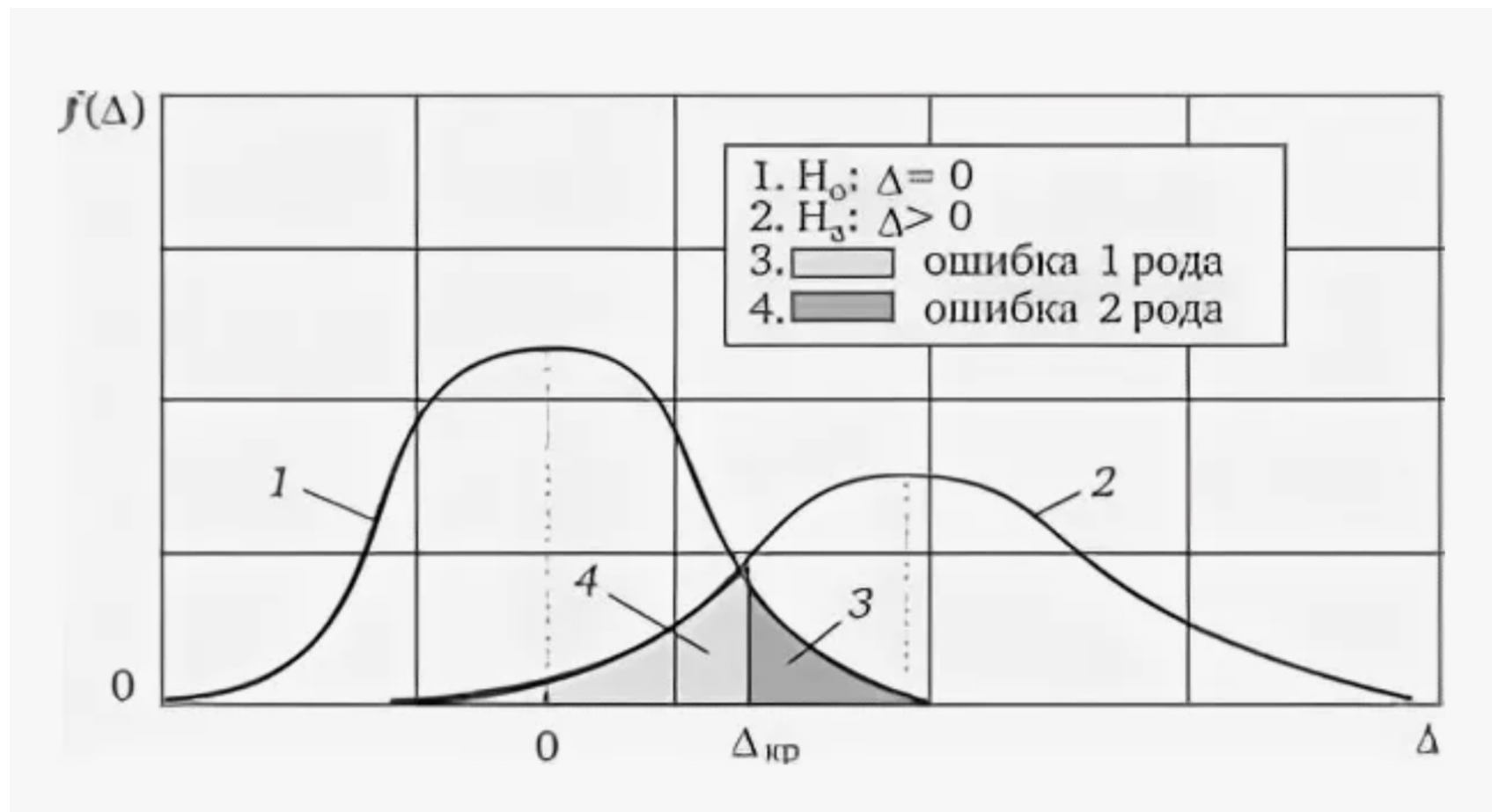


Решается задача классификации состояния фактора. Множество возможных состояний (гипотез):

- 1 – предельно ниже нормы
- 2 – критически ниже нормы
- 3 – значительно ниже нормы
- 4 – ниже нормы
- 5 – норма
- 6 – выше нормы
- 7 – значительно выше нормы
- 8 – критически выше нормы
- 9 – предельно выше нормы

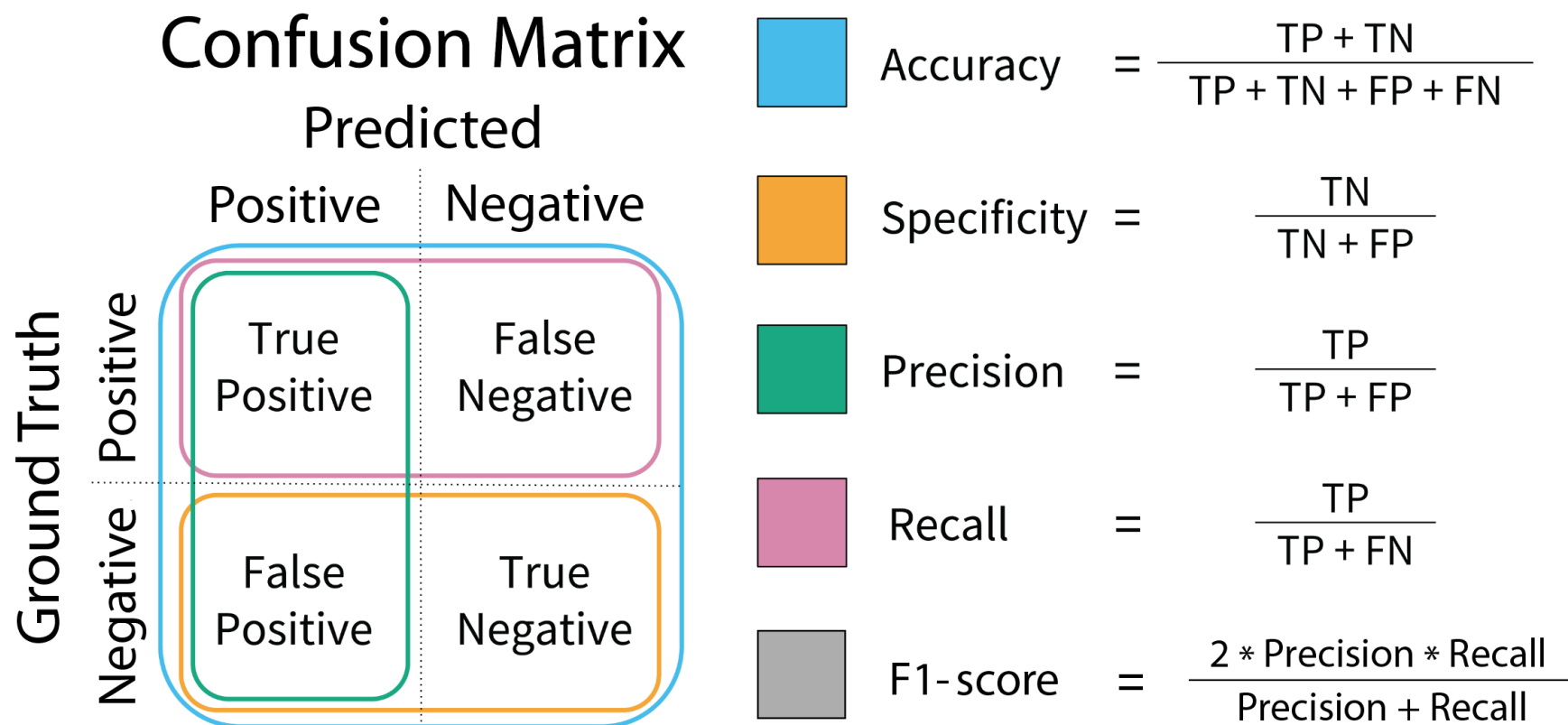
Аналитическое решение представимо в виде дискретного распределения вероятностей гипотез.





$\alpha$ -ошибка – ошибка первого рода или «ложная тревога» состоит в том, что будет отвергнута правильная гипотеза.

$\beta$ -ошибка – ошибка второго рода или «пропуск цели» состоит в том, что будет принята неправильная гипотеза.



Положительный класс – тот, который мы хотим детектировать: человек болен, письмо является спамом, мошенническая транзакция.

**False Positive (FP)** – ошибочно определили положительный класс, т.е. ошибка I рода или "ложная тревога".

**False Negative (FN)** – ошибочно определили отрицательный класс, т.е. ошибка II рода или "пропуск".

Точность:

$$\xi_s = \xi_{max} = \frac{\Delta_{max}}{\rho(h_K - h_1)}$$

$$\Delta_{max} = \max_{h_s \in H_K} \rho(h_s, h_{s+1})$$

Вероятность ошибки первого рода:

$$P_{\alpha_s} = \int_{h_{\gamma_s}}^{h_{\gamma_{s+1}}} f(\tilde{h}|h_s|Y_i) d\tilde{h};$$

Уровень ошибки 2 рода (мощность  
отвержения неверных решений):

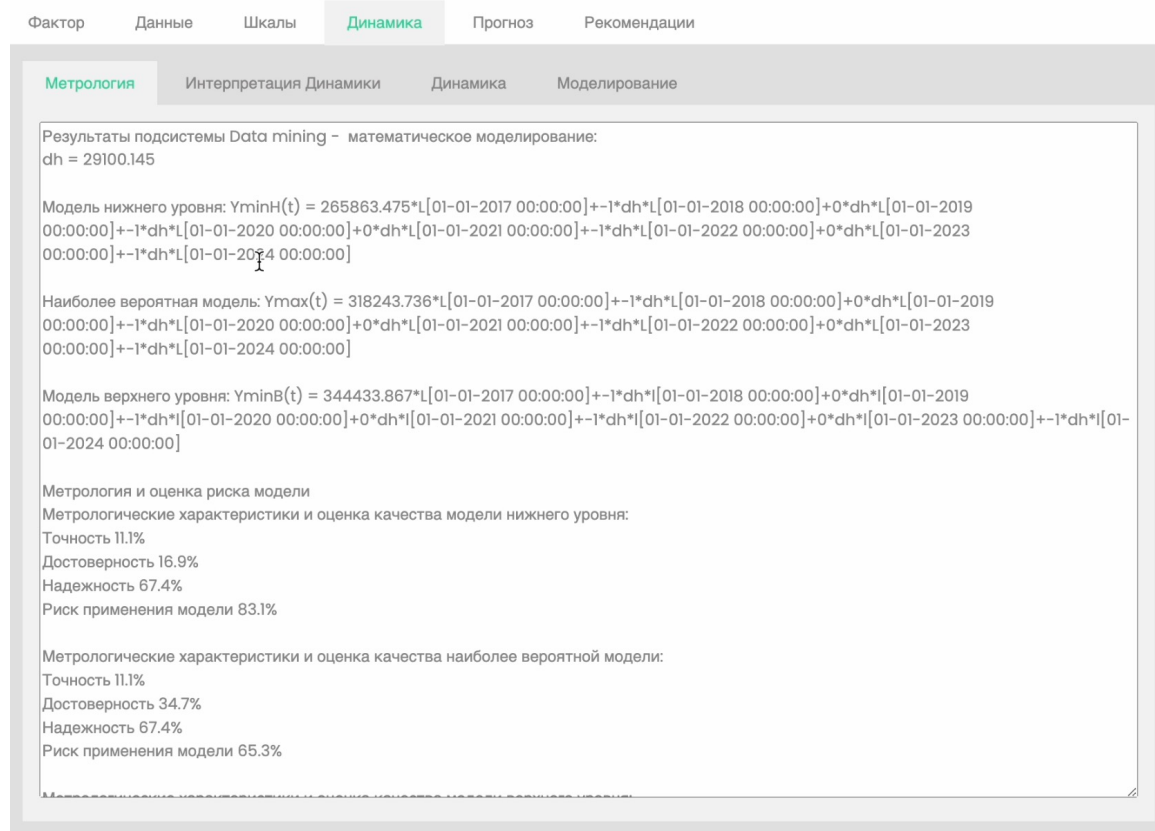
$$\mathcal{D}_{s_j} = \int_{h_{\gamma_s}}^{h_{\gamma_{s+1}}} f(\tilde{h}|h_j|Y_i) d\tilde{h};$$

Надежность:

$$V_s = (P_{\alpha_s} \cdot \mathcal{D}_s)|Y_i; \quad \mathcal{D}_s = \min_{\substack{h_j \in H_K; \\ h_j \neq h_s}} \mathcal{D}_{s_j} |Y_i,$$

Достоверность R - апостериорная вероятность гипотезы, определяемая по формуле Байеса

Риск: 1 - R



## Расширенная интерпретация

Программный комплекс "Инфоаналитик" оценивает состояние фактора "Объем рынка" полиграфической отрасли в России на 1 января 2024 года как "Ситуация приемлемая" с "Напряженной" степенью безопасности и тенденцией к повышению. Это означает, что текущая ситуация на рынке полиграфии считается удовлетворительной, однако существуют определенные риски и неопределенности, которые могут повлиять на его стабильность.

### Физический смысл взаимосвязей:

**Ситуация приемлемая:** Указывает на то, что текущие показатели объема рынка находятся в пределах нормы, без значительных отклонений.

**Степень безопасности напряженная:** Несмотря на приемлемую ситуацию, присутствуют факторы, создающие напряженность, такие как экономическая нестабильность, колебания валютных курсов и возможные перебои в поставках материалов.

**Тенденция к повышению:** Наблюдается рост объема рынка, что может быть связано с увеличением спроса на определенные виды полиграфической продукции, например, упаковку и этикетки.

### Обуславливающие факторы:

**Снижение выпуска печатной продукции:** Сокращение тиражей книг, журналов и газет из-за перехода аудитории к цифровым форматам и снижению рекламных доходов.

**Рост производства упаковки и этикеток:** Увеличение спроса на упаковку и этикетки в связи с развитием новых отраслей, таких как производство одежды, косметики и продуктов питания.

**Экономические и валютные колебания:** Нестабильность экономической ситуации и колебания валютных курсов влияют на стоимость материалов и оборудования, что может создавать напряженность на рынке.

Таким образом, текущее состояние рынка полиграфии характеризуется сбалансированным положением с признаками роста, однако сохраняются риски, связанные с экономической нестабильностью и изменениями в потребительских предпочтениях.

# Интерфейс настройки источников данных и параметров для расчета производственного показателя

[illegible]

Добавление измерения

Время измерения



01.04.2025 00:00:00

Тип значения

Числовое значение

Числовое значение

4

Координаты измерения

X

Y

Z

Добавить

Отмена

# Пример исходных данных

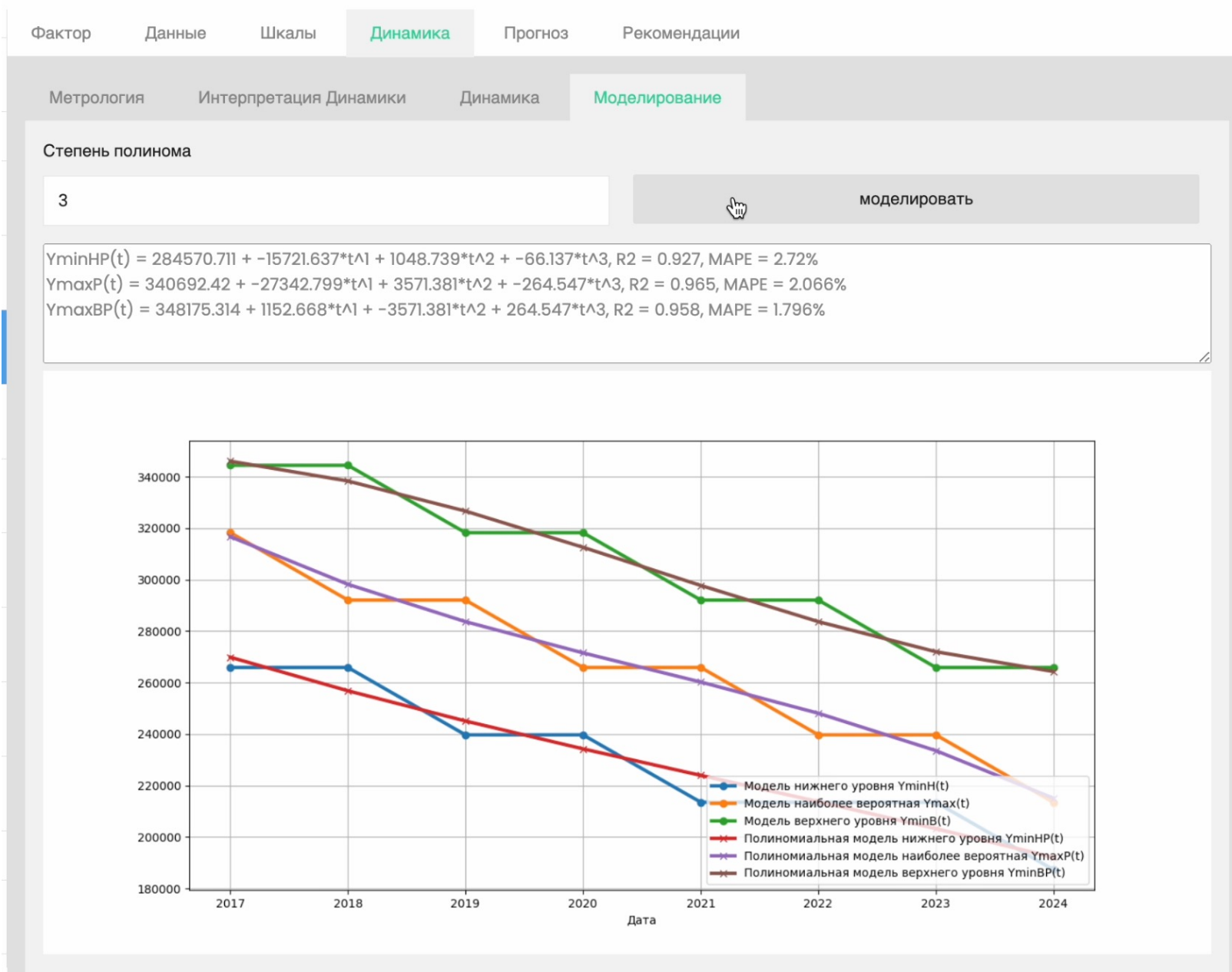
## Аналитика бизнес процессов

Главная > Бизнес Процессы > Аналитика

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| + 📁 Отдел 10. Отдел обслуживания производства [ID: 17] |
| + 📁 Отдел 11. Отдел деятельности [ID: 18]              |
| - 📁 Отдел 12. Отдел производства [ID: 19]              |
| - 📁 Секция - Производственная служба [ID: 45]          |
| 👤 Руководитель производственной секции [ID: 83]        |
| - 📁 Полиграфическая продукция [ID: 63]                 |
| - 📁 Группа препресса [ID: 53]                          |
| + 👤 Конструктор [ID: 29]                               |
| + 👤 Технолог [ID: 81]                                  |
| + 👤 Дизайнер-верстальщик [ID: 10]                      |
| + 👤 3D дизайнер [ID: 27]                               |
| - 👤 Специалист по допечатной подготовке [ID: 97]       |
| 📊 Кол-во выполненных мероприятий [ID: 98]              |
| + 📁 Группа печати [ID: 54]                             |

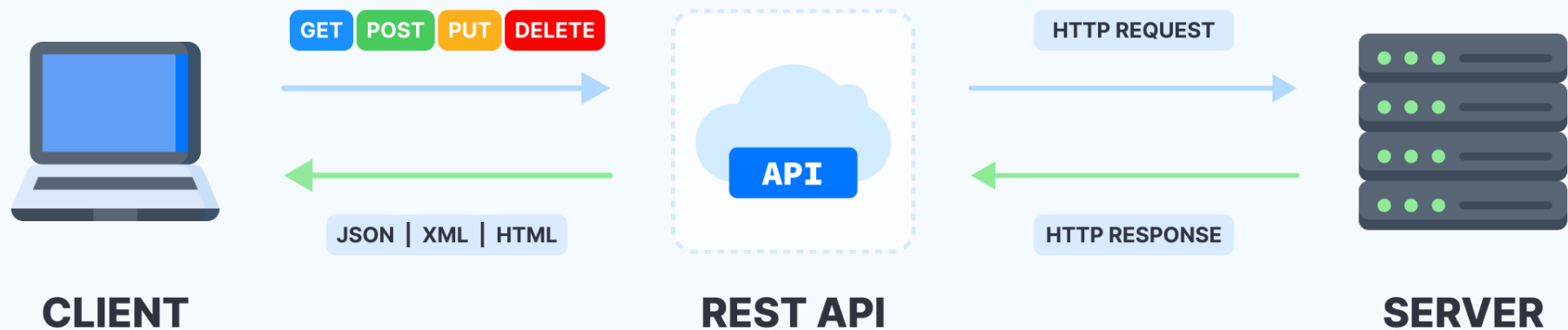


# Пример моделирования





### REST API Model



InfoAnalyst API

Overview

ENDPOINTS

- List Models GET
- Create Model POST
- Get Model GET
- Update Model PUT
- Delete Model DELETE
- List Factors GET
- Add Factor POST
- Get Factor GET
- Update Factor PUT
- Delete Factor DELETE
- Get Factor Dates GET
- Add Data Point POST**
- Get Data Points GET
- Get Data Point GET
- Update Data Point PUT
- Delete Data Point DELETE
- Get Latest Data Point GET
- Get Data Points Range GET
- Get Scale GET
- Get Scales By Factor GET

## Add Data Point

**POST** /api/factors/{factor\_id}/data/

Добавление данных в фактор. Входные параметры:

- factor\_id - идентификатор фактора
- timestamp - временная метка
- type - тип данных (numeric, expert\_score)
- value - значение

На выходе возвращает "data\_id" - идентификатор добавленной точки данных.

Если type=expert\_score, то value - это целое число от 1 до 9, где 1 - "предельно ниже нормы" 2 - "критически ниже нормы" 3 - "значительно ниже нормы" 4 - "ниже нормы" 5 - "норма" 6 - "выше нормы" 7 - "значительно выше нормы" 8 - "критически выше нормы" 9 - "предельно выше нормы"

### Request

#### Path Parameters

**factor\_id** integer required

Parameters

factor\_id\* : integer

Body

```
1 {
2   "timestamp": "2019-08-24T14:15:22Z",
3   "type": "numeric",
4   "value": 0
5 }
```

Send API Request

Request Sample: Shell / cURL

```
curl --request POST \
--url https://infoanalyst.ru/api/factors/{factor_id}/data/ \
--header 'Accept: application/json' \
--header 'Content-Type: application/json' \
--data '{
  "timestamp": "2019-08-24T14:15:22Z",
  "type": "numeric",
  "value": 0
}'
```

# Методы API

## ENDPOINTS

|                    |        |
|--------------------|--------|
| ⦿ List Models      | GET    |
| ⦿ Create Model     | POST   |
| ⦿ Get Model        | GET    |
| ⦿ Update Model     | PUT    |
| ⦿ Delete Model     | DELETE |
| ⦿ List Factors     | GET    |
| ⦿ Add Factor       | POST   |
| ⦿ Get Factor       | GET    |
| ⦿ Update Factor    | PUT    |
| ⦿ Delete Factor    | DELETE |
| ⦿ Get Factor Dates | GET    |
| ⦿ Add Data Point   | POST   |
| ⦿ Get Data Points  | GET    |
| ⦿ Get Data Point   | GET    |

|                                        |        |
|----------------------------------------|--------|
| ⦿ Update Data Point                    | PUT    |
| ⦿ Delete Data Point                    | DELETE |
| ⦿ Get Latest Data Point                | GET    |
| ⦿ Get Data Points Range                | GET    |
| ⦿ Get Scale                            | GET    |
| ⦿ Get Scales By Factor                 | GET    |
| ⦿ Get Scales Configurations            | GET    |
| ⦿ Create Scale Configuration           | POST   |
| ⦿ Get Scale Configuration              | GET    |
| ⦿ Update Scale Configuration           | PUT    |
| ⦿ Delete Scale Configuration           | DELETE |
| ⦿ Get Scale Configuration Image        | GET    |
| ⦿ Get Active Scale Configuration Image | GET    |

## Основные результаты и выводы

- Обоснован выбор методологии регуляризирующего байесовского подхода согласно требованиям, обусловленным практическими задачами производственной практики.
- Разработана модель мониторинга производственной деятельности полиграфического предприятия.
- Разработана веб-платформа СППР для оценки состояния деятельности организации.

Таким образом, применение регуляризирующего байесовского подхода при построении систем аналитики и поддержки принятия решений для производственных предприятий имеет ряд преимуществ: сложные взаимосвязи, гибкость, простота восприятия, управление рисками, автоматизированное принятие решений, и может быть рекомендовано для построения подобных систем.

- ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОВЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕКОМЕНДАЦИЙ ТОВАРОВ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА (ВАК), 2024 г.
- СИСТЕМА АНАЛИТИКИ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ МАЛОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ РЕГУЛЯРИЗИРУЮЩЕГО БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА (ВАК), 2024 г.
- ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА» НА ПЛАТФОРМЕ MOODLE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ JUPYTER NOTEBOOK, 2023 г.
- ОБ ОДНОЙ ПРОБЛЕМЕ ПЛАГИНА «QTYPE\_FORMULAS» НА ПЛАТФОРМЕ «MOODLE», 2023 г.
- ТЕХНОЛОГИИ ТЕСТИРОВАНИЯ В MOODLE С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ JUPYTER NOTEBOOK И РАЗМЕТКИ LATEX, 2023 г.
- PYTHONTEX КАК ОСНОВА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ БАНКА ЗАДАЧ, 2022 г.

## Конференции

- XXVIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2025), 28 мая 2025 г., Санкт-Петербург, СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
- Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Системная экономика, социально-экономическая кибернетика, мягкие измерения в экономике – 2024» - 21 июня 2024 г.
- Международная научно-практическая конференция «Современная математика и концепции инновационного математического образования», секция «Методология и методика математического образования» - 21 июня 2023 г.
- Международная Воронежская весенняя математическая школа «Современные методы теории краевых задач. Понтрягинские чтения» - 2023 - 7 мая 2023 г.
- 38-я Всероссийская научная конференции молодых ученых «Реформы в России и проблемы управления - 2023» - 12 апреля 2023 г.
- XIV Международный научный студенческий конгресс «Экономика России: новые тренды развития», конференция «Анализ данных, принятие решений и высокие технологии» - 16 марта 2023 г.
- IX Международная научно-практическая конференция «Современная математика и концепции инновационного математического образования», секция «Методология и методика математического образования» - 9 июня 2022 г.
- Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2022» - 1 марта 2022 г.

Спасибо за  
внимание!

