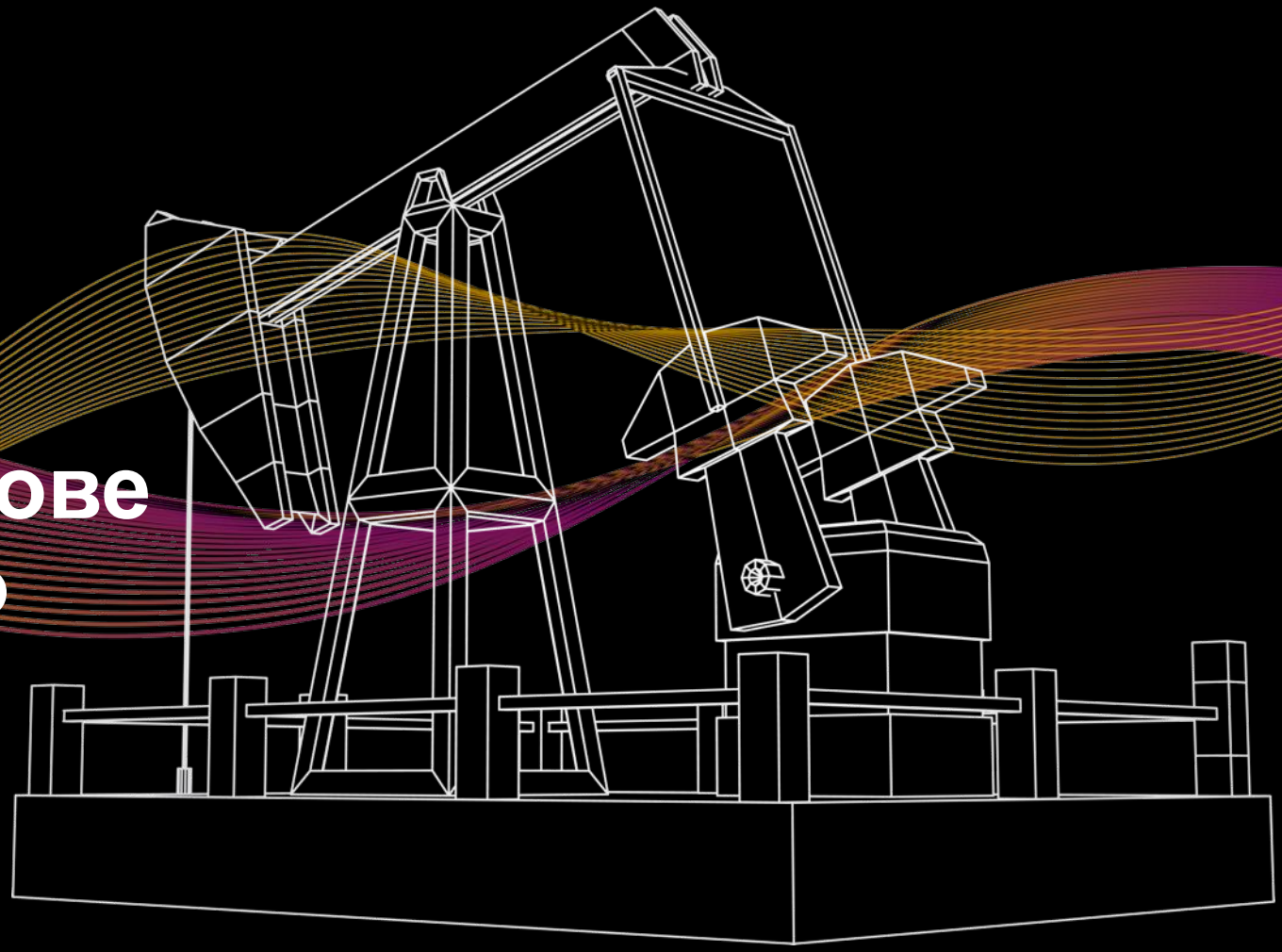
IV Международный
Нефтегазовый
Саммит SAP ONLINE

Виртуальный датчик давления УЭЦН на основе технологий машинного обучения

Ржаксинский А.В.
Data Scientist, SAP



СУРГУТНЕФТЕГАЗ

THE BEST RUN SAP

Текущая ситуация

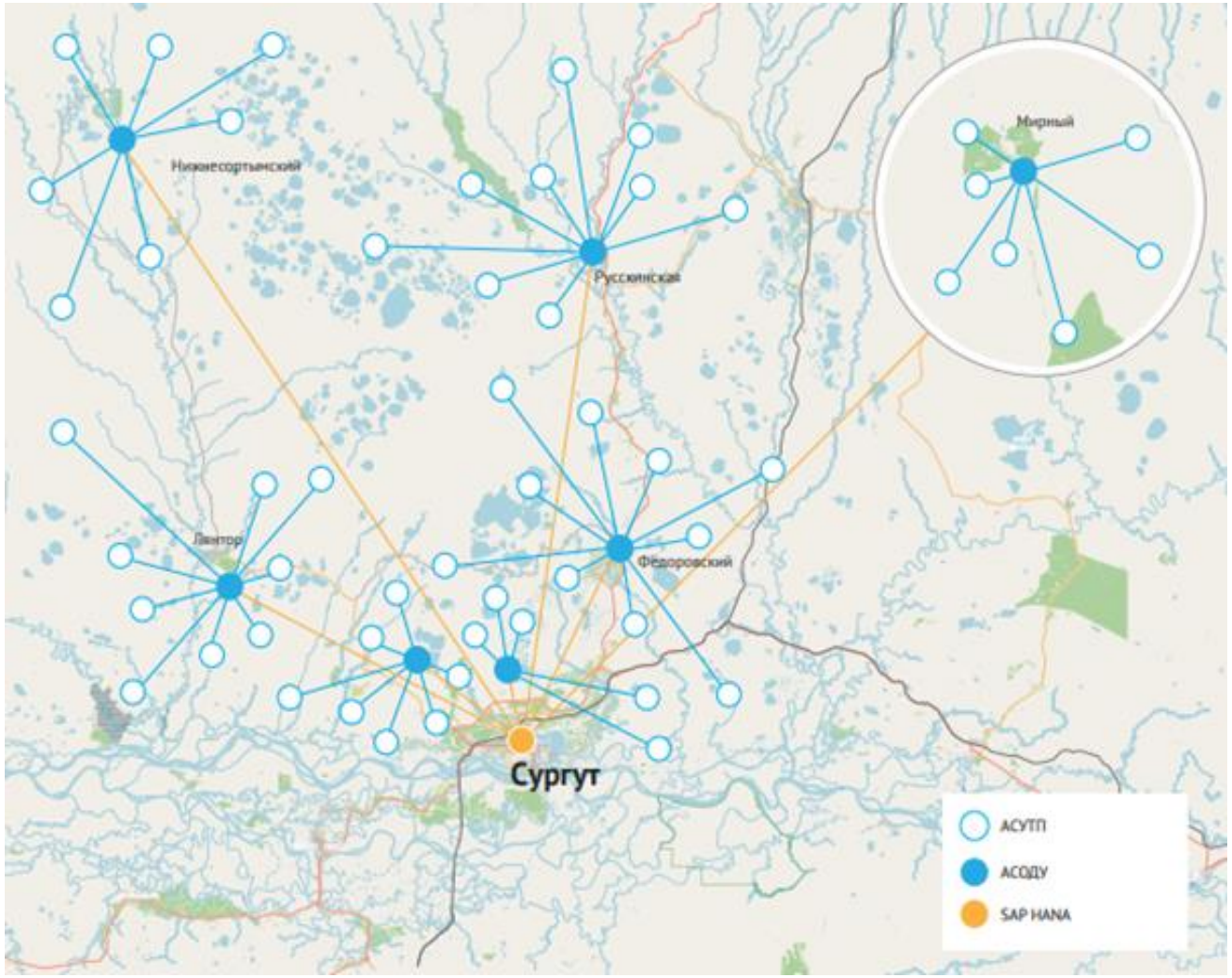
20 000+

общий парк скважин

60%

оборудовано ТМС

- Около **40% скважин не оборудовано ТМС**, что не позволяет оперативно диагностировать проблемы с оборудованием
- Информация собирается через **унифицированный протокол обмена** в единообразном виде и сохраняется в системах **АСУТП** нижнего уровня (разработка ПАО Сургутнефтегаз)
- Информация консолидируется в системах высокого уровня **АСОДУ** (разработка ПАО Сургутнефтегаз)
- На мониторинге у технолога **до 1000 скважин с 6 оперативными параметрами** телеметрии УЭЦН



https://glavteh.ru/погружная-телеметрия-сургутнефтегаз

© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

Выявление отклонений в работе скважины

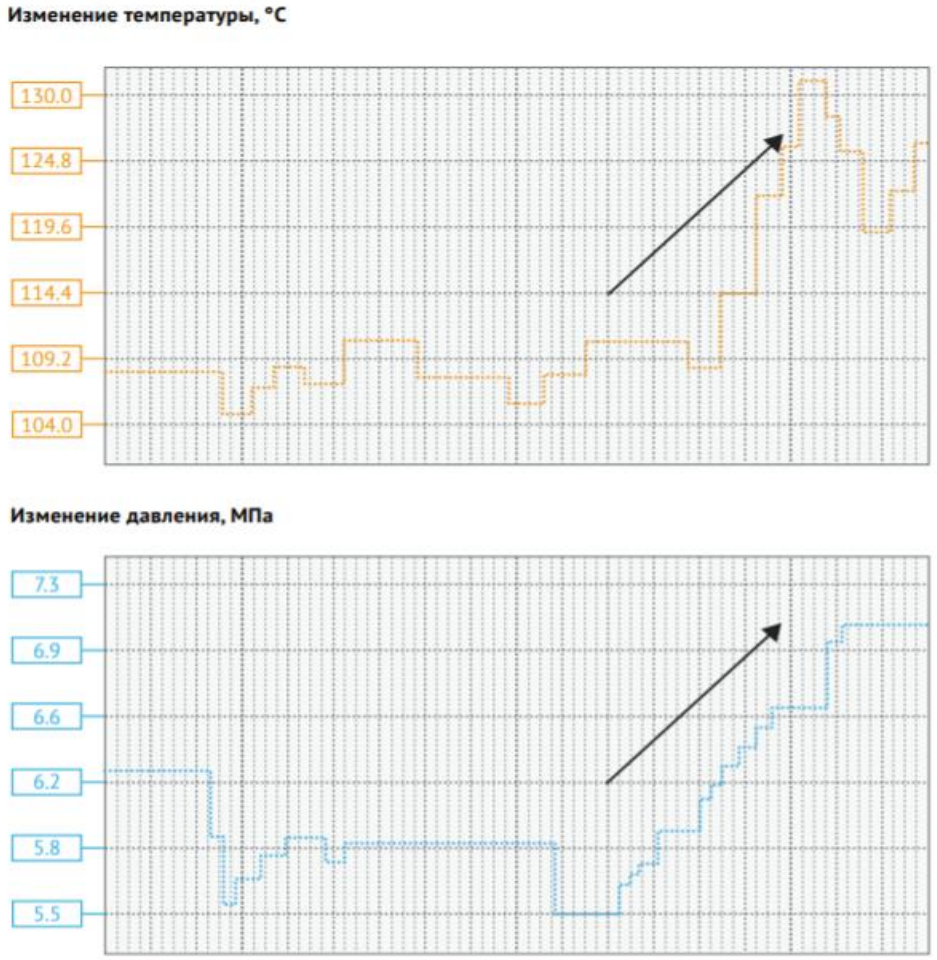
Цель – снизить число отказов УЭЦН для скважин, не оборудованных ТМС

Сигналы: «**одновременный рост давления и рост температуры**», «**одновременные рост давления и снижение силы тока**», «**одновременные рост температуры и снижение силы тока**» говорят о возможном отсутствии или срыве подачи УЭЦН;

Сигнал: «**длительный медленный или резкий быстрый рост давления**» говорит о возможном снижении подачи УЭЦН, отсутствия герметичности колонны насосно-компрессорных труб или о замерзании обратного клапана в зимнее время года;

Сигнал «**рост давления после запуска периодической скважины**» говорит о возможном отсутствии подачи УЭЦН, или о замерзании выкидной линии на скважине в зимнее время года;

Сигналы «**одновременные рост тока и рост температуры**», «**одновременные рост тока и рост давления**» говорят о возможном солеотложении или засорении УЭЦН.



© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

Консолидация информации для задачи анализа

18 000
скважин, информация о которых загружена в системы для анализа

1 год
глубина анализируемой истории телеметрии

5 минут
частота сохранения информации по каждому параметру каждой скважины

100
показателей на каждый момент времени собрано для анализа – телеметрия, режимно-паспортные, справочные данные

2
дополнительные Базы данных загружено для прогнозирования состояния и возможных поломок: БД мероприятия и БД поломки

2.2 млрд
записей накоплено в базе данных для анализа

2.1 Тб
размер базы данных в несжатом виде

300 Гб
размер данных в SAP HANA – коэффициент сжатия 1:7

© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

SAP HANA ML – Automated Predictive Library (APL)

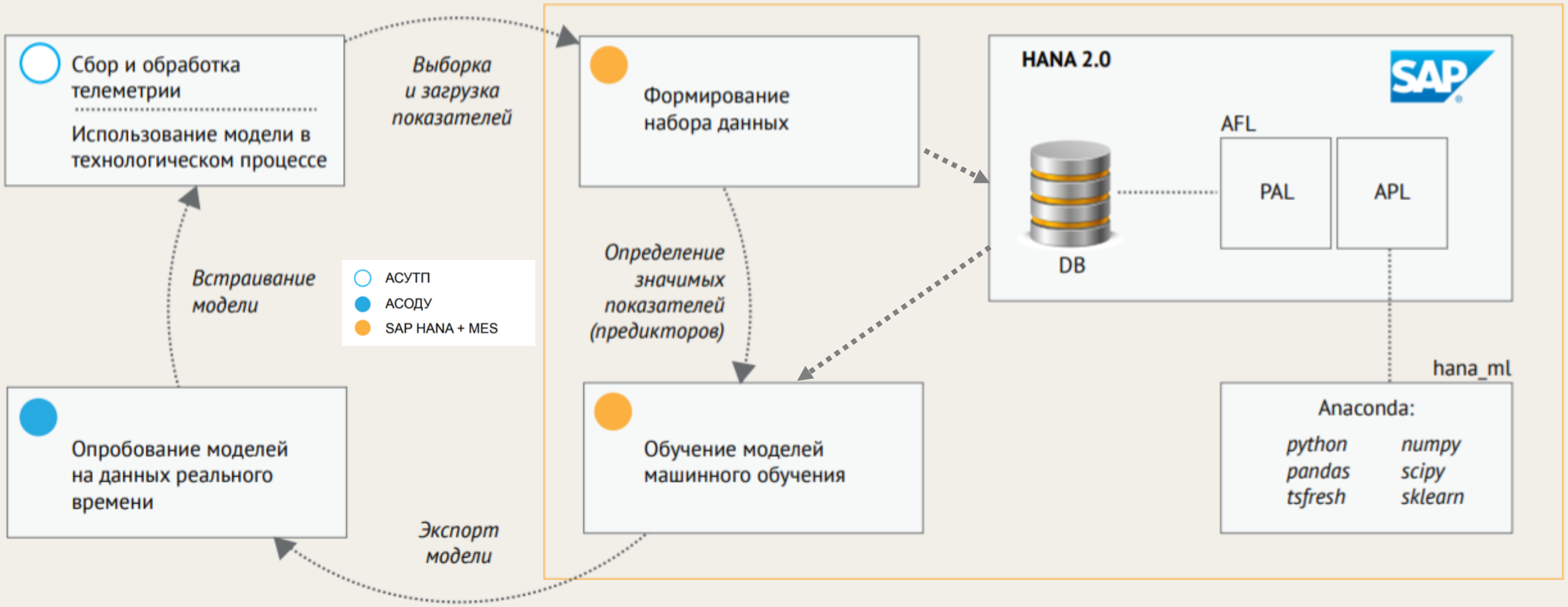
Функциональность машинного обучения, встроенная в базу данных

Автоматическое моделирование – ключ к быстрому внедрению

- Быстро и легко использовать для неспециалистов по анализу данных и использовать в приложениях, построенных на HANA
- APL предоставляет разработчикам простые процедуры для создания, обучения, применения, развертывания и вызова прогнозных моделей

© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

Информационные потоки в решении



© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

Варианты переноса результата в АСУТП

АСУТП – система реального времени, предназначенная для online мониторинга работы скважин, а не для обучения моделей машинного обучения. Также ограничена возможность вызова внешних сервисов – система не должна ждать ответа внешних систем.

Интеграция модели в АСУТП требует выгрузки модели в виде рассчитанных коэффициентов и запуск моделей в подготовленном окружении внутри АСУТП.

Генерация правил в SAP APL

Сгенерированы правила при создании дерева решений для модели давления на приеме насоса

```
450=<T1138P6000315<1050) && (T1138P3700028=$Unknown$) => T
1050=<T1138P6000315<4350) && (T1138P4000019>=4) => T
4350=<T1138P6000315<7650) && (T1013P2500132=$Unknown$) => T
(T1138P6000315>=7650) && (T1138P600050>=0.6685) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 7.175=<T1138P2300058<8.125) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 8.125=<T1138P2300058<8.705) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 8.705=<T1138P2300058<9.315) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 9.315=<T1138P2300058<10.265) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 10.265=<T1138P2300058<11.645) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 12.395=<T1138P2300058<13.595) => F
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 15.005=<T1138P2300058<16.9949) => T
450=<T1138P6000315<1050) && (T1138P3700028>=12.5) && (T1138P5200021<21) => T
450=<T1138P6000315<1050) && (T1138P3700028>=12.5) && (T1138P5200021=$Unknown$) => F
1050=<T1138P6000315<4350) && (T1138P4000019<4) && (T1013P2300347<8.9) => T
4350=<T1138P6000315<7650) && (T1013P2500132<981) && (T1013P300149>=1762.5) => T
4350=<T1138P6000315<7650) && (T1013P2500132>=981) && 4=<T1138P4000064<92.5) => F
(T1138P6000315>=7650) && (T1138P600050<0.034) && 12.2202=<T1013P800250<12.2944) => T
(T1138P6000315>=7650) && (T1138P600050<0.034) && 12.3664=<T1013P800250<14.3264) => F
(T1138P6000315>=7650) && (T1138P600050<0.034) && 14.3269=<T1013P800250<16.6268) => F
(T1138P6000315>=7650) && (T1138P600050<0.034) && 29.2054=<T1013P800250<29.2125) => T
(T1138P6000315>=7650) && (T1138P600050<0.034) && 39.7106=<T1013P800250<40.168) => T
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && (T1138P2300058<6.784) && (T1138P4000018>=
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 6.784=<T1138P2300058<7.175) && (T1138P270
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539<0.5) && 6.784=<T1138P2300058<7.175) && 227.5=<T1
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539>=0.5) && (T1138P3700028>=12.5) && 27455.5=<T1010
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539>=0.5) && (T1138P3700028>=12.5) && 33075.5=<T1010
(T1138P6000315<450) && (T1138P4200539>=0.5) && (T1138P3700028>=12.5) && 41826.1=<T1010
```

Генерация Java/C++ кода в SAP PAL

Сгенерирован исходный код при создании дерева решений для модели уставки недогрузки насоса

```
232     //T1205P2300000
233     private static void initializeInputVariable18() {
234         byte[] lInput = {84, 49, 50, 48, 53, 80, 50, 51, 48, 48, 48, 48, 48};
235         mInputVariables[18] = new String(lInput, sCharset);
236         byte[] lInputStorage = {110, 117, 109, 98, 101, 114};
237         mInputStorageVariables[18] = new String(lInputStorage, sCharset);
238     }
239     private static void initializeOutputVariable0() {
240         byte[] lOutput = {114, 114, 95, 84, 49, 49, 51, 56, 80, 52, 48, 48, 48, 48, 49, 54};
241         mOutputVariables[0] = new String(lOutput, sCharset);
242         byte[] lOutputStorage = {110, 117, 109, 98, 101, 114};
243         mOutputStorageVariables[0] = new String(lOutputStorage, sCharset);
244     }
245
246     private double Kxen_RobustRegression_0_KxVar5( IKxJModelInput iInput ) {
247     double lValue5 = iInput.doubleValue(0);
248     if (iInput.isEmpty(0, mMissingStrings[0]))
249     {
250         return (double)1.635789664455e0;
251     }
252     if ( lValue5 > 6001 ) {
253         lValue5 = (double)6001;
254     }
255     else if ( lValue5 < 0 ) {
256         lValue5 = (double)0;
257     }
258     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 0.0e0, 1, 0.0e0, 1) ) {
259         return (double)1.628545779144e0;
260     }
261     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 0.0e0, 0, 1.0e0, 1) ) {
262         return (double)(1.621301893832e0);
263     }
264     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 1.0e0, 0, 5.0e0, 1) ) {
265         return (double)(1.614058008521e0);
266     }
267     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 5.0e0, 0, 1.0e1, 1) ) {
268         return (double)(1.606814123209e0);
269     }
270     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 1.0e1, 0, 1.2e1, 1) ) {
271         return (double)(1.599570237897e0);
272     }
273     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 1.2e1, 0, 2.0e1, 1) ) {
274         return (double)(1.592326352586e0);
275     }
276     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 2.0e1, 0, 2.5e1, 1) ) {
277         return (double)(1.585082467274e0);
278     }
279     if( 0 == doublesegcmp( lValue5, 2.5e1, 0, 3.0e1, 0) ) {
280         return (double)(1.577838581963e0);
281     }
```

© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

Результаты моделирования и значимые параметры

- **Построены модели, которые на основе динамики:**
  - коэффициента мощности cos fi;
  - загрузки двигателя, %
  - тока тока двигателя, А
  - времени простоя и времени работы для периодически работающих скважин
  - давления в коллекторе измерительной установки
  - другие показатели

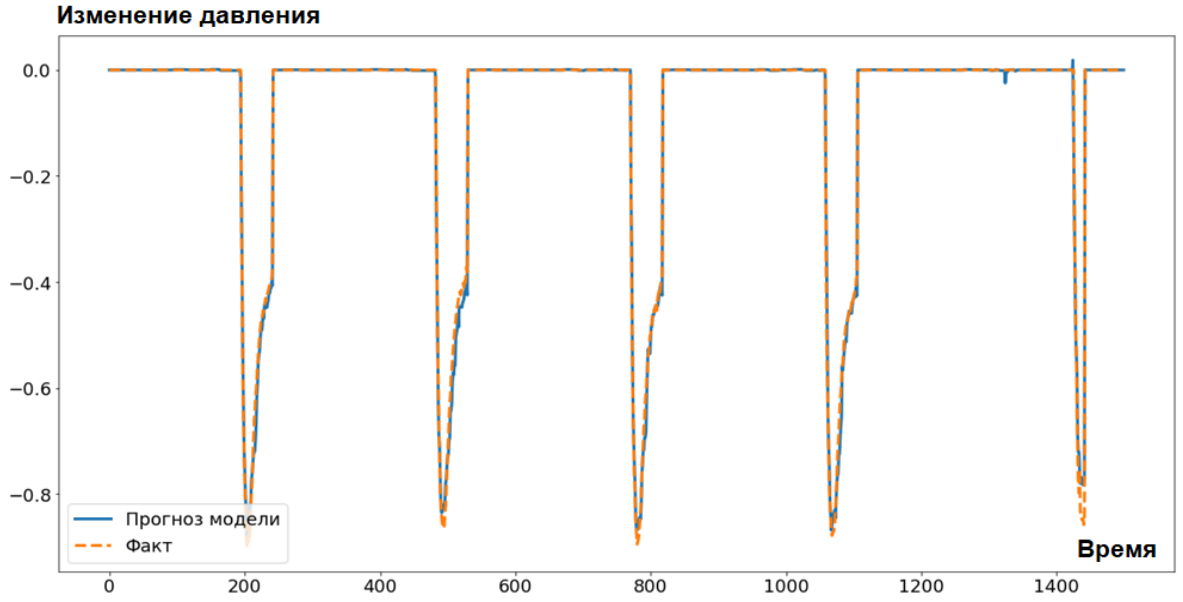
  позволяют прогнозировать рост давления и температуры на скважинах, не оборудованных ТМС.

- Проводится **подготовка к апробация** моделей

- Созданное **хранилище телеметрической информации** и опробованные подходы позволят развивать новые инициативы

- При стоимости ремонта при отказе УЭЦН порядка **600 тыс. руб**, ожидаемые эффекты от внедрения только этих моделей могут составят **десятки миллионов рублей в год**

Пример прогноза модели и наблюдаемой зависимости изменения давления на приеме УЭЦН от времени



© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC

Дальнейшие шаги

- Больше моделей для различных прикладных областей: телеметрия оборудования, прогноз поломок, финансы, ИТ
- SAP Data Intelligence для управления моделями
- Программа развития компетенций и экспертной поддержки
- Программа обучения «Как управлять Data science проектами» для руководителей и заказчиков проектов

© 2020 SAP SE or an SAP affiliate company. All rights reserved. I PUBLIC