

Проектирование виртуальных анализаторов с использованием альтернативных моделей

*В.О. Чинакал,
в.н.с., к.т.н., доц., chinakal@ipu.ru,
ИПУ РАН, г. Москва*

Рассмотрены особенности проектирования виртуальных анализаторов для формирования текущих оценок ключевых параметров непрерывных технологических процессов первичной переработки нефти с использованием оценок от наборов базовых альтернативных моделей. Реализация настройки параметров АМ осуществляется с применением стандартных методов оценивания и интеллектуальных методов оценки изменения свойств временных рядов.

Features of design of virtual analyzers for formation of the current estimates of key parameters of continuous technological processes of primary oil refining with use of estimates from sets of basic alternative models are considered. The realization of control of the AM parameters is enabled with application of standard methods of estimation and intellectual methods of assessment of change of properties of temporary ranks.

Введение

В процессе развития аппаратно-программных средств систем автоматизированного управления промышленными объектами все большее внимание уделяется повышению эффективности оперативного контроля технологических параметров с использованием виртуальных анализаторов (ВА) наряду с применением традиционных методов и средств лабораторного анализа (ЛА) и поточных анализаторов (ПА). Применение традиционных способов оценки ключевых параметров (КП) непрерывных технологических процессов (ТП) с использованием только ЛА и ПА не позволяет эффективно решать имеющиеся проблемы управления ТП [1]. [1].

При проектировании типовых алгоритмов контроля и управления в АСУТП предполагается использование синхронных результатов измерений от различных источников исходных данных. Однако, при использовании ЛА и ПА базы данных реального времени (БД_РВ), фактически содержат разновременные дискретные отсчеты значений КП, получаемые часто с большим запаздыванием от непрерывных датчиков и анализаторов, а также данных лабораторных анализов. Так как на основе этих данных корректируются также и оценки КП, получаемые от ВА, то от точности работы ВА существенно зависит и эффективность управления технологическими агрегатами. При этом в задачах оперативного управления работой установок часто приходится оперативно учитывать изменения состава сырья или изменения требований к ряду показателей выходных или промежуточных продуктов, что приводит к необходимости перенастройки параметров ВА на новые условия работы.

В связи с этим повышению точности оценок КП, получаемых с использованием ВА, при изменяющихся условиях работы уделяется все большее внимание. Решению этой проблемы посвящено большое количество работ, используются различные методы статистической обработки данных, моделирования, интерполяции и экстраполяции [2,3]. В данной работе рассмотрены возможности дополнительного повышения точности оценки параметров КП от ВА с использованием оценок от наборов базовых альтернативных моделей (АМ).

При адаптации текущих параметров АМ и вычислении обобщенных оценок КП от ВА используется наряду со статистическими методами дополнительная настройка параметров применяемых алгоритмов оценивания к возможным изменениям качества сырья и изменяющимся параметрам технологических агрегатов. Ниже рассматриваются возможности повышения эффективности работы ВА КП за счет использования последовательного пересчета полученных ранее оперативных прогнозных оценок параметров КП. При пересчете используются оценки от различных альтернативных моделей (АМ) и уточнение параметров алгоритмов на основе ретроспективного анализа данных и моделирования.

Для определения моментов изменения тех или иных свойств временных рядов целесообразно использование методов интеллектуального анализа оперативных данных [4,5]. Приводятся примеры обработки и анализа данных АМ ВА при первичной переработке нефти. Анализ выполняется на основе данных, включающих результаты периодических лабораторных измерений, оперативные данные поточных (ПА) и виртуальных анализаторов (ВА), данные от датчиков, исполнительных механизмов СУ, а также результатов вычислений. Вычисления используются для получения оценочных результатов ускоренного моделирования работы объекта при различных гипотезах о возможных изменениях параметров сырья и состояния объекта на предыдущих интервалах времени и прогноз возможных вариантов изменений ключевых параметров на ближайших интервалах.

Основные особенности анализа данных

Для проведения анализа исходных данных и построения альтернативных моделей ВА необходимо предварительно решить следующие задачи:

- упорядочить параметры текущих моделей качественных показателей продуктов в зависимости от типа сырья и режимных параметров, используя сигналы штатной системы оценивания и дополнительные данные углубленного логического (интеллектуального) анализа. Таких моделей, зависящих от состава (качества) сырья и требуемого продукта на выходе, существует ограниченное количество, причем не для любого сырья возможно получение любого продукта. Такую серию моделей можно представить в виде таблицы, изображенной на рис. 1. Каждому столбцу соответствует тип сырья, который обычно классифицируется по приведенной плотности и ряду базовых показателей. Строки соответствуют наборам режимных параметров АВТ в зависимости от критерия, например, максимум выпуска керосина, бензина и т.п. Для промежуточных значений плотности выполняется сплайновая интерполяция или экстраполяция по ближайшим столбцам при заданных режимах;

- уточнение параметров работы системы по запаздывающим данным (экстраполяция данных, например, методом наименьших квадратов, для определения момента времени, в котором могли произойти изменения свойств объекта) для управления размером плавающего окна, используемого для прогнозирования процесса;
- уточнение параметров прогнозируемых моделей по результатам корректировки предыдущих измерений с учётом изменений по управлению режимными параметрами (с учетом того, чем вызваны изменения: изменением качества сырья, изменением режима управления или нештатной ситуацией).

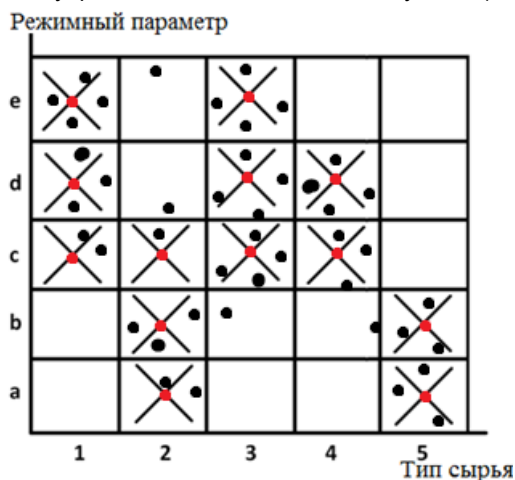


рис.1 Выбор моделей в зависимости от типа сырья и требований к конечному продукту

Для уменьшения ошибок в оценках текущих и прогнозируемых значений показателей оперативные данные измерений в реальном времени обычно обрабатываются с использованием различных статистических методов с оценкой доверительных интервалов прогноза значений КП по различным критериям [2,3]. Учитывая дискретные моменты измерений КП и различную динамику технологических процессов, целесообразно формировать варианты альтернативных моделей на базе стандартного представления в виде модели АРПСС (p,d,q).

Примеры экспериментальной обработки данных

Фрагмент данных лабораторных измерений и данных от поточных анализаторов за отчетный период приведён в таблице 1.

Таблица 1

Фрагмент данных

временной шаг	время измерения	КОНДЕНСАТ С УСТАНОВКИ .АВТ				
		Сумма углеводородов С1-С2; наиб. 5,0	изобутан	н-бутан	изопентан	пентан
0	0	0,5	17,1	61,8	0,1	0
48	48	1,2	19,9	50,5		
72	120	2	16,3	51,9	0	0
55	175	2,5	16,6	43,2	0,1	0
41	216	0,4	8,4	71,1	2,1	0,1
118	334	0,1	13,3	78,8	3,6	0
48	382	1,4	9,9	67,3	0	0
74	456	0,9	15,1	58,4	4,6	0,1
96	552	1,5	18,4	45,5	0	0
72	624	0,5	12	67,9	2,6	0,1
48	672	1,1	17,7	56,4	0	0
48	720	1	14,4	61,3	1,4	0,1
72	792	0,7	11,1	68,8	0,4	0
48	840	1	11,1	65,3	0	0
48	888	1,2	11,6	56,6	9,5	0,6
72	960	1,2	12,3	63,6	0,3	0,1
48	1008	0,7	14	56,6	9,5	0
48	1056	0,9	14,1	58,2	5,1	0,4
72	1128	0,6	11,7	53,7	17,2	1,2
48	1176	0,7	14,6	54,7	9,6	0,8
48	1224	1	14,2	61,3	2,5	0,1
72	1296	1	10,1	61,1	5,2	0,2

47	1343	0,8	15,4	61	2,1	0,1
49	1392	0,4	12,7	52,9	16,8	2,7
71	1463	1,1	15,3	57,3	3,9	0,2
49	1512	1,1	7,9	57,5	13,1	1,3
48	1560	0,5	15,4	62,8	3,1	0,6
72	1632	0,8	8,3	47,3	19,4	8,5

Данные идут через неравные промежутки времени, отдельные измерения могут быть пропущены или ошибочны (иметь выбросы, резко выпадающие из общей тенденции). Поэтому перед обработкой «сырых» данных необходимо их проанализировать и привести к виду, пригодному для дальнейшей обработки.

Для аппроксимации пропущенных и исключенных ошибочных данных используем сплайновую аппроксимацию отрезками кубических полиномов (рис. 2).

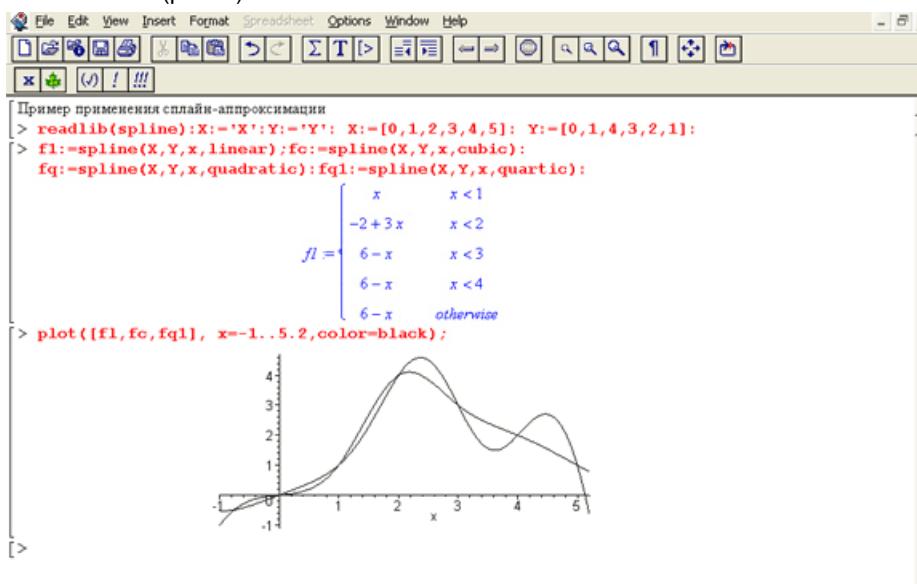


рис.2 Пример сплайновой аппроксимации

На рис. 3 представлены данные таблицы 1 в виде сглаженных графиков.

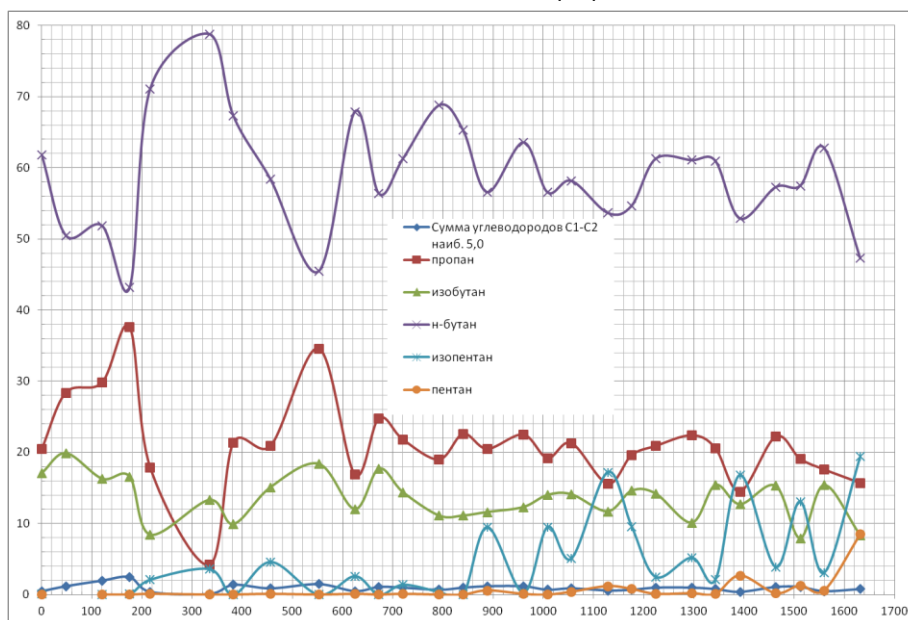


рис.3 Графики выборки данных из таблицы 1

Пример заполнения пропущенных данных приведен на рисунке 4. Данные распределены в 2 ряда по 2 колонки. В левой колонке оригинальные данные с пропущенными значениями, в правой колонке красным цветом рассчитанные пропущенные значения. График скользящего среднего для набора данных представлен справа от таблицы значений.

2) Статистические данные приводятся в виде длинных и сложных статистических таблиц, поэтому бывает весьма трудно обнаружить в них имеющиеся неточности и ошибки, поэтому требуется проанализировать данные на ложные выбросы – точки, резко выпадающие из общей тенденции, и, соответственно, далеко отстоящие от регрессионной прямой. Удаление выбросов из данных приводит к резкому улучшению качества модели регрессии. Для этого обратимся к понятиям регрессионного анализа и доверительных интервалов.

E-13(ABT-11)		E-13(ABT-11)	
Массовая доля активной щелочи	Массовая доля активной щелочи	Массовая доля активной щелочи	Массовая доля активной щелочи
1,9	1,9	2,7	2,7
1,5	1,5		2,5
1,2	1,2	1,2	1,2
2	2	1	1
	1,6		1,1
0,7	0,7	1,1	1,1
	0,7		1,1
0,9	0,9	1	1
1	1	1	1
0,9	0,9		1
	0,95	0,6	0,6
1,2	1,2		0,6
1,4	1,4	1,1	1,1
1,6	1,6	1,5	1,5
2,9	2,9		1,3
	2,25	0,7	0,7
1,1	1,1		0,7
1,2	1,2	1,1	1,1
	1,15	0,9	0,9

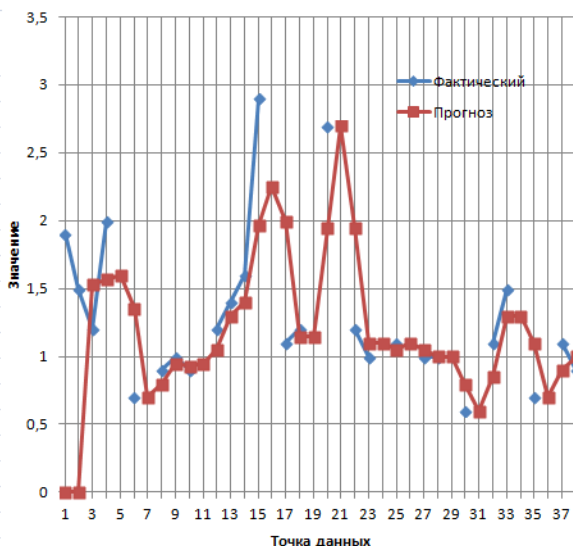


рис.4 Пример заполнения пропущенных данных

3) При анализе точек, не попадающих в доверительный интервал, учитываются корреляционные зависимости данного параметра с другими измеряемыми параметрами, Корреляционная матрицы параметров, приведенных в таблице 1 даны в таблице 3.

На рис.5 показаны: 1- стандартный прогноз по всей выборке; 2, 3,4 – эволюционный прогноз по участкам с выявленными моментами изменения свойств временного ряда с помощью прямой экстраполяции и корректировки длин скользящего окна по результатам ретроспективного анализа временного ряда, что существенно повышает точность прогноза и оценки параметров текущих моделей.

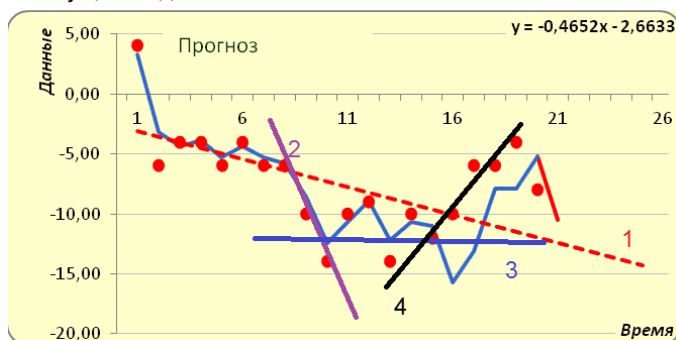


рис. 5 Эволюционный прогноз на 2 временных интервала

Выводы

Применение в системах оперативного оценивания качественных параметров потоков АВТ традиционных и эволюционных методов оценивания текущих параметров сырья и параметров потоков с использованием всей доступной информации, включая ключевые параметры технологических процессов и информацию о известных и возможных изменениях состояния технологических агрегатов позволяет:

- повысить эффективность управления сложными производственными объектами;
- уменьшить зоны допустимых запасов по основным ключевым показателям готовых продуктов;
- снизить себестоимость получаемой продукции; - уменьшить риски возникновения нештатных и аварийных ситуаций за счёт более точного упреждающего анализа состояния объекта.

Литература

1. Чинакал В.О. Проблемы проектирования подсистем оперативного оценивания состояния сложных промышленных объектов. // Материалы 15-ой международной конференции CAD/CAM/PDM – 2015 «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта» — М.: ИПУ РАН, 2015
2. Гребенюк Е.А., Ицкович Э.Л. Повышение точности оценки значений текущих качественных показателей по их дискретным лабораторным анализам с использованием алгоритмов экстраполяции. // Автоматизация в промышленности. 2016, №8, стр. 4-9.
3. Себер Дж. Линейный регрессионный анализ. М.: МИР, 1980, 456 с.
4. Чинакал В.О. Применение интеллектуальных методов и моделирования в задачах анализа и прогноза состояния промышленных объектов. Труды 15-й Международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2015)». – М.: ООО «Аналитик». 2015. стр. 74-77.
5. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-ое изд. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2007. – 1408 с.