



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Факультет компьютерных наук  
Департамент программной инженерии

## **«Программа мониторинга ауторегуляции головного мозга у пациентов с черепно-мозговой травмой»**

Выполнил студент группы БПИ-143

Мендеев Александр Петрович

**Научный руководитель работы:**

к.т.н., руководитель отдела новых технологий НИИ НДХиТ

Арсеньев Сергей Борисович

**Консультант:**

старший преподаватель, м.н.с. МНУЛ ИССА

Максименкова Ольга Вениаминовна

- Что такое ауторегуляция мозгового кровообращения?
- Ауторегуляция головного мозга после травм головы
- Мониторинг ауторегуляции головного мозга

- Около 1.5 млн. смертей в мире ежегодно в результате черепно-мозговой травмы

*[1] Лихтерман Л.Б. Черепно-мозговая травма. Диагностика и лечение. ГЭОТАР-Медиа, 2014.*

- От 49 до 87% пациентов с травмами головы имеют нарушенную ауторегуляцию мозгового кровообращения

*[2] Bouma G.J., Muizelaar J.P., Bando K., Marmarou A. Blood pressure and intracranial pressure-volume dynamics in severe head injury: relationship with cerebral blood flow. // Journal of Neurosurgery, Vol. 77, No. 1, 1992. pp. 15-19.*

*[3] Hlatky R., Valadka A.B., Robertson C.S. Intracranial pressure response to induced hypertension: role of dynamic pressure autoregulation // Journal of Neurosurgery, Vol. 57, No. 5, 2005. pp. 917-923.*

# ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

## Цель работы

Разработать многоплатформенное программное решение, позволяющее пользователю (врачу) непрерывно оценивать состояние ауторегуляции мозгового кровообращения у пациентов с черепно-мозговой травмой.

## Задачи работы

1. Изучить современные способы оценки ауторегуляции головного мозга
2. Провести обзор существующих решений и выявить их недостатки
3. Определить методологию оценки ауторегуляции мозгового кровообращения;
4. Выявить требования к функциональным и нефункциональным характеристикам разрабатываемой программы
5. Определить набор технологий, который будет использоваться при разработке программы
6. Выявить требования к входным и выходным данным
7. Разработать архитектуру программного решения
8. Разработать структуру базы данных для хранения данных программы
9. Разработать программу
10. Разработать техническую документацию

## Методы оценки



```
graph TD; A[Методы оценки] --> B[Статические]; A --> C[Динамические];
```

### Статические

Компьютерная томография,  
ультразвуковое исследование

### Динамические

Анализ временных рядов в  
реальном времени, **индексы  
ауторегуляции мозга**

- Описание
- Преимущества
- Недостатки

## CLINICAL STUDIES

### Continuous Assessment of the Cerebral Vasomotor Reactivity in Head Injury

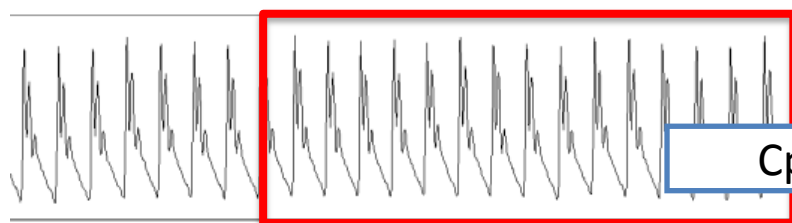
Marek Czosnyka, Ph.D.,  
Piotr Smielewski, Ph.D., Peter Kirkpatrick, F.R.C.S. (N.S.),  
Rodney J. Laing, F.R.C.S., M.D., David Menon, Ph.D.,  
John D. Pickard, M.Ch., F.R.C.S.

Academic Neurosurgical Unit (MC, PS, PK, RJJ, JDP) and Department of Anaesthesia (DM), Addenbrooke's Hospital, Cambridge, England

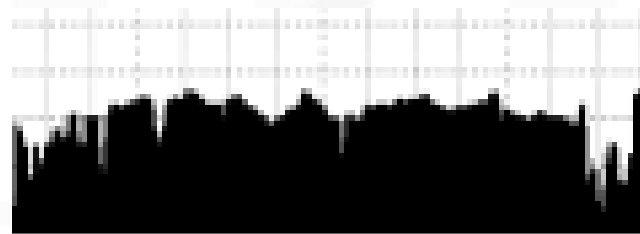
*Neurosurgery, Vol. 41, No. 1, July 1997*

## Этап предварительного анализа

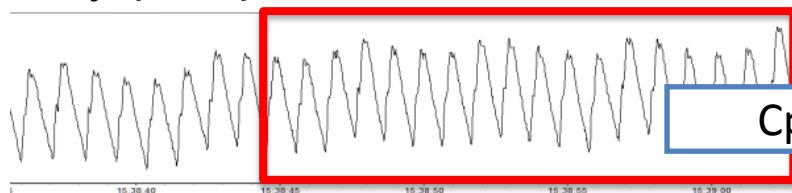
Артериальное давление



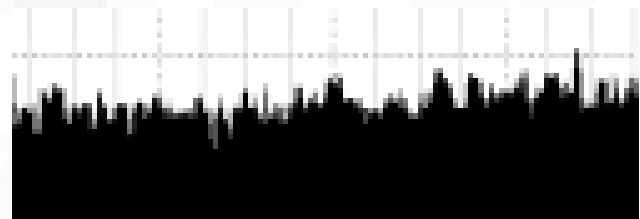
Среднее



Внутричерепное давление

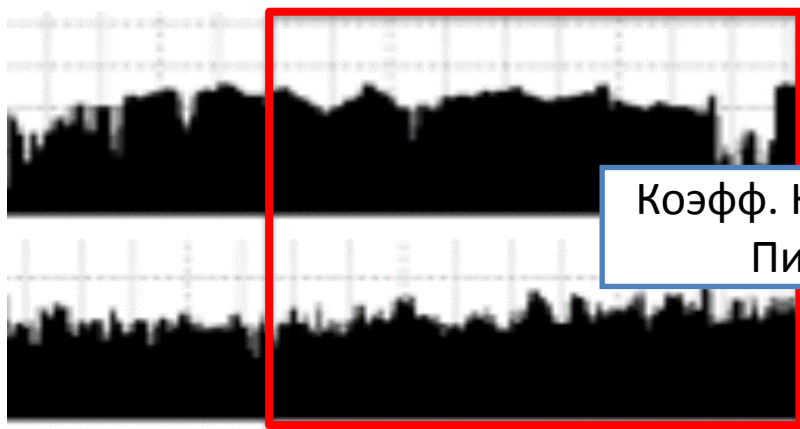


Среднее



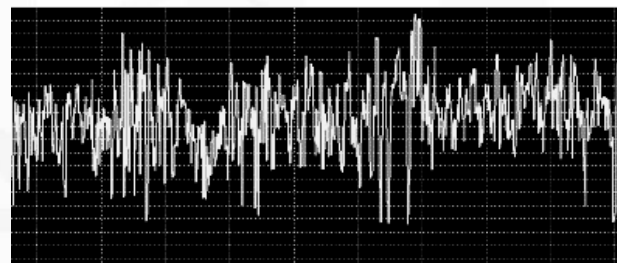
## Этап вычисления индексов

Средние значения артериального давления



Коэфф. Корреляции  
Пирсона

PRx

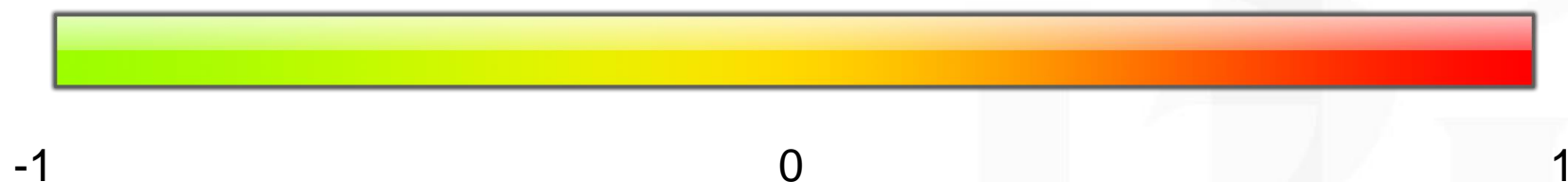


Средние значения внутричерепного давления



# PRESSURE REACTIVITY INDEX

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЗНАЧЕНИЙ



Значение	Интерпретация
$[-1; 0)$	Стабильная ауторегуляция
$[0; 0.2)$	Дестабилизация ауторегуляции (промежуточное состояние)
$[0.2; 1]$	Утраченная ауторегуляция

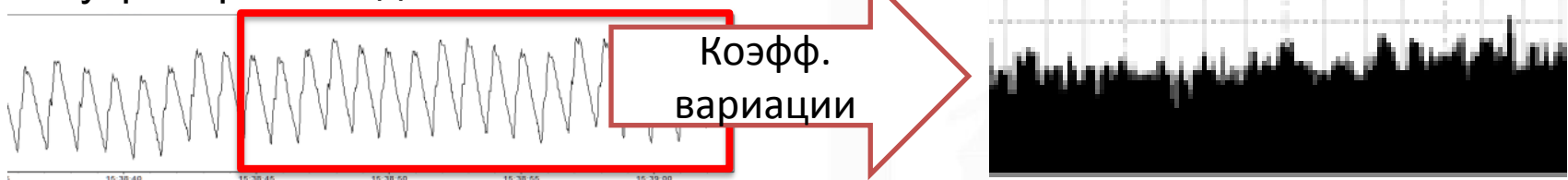
- Описание

*Москалева Д.А. Исследование прогностической значимости показателей изменчивости внутричерепного и артериального давления у детей с тяжелой черепно-мозговой травмой*

## Артериальное давление

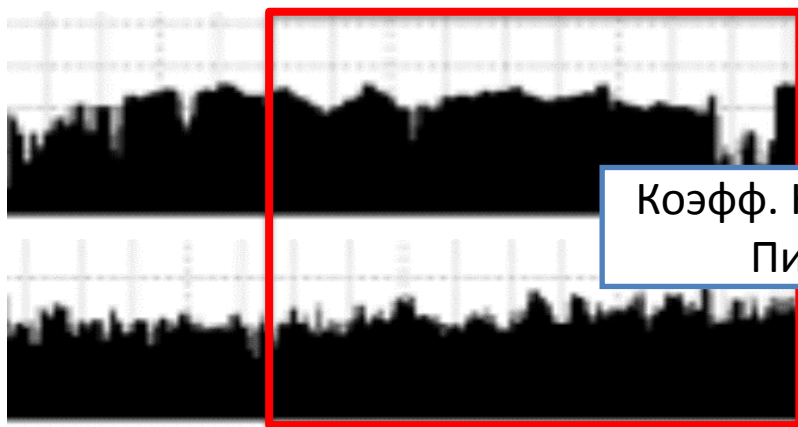


## Внутричерепное давление



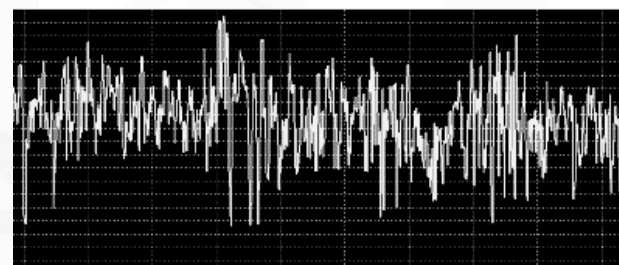
## Этап вычисления индексов

Коэффициенты вариации артериального давления



Коэфф. Корреляции  
Пирсона

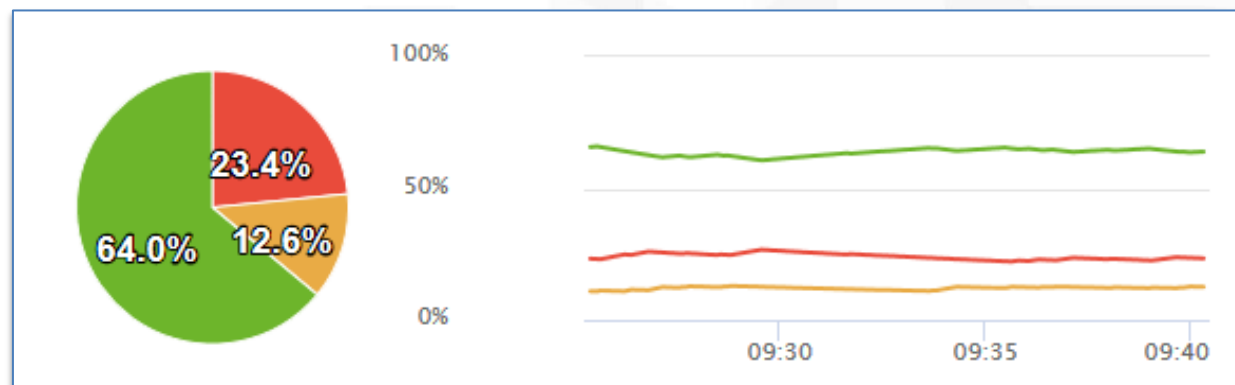
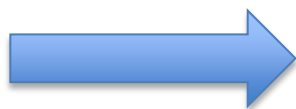
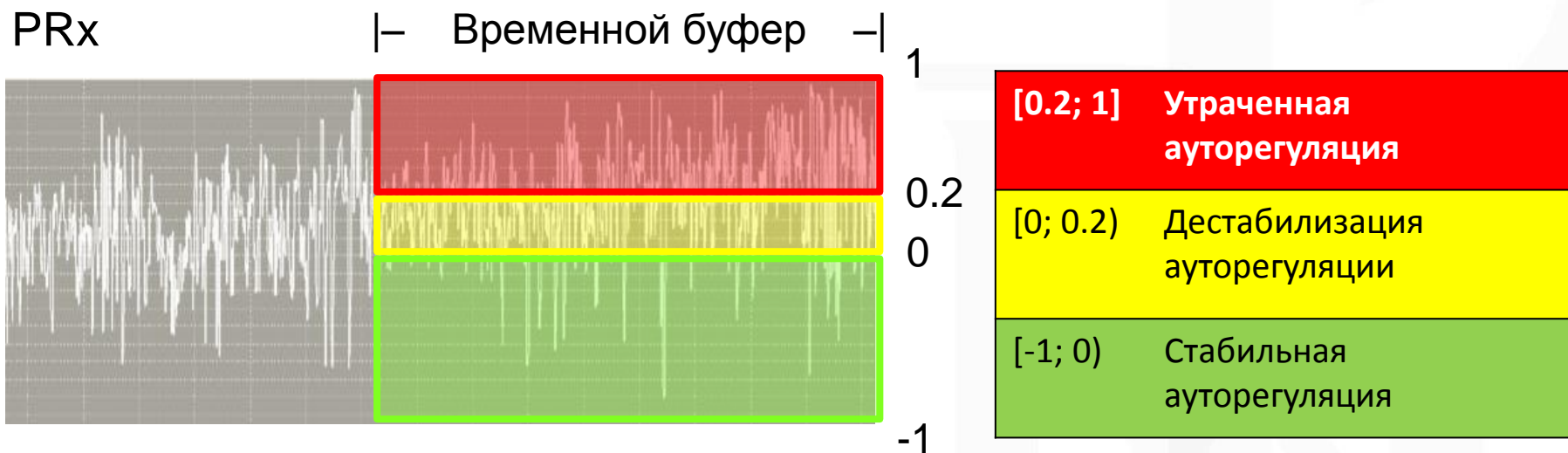
VRx



Коэффициенты вариации внутричерепного давления



# АНАЛИЗ ЧАСТОТЫ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСОВ АУТОРЕГУЛЯЦИИ МОЗГА



## Преимущества

- Решение проблемы «шумов» в графиках
- Более наглядное представление информации с интерпретацией значений

## ICM+

Разработчик:

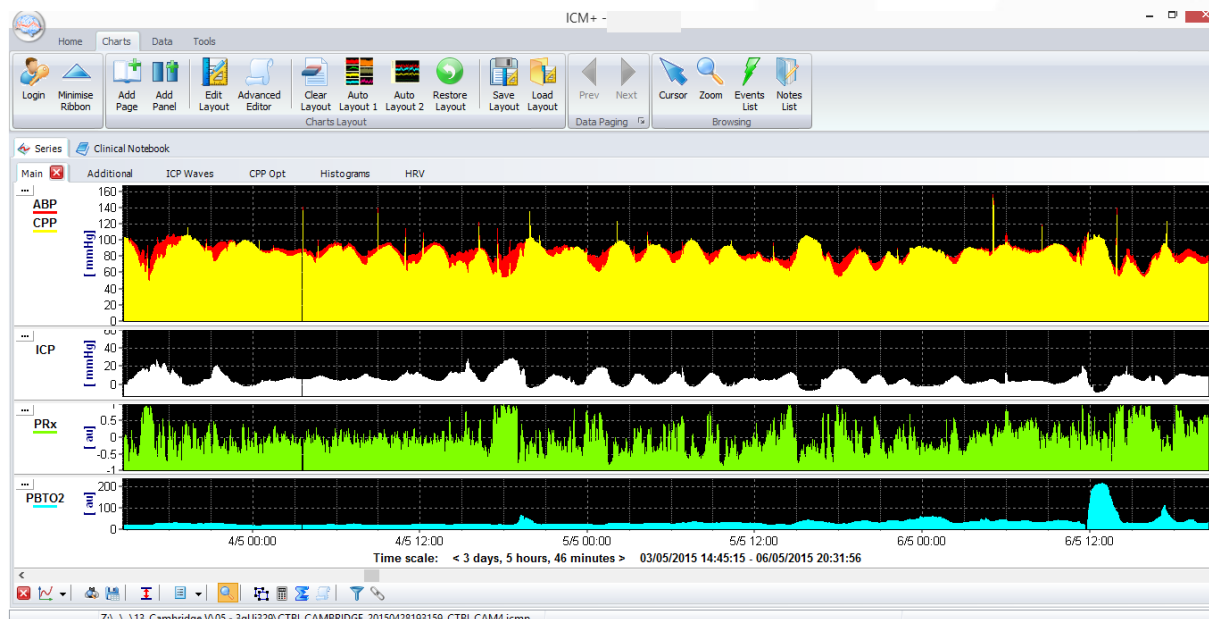
Cambridge Enterprise Ltd  
University of Cambridge

### Недостатки

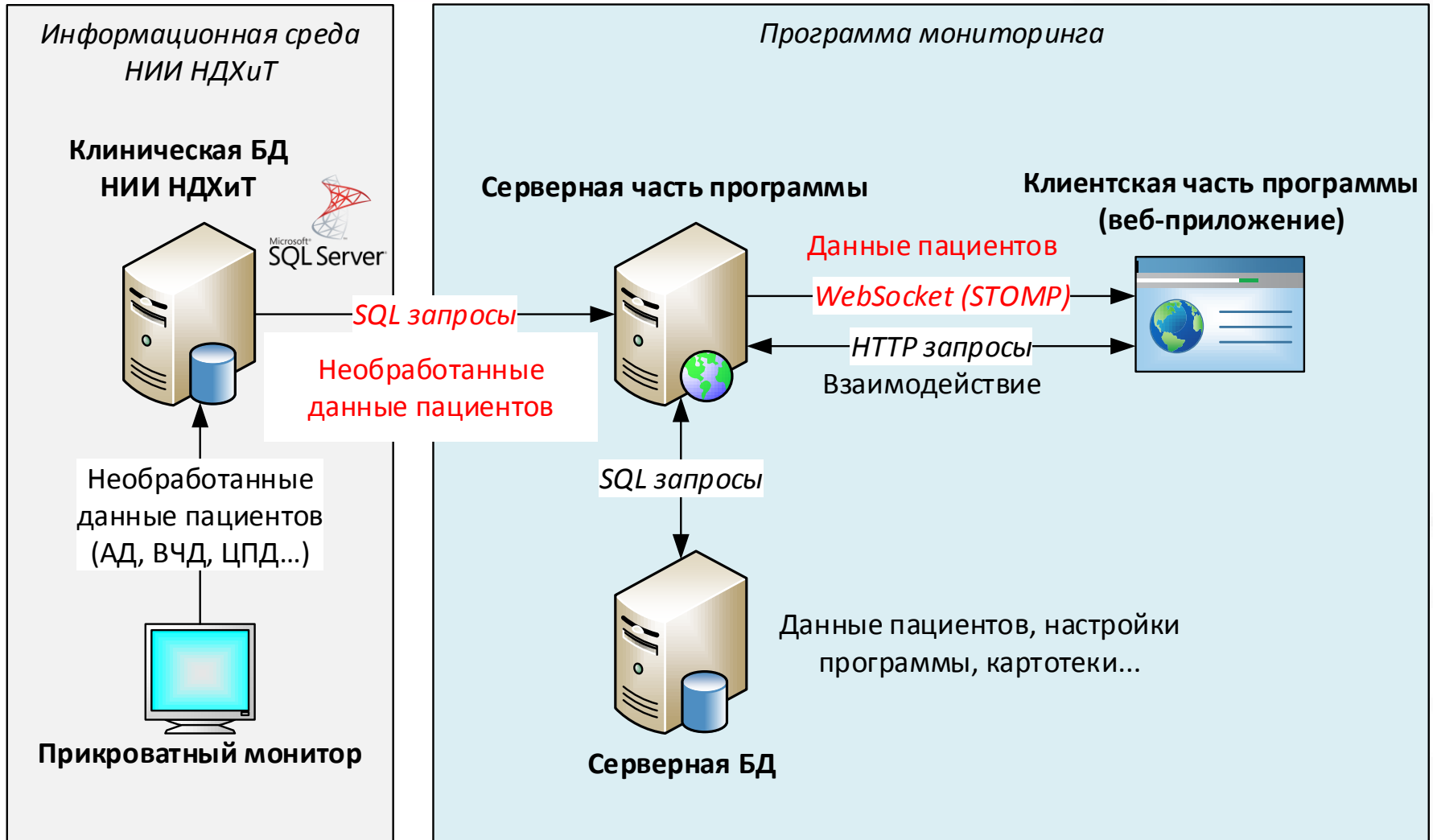
- Высокая стоимость (около £7,500 за стандартную лицензию)
- Платформозависимость (только для Windows)
- Нет поддержки русского языка

Веб сайт:

<https://icmplus.neurosurg.cam.ac.uk/>



# ОБЩАЯ СХЕМА ПРОГРАММНОГО РЕШЕНИЯ





# КЛИЕНТ-СЕРВЕРНАЯ МОДЕЛЬ

## Преимущества

- Экономия вычислительных ресурсов клиентских устройств путём переноса всей вычислительной работы на серверную часть программы
- Снижение связанности компонентов программы

## Недостатки

- Зависимость всех клиентов от сервера

# ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Серверная часть программы



## Клиентская часть программы (веб-приложение)



## Серверная БД





## Серверная часть программы, БД



**IntelliJ IDEA**

JetBrains

<https://www.jetbrains.com/idea/>



**DataGrip**

JetBrains

<https://www.jetbrains.com/datagrip/>

## Клиентская часть программы



**WebStorm**

JetBrains

<https://www.jetbrains.com/webstorm/>

# ЧТО БЫЛО СДЕЛАНО

1. Были изучены принципы вычисления и особенности индексов ауторегуляции мозга PRx и VRx
2. Было рассмотрено существующее решение и его недостатки
3. Была предложена и реализована методология оценки ауторегуляции, основанная на классификации и подсчёте относительной частоты встречаемости значений разных классов индексов PRx и VRx
4. Выявлены ключевые функциональные и нефункциональные требования
5. Выявлены требования к входным и выходным данным
6. Разработана архитектура программного решения в виде клиент-серверного веб-приложения
7. С помощью фреймворка Spring и языка Java разработана серверная часть программы
8. Разработана структура серверной БД
9. С помощью фреймворка Angular и языка TypeScript разработана клиентская часть программы
10. Разработана техническая документация для программы

# СКРИНШОТ ПРОГРАММЫ

Мониторинг

Александр Мендеев

Администрирование

Выйти

Щербаков Борис Иванович

Соединение установлено

Выгрузка данных

Настройки

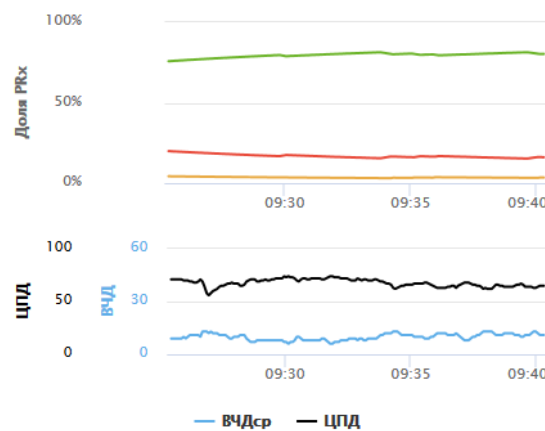
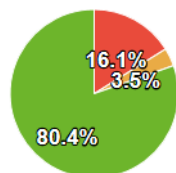
Параметр	Значение	Ед. изм.
АДср2	76	мм.рт.ст.
АДс2	110	мм.рт.ст.
АДд2	51	мм.рт.ст.
ЧСС	74	1/мин
ВЧДср	11	мм.рт.ст.
SpO2	Нет данных	%
etCO2	Нет данных	У
ЧД	Нет данных	мм.рт.ст.
ЦПД	65	мм.рт.ст.

10.04.2018, 9:40:17

Текущее время

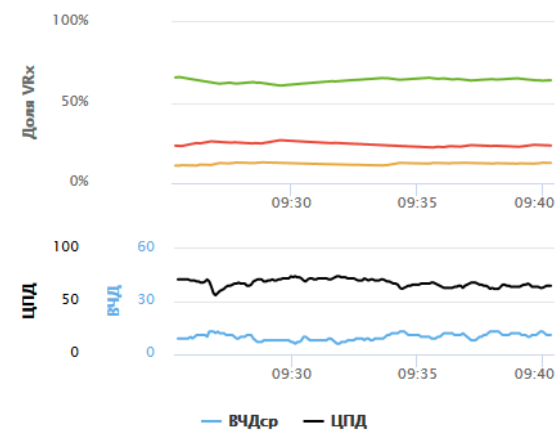
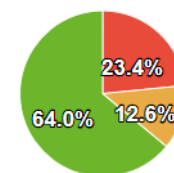
PRx

-0.04% ▼ -0.01% ▼ +0.04% ▲



VRx

-0.05% ▼ -0.03% ▼ +0.08% ▲



# АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

## Выступления

- **XX Конгресс педиатров России с международным участием  
«Актуальные проблемы педиатрии»**  
Российско-Австрийский симпозиум «Цифровая медицина и поддержка  
клинических решений»  
Тема доклада: «Цифровые технологии многопараметрического  
мониторинга в отделении анестезиологии и реанимации»  
*Арсеньев С.Б., Амчеславский В.Г., Лукьянов В.И., Мендеев А.П.*  
*18 февраля 2018 г. Москва*
- **Международная научно-учебная лаборатория интеллектуальных  
систем и структурного анализа НИУ ВШЭ**  
Научный семинар «Анализ данных в медицине 2018»  
Тема доклада «Arden Syntax и Поддержка Клинических Решений в лечении  
внутричерепной гипертензии поврежденного мозга»  
*Арсеньев С.Б., Мендеев А.П.*  
*28 мая 2018 г. Москва*

## Внедрение результатов работы

- **Отделение анестезиологии-реанимации НИИ НДХиТ**

# БУДУЩИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

- **Интеграция с системой поддержки принятия клинических решений Arden Suite**
- **Реализация протокола пошаговой терапии**
- **Внедрение системы оповещения врачей**



# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лихтерман Л.Б. Черепно-мозговая травма. Диагностика и лечение. ГЭОТАР-Медиа, 2014.
2. Bouma G.J., Muizelaar J.P., Bando K., Marmarou A. Blood pressure and intracranial pressure-volume dynamics in severe head injury: relationship with cerebral blood flow. // Journal of Neurosurgery, Vol. 77, No. 1, 1992. pp. 15-19.
3. Hlatky R., Valadka A.B., Robertson C.S. Intracranial pressure response to induced hypertension: role of dynamic pressure autoregulation // Journal of Neurosurgery, Vol. 57, No. 5, 2005. pp. 917-923.
4. Ошоров А.В. Ауторегуляция, перфузия и ВЧД при поврежденном мозге. Москва: 2017. Презентация.
5. Семенютин В.Б., Свистов Д.В. Методы оценки регуляции мозгового кровотока в нейрохирургии // Российская нейрохирургия. 2005. URL: [http://www.neuro.neva.ru/ru/Articles\\_2005\\_1/semenyutin.shtml](http://www.neuro.neva.ru/ru/Articles_2005_1/semenyutin.shtml) (дата обращения: 23.04.2018).
6. Czosnyka M., Smielewski P., Kirkpatrick P., Laing R.J., Menon D., Pickard J.D. Continuous assessment of the cerebral vasomotor reactivity in head injury // Journal of Neurosurgery, Vol. 41, No. 1, July 1997. pp. 11-17.

7. Ducharme-Crevier L. Cerebrovascular Pressure Reactivity in Children with TBI // Pediatric Neurology Briefs, Vol. 29, No. 10, Oct 2015. P. 77.
8. Москалева Д.А. Исследование прогностической значимости показателей изменчивости внутричерепного и артериального давления у детей с тяжелой черепно-мозговой травмой, Кафедра медицинской кибернетики и информатики, Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н.И. Пирогова, Москва, 2012.
9. Cambridge Enterprise ICM+ - About [Электронный ресурс] // University of Cambridge: [сайт]. URL: <https://icmplus.neurosurg.cam.ac.uk/home/about/> (дата обращения: 23.04.2018).
10. Zweifel C., Lavinio A., Steiner L.A., Radolovich D.K., Smielewski P., Timofeev I., Hiler M., Balestreri M., Kirkpatrick P.J., Pickard J.D., Hutchinson P.J., Czosnyka M. Continuous monitoring of cerebrovascular pressure reactivity in patients with head injury // Neurosurgical Focus, Vol. 25, No. 4, Oct 2008. P. E2.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Спасибо за внимание!

Мендеев Александр Петрович

Москва - 2018