

Исследование методов краткосрочного предсказания характера поведения данных с сенсоров бытовой электроники

Работа студента гр. ДА-52м

Шалагинова А. В.

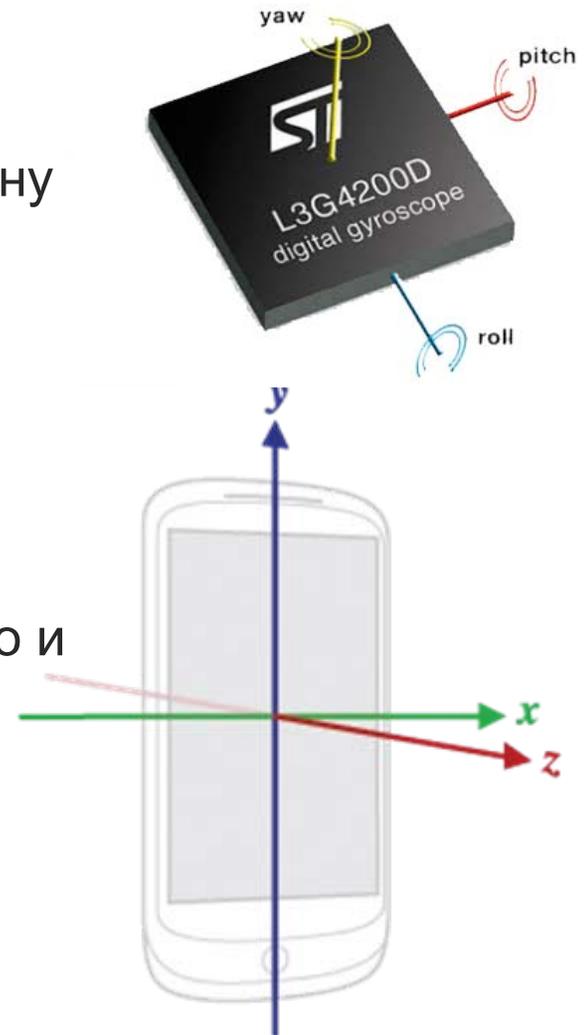
Научный руководитель Киселёв Г. Д.

Цель работы:

- Исследовать методов краткосрочного прогнозирования данных полученных с сенсоров бытовой электроники.
- Рассмотреть подходы уменьшения шума в данных снятых с сенсоров и повышения достоверности прогнозирования.

[Сенсоры]

- Сенсоры преобразуют контролируемую величину (давление, температура, частота, скорость, перемещение) в электрический сигнал.
- Современный мобильный телефон содержит практически все наиболее часто используемые сенсоры в устройствах бытовой электроники.
- Координатная система телефона задана жёстко и имеет три оси, которые не изменяют своего положения относительно экрана телефона во время его перемещения

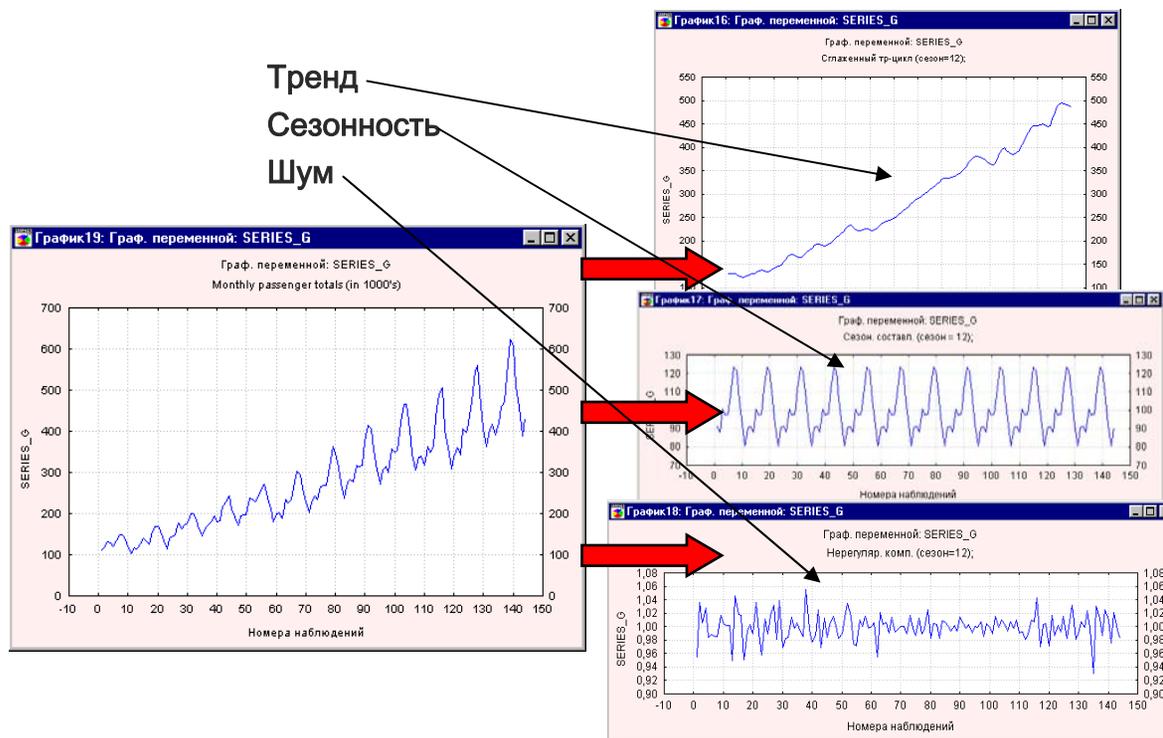


Виды сенсоров в современном мобильном телефоне

Сенсор	Назначение	Единицы СИ
<i>Акселерометр</i>	ускорение телефона по всем трём осям	м/с ²
<i>Магнитного поля</i>	сила магнитного поля по всем трём осям	мкТесла
<i>Гироскоп</i>	определяют вращение вокруг каждой из осей X, Y и Z	радианы/секунду
<i>Близости</i>	расстояние между сенсором и объектом	см
<i>Гравитации</i>	направление и величина гравитационного поля	м/с ²
<i>Ориентации</i>	значение углов поворота телефона относительно 3х осей	градусы
<i>Температуры</i>	температура окружающей среды телефона	С
<i>Освещённости</i>	уровень окружающего освещения в единицах	люксы

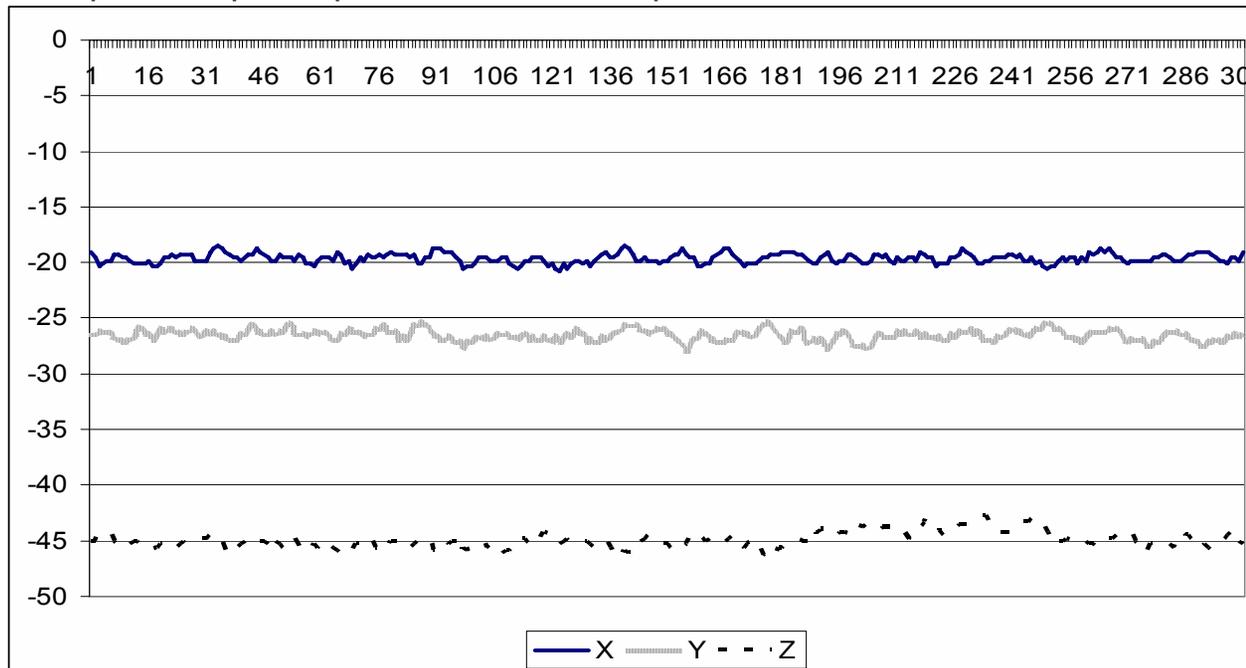
Временной ряд

- *Временными рядами* называют дискретные последовательности чисел, характеризующих состояние объекта наблюдения в отдельные моменты времени.



Методы фильтрации шума временного ряда

- Временном ряд, полученный с сенсора, всегда зашумлен.
- Существующие подходы фильтрации и сглаживания шума временного ряда:
 - Метод простого скользящего среднего (ПСС),*
 - Метод двойного скользящего среднего (ДСС),*
 - Метод простого экспоненциального сглаживания (ПЭС),*
 - Метод двойного экспоненциального сглаживания (ДЭС),*
 - Фильтра Кальмана (ФК).*
- В работе рассмотрен и реализован Фильтр Калмана.



Шум во временном ряде с датчика акселерации мобильного телефона в состоянии покоя.

Фильтр Калмана

Исходный временной ряд
(BP)



Этап предсказания
следующего значения
члена BP

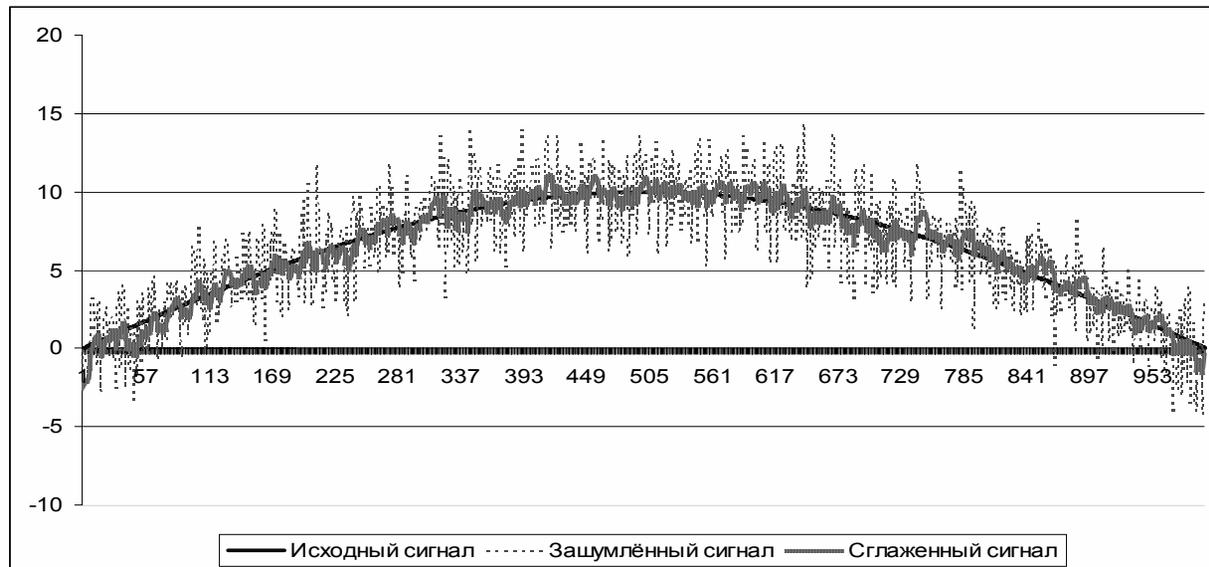
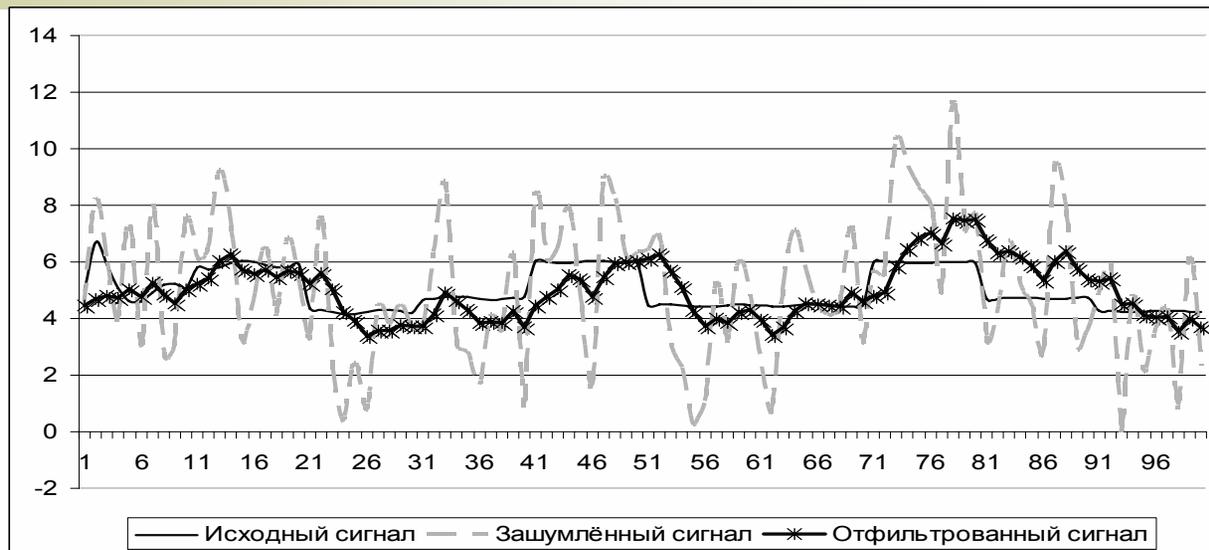


Этап коррекции текущего
значения члена BP на
основании предыдущих
предсказаний



Отфильтрованный BP

■ *ФК имеет
рекурсивную
структуру,
быстро обучается
под характер
временного ряда.*



Пример уменьшения шума с акселерометра мобильного телефона

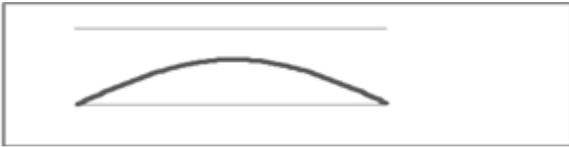
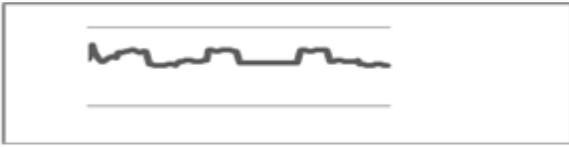
The screenshot displays a Linux desktop environment with the following components:

- Terminal Window:** Shows a list of acceleration data points in a 3D format (x, y, z).
- 3D Visualization:** A 3D plot showing the acceleration data points, with labels for 'SMOOTHING' and 'ORIGINAL'.
- recordMyDesktop Window:** A window for recording the desktop, showing video quality settings (100) and sound quality settings.

The terminal window displays the following data:

x	y	z
166.969;161.605	5.89375;2.01643	-0.140625;1.75078
166.922;161.527	5.60938;2.18752	1.65625;1.66016
166.797;161.453	2.37569;2.38284	5.4375;1.64609
166.755;161.378	4.5625;2.41803	3.25;1.83438
166.766;161.305	5.79688;2.56099	1.625;1.9
166.828;161.234	0.843754;2.76568	3;1.89609
166.891;161.17	-3.84376;2.73521	5.71875;1.95078
161.094;161.12	-1.09376;2.14615	-0;2.1
161.266;161.083	-4.95312;2.01724	2.76562;2.02578
161.422;161.059	-7.75188;1.71646	3.78125;2.00047
161.626;161.048	-12.2969;1.23355	3.84375;2.20937
161.922;161.049	-13.6719;0.512441	-1.67188;2.34141
162.156;161.078	-22.3594;-0.278966	-0.921875;1.91953
162.376;161.127	-27.9219;-1.60397	-0;1.75703
162.547;161.108	-34.0156;-3.1735	2.65625;1.00859
162.422;161.263	-41.2031;-5.01568	0.421875;1.85469
162.031;161.339	-47.7344;-7.04615	2.04688;1.77266
156.313;161.392	-49.7344;-9.45084	1.625;1.92656
152.125;161.156	-51.0626;-12.0212	2.90625;2.02734
146.219;160.708	-53.9531;-14.5829	3.53125;2.03984
139.286;159.972	-54.5313;-17.3657	2.70562;2.07656
133.056;158.887	-55.0625;-20.3469	3.14062;2.22187
119.203;157.494	-57.1719;-23.3805	2.73438;2.29609

Тестовые временные ряды для методов фильтрации шума

Номер теста	Тестовый временной ряд	Графическая интерпретация
1	$y = \text{tresh}$ Постоянная составляющая, не изменяющаяся во времени.	
2	$y = \text{tresh} * \sin(3.14 * i / N)$ Полпериода синусоидального сигнала.	
3	$y = \text{tresh} + 2 * \sin(i/10) * \cos(i/10) + 2 * \sin(i)/i$ Непериодический скачкообразный сигнал с синусоидальной составляющей	
4	$y = 10 * ([1/\text{tresh} * x] / 10 - [1/\text{tresh} * x] / 10)$ Периодический сигнал.	

Методы фильтрации шума временного ряда

Среднеквадратическое отклонение

Дисперсия шума Sigma=0.5				
Метод сглаживания	Тест1	Тест2	Тест3	Тест4
ФК	0,158017	0,349812	0,467901	0,325037
ПСС	0,132832	0,309358	0,788688	0,888607
ДСС	0,0767471	0,295795	0,696336	0,334083
ПЭС	0,0796013	0,299081	0,75302	0,889265
ДЭС	0,0763433	0,296688	0,785822	0,889241
Дисперсия шума Sigma=5				
Метод сглаживания	Тест1	Тест2	Тест3	Тест4
ФК	1,57463	1,56321	1,61398	1,65909
ПСС	1,2332	1,06842	1,09635	1,19313
ДСС	0,76762	0,785053	0,646097	1,10649
ПЭС	0,758657	0,696137	0,979228	0,897497
ДЭС	0,760548	0,67862	0,769288	0,846703

Ресурсопотребление программ фильтрации и сглаживания временных рядов

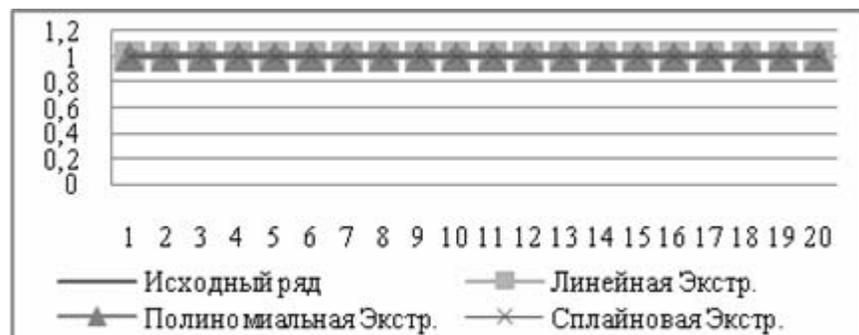
	ФК	ПСС	ДСС	ПЭС	ДЭС
Время обработки временного ряда	1.157 мс	2.181 мс	2.865 мс	3.021 мс	5.543 мс
Задействовано памяти	540 Б	454 Б	596 Б	596 Б	954 Б

Методы предсказания значений членов временного ряда

- Метод линейного предсказания (ЛП);
- Метод линейной экстраполяции (ЛЭ);
- Метод полиномиальной экстраполяции (ПЭ);
- Метод сплайн экстраполяции (СЭ).

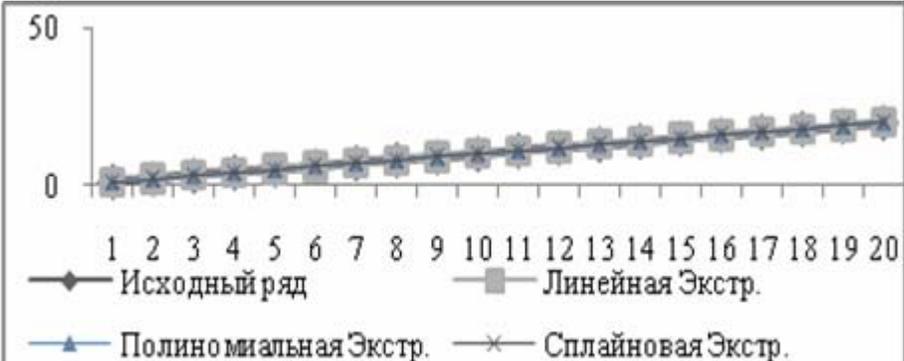
Примеры предсказания, тестовые функции 1-4 (Экстраполяция).

1. Постоянная составляющая, неизменяющаяся во времени $y=tresh$



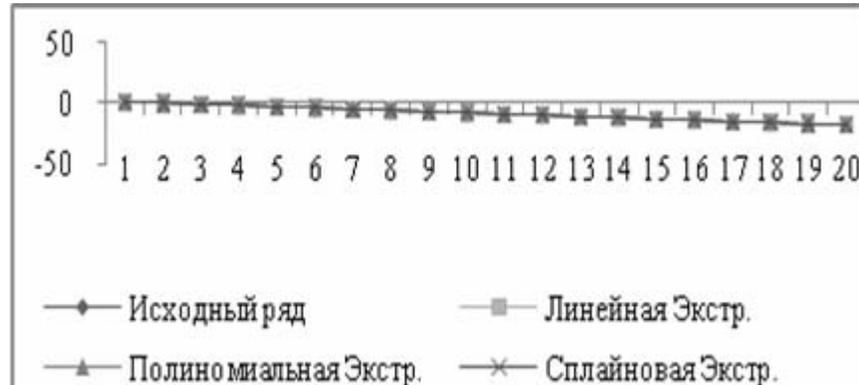
2. Возрастающая прямая.

$$Y=kx+b$$



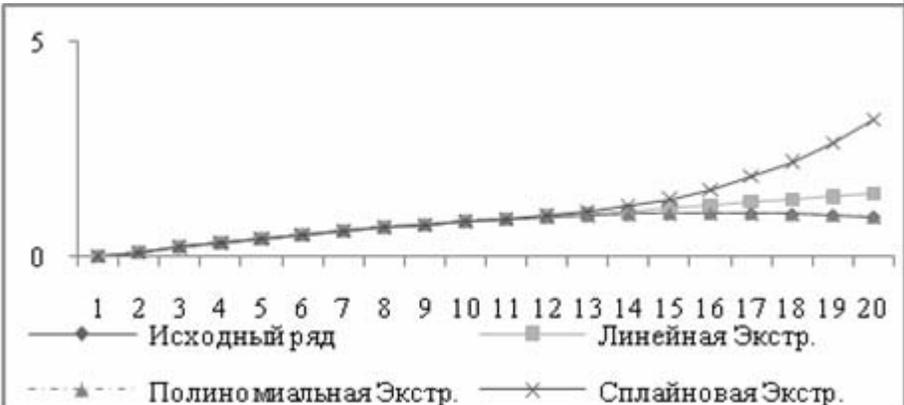
3. Убывающая прямая.

$$Y=-kx+b$$



4. Полпериода синусоидального сигнала.

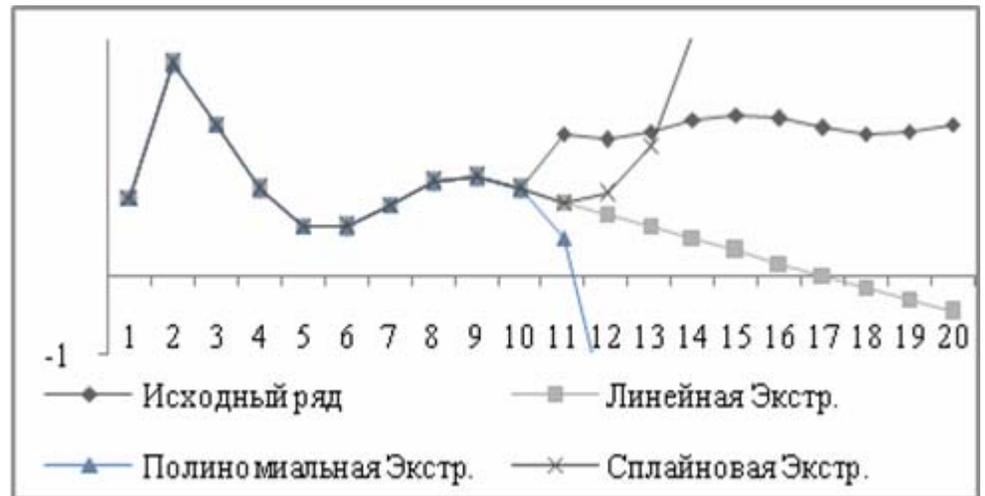
$$y=tresh*\sin(3.14*i/N)$$



Примеры предсказания, тестовые функции 5-6 (Экстраполяция)

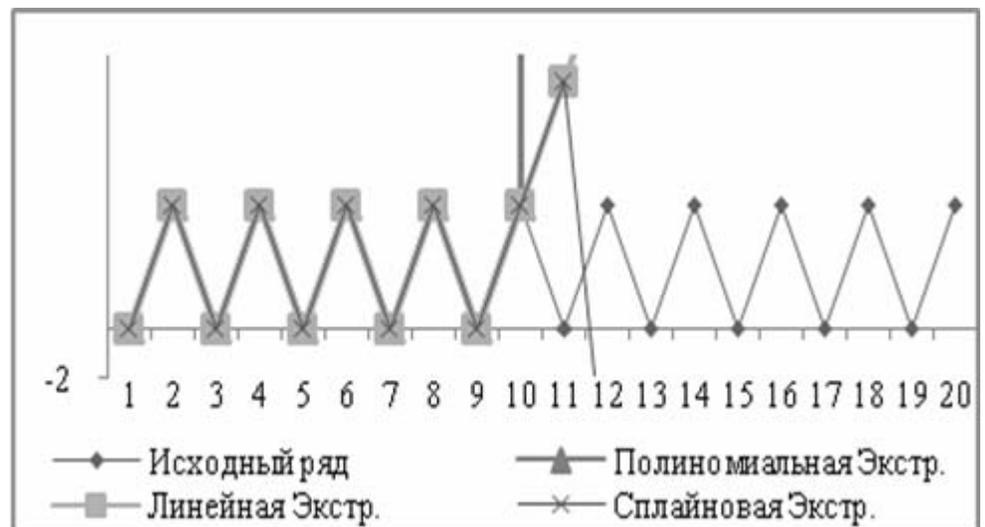
5. Непериодический скачкообразный сигнал с синусоидальной составляющей.

$$y = \text{tresh} + 2 * \sin(i/10) * \cos(i/10) + 2 * \sin(i)/i$$



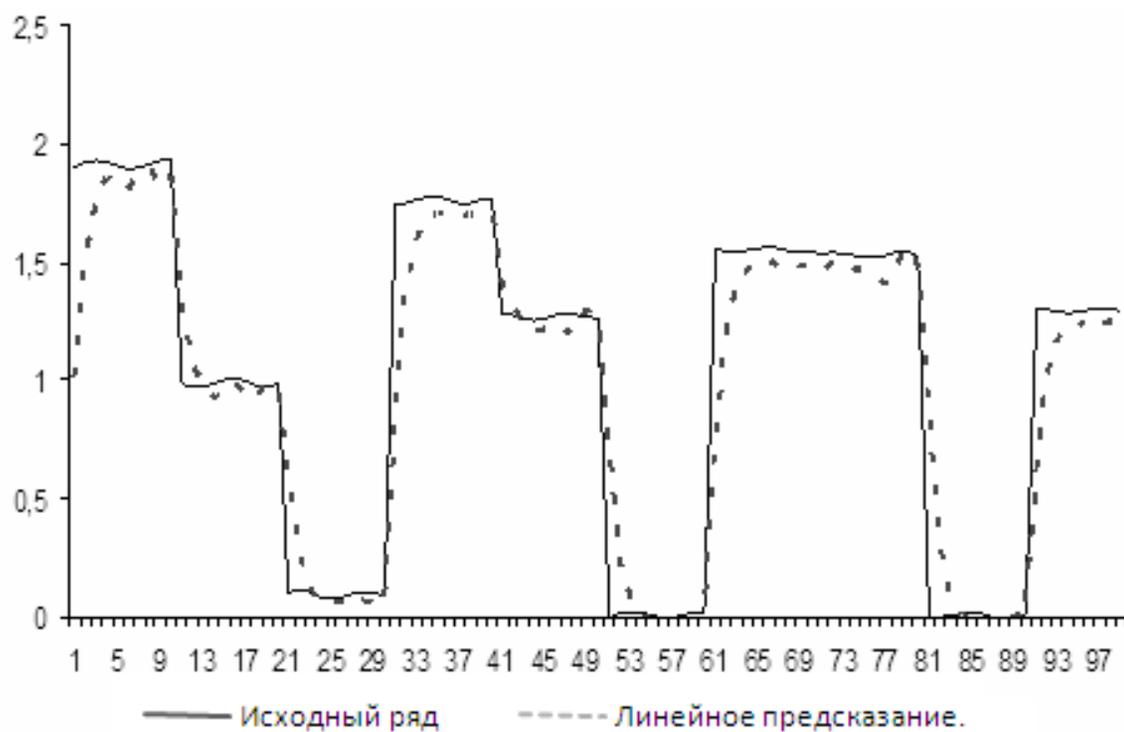
6. Периодический сигнал.

$$y = 10 * ([1/\text{tresh} * x]/10 - [[1/\text{tresh} * x]/10])$$



Примеры предсказания, тестовая функция 5 (Линейное Предсказание)

Непериодический скачкообразный сигнал с синусоидальной составляющей.
 $y = \text{tresh} + 2 * \sin(i/10) * \cos(i/10) + 2 * \sin(i)/i$



Предсказания 1 следующего члена временного ряда.

Среднеквадратическая ошибка предсказания

Количество элементов в обучающей выборке P=2						
Метод предсказания	Тест1	Тест2	Тест3	Тест4	Тест5	Тест6
ЛП	0,333333	-	-	0,638214	0,422482	2,500000
ЛЭ	0,000000	1,500000	1,500000	0,003330	2,524410	7,500000
ПЭ	1,000000	2,500000	0,500000	0,004710	3,524410	7,500000
СЭ	0,000000	1,500000	1,500000	0,004710	2,524410	7,500000
Количество элементов в обучающей выборке P=10						
Метод предсказания	Тест1	Тест2	Тест3	Тест4	Тест 5	Тест 6
ЛП	0,090909	-	-	0,620415	0,366496	1,666670
ПЭ	0,000000	6,500000	6,500000	0,020404	3,040490	-
СЭ	0,000000	6,500000	6,500000	0,020405	0,197941	9,460780

[Результаты тестирования]

Практически все методы показали малый процент ошибки в случаях временных рядов с плавным, без резких перепадов, характером кривой.

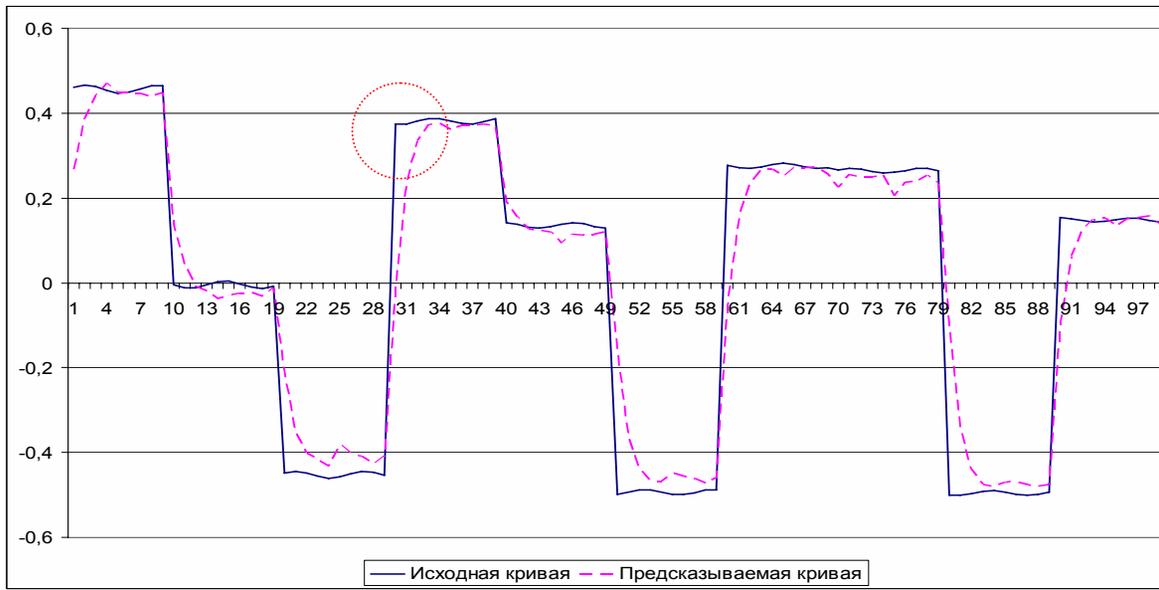
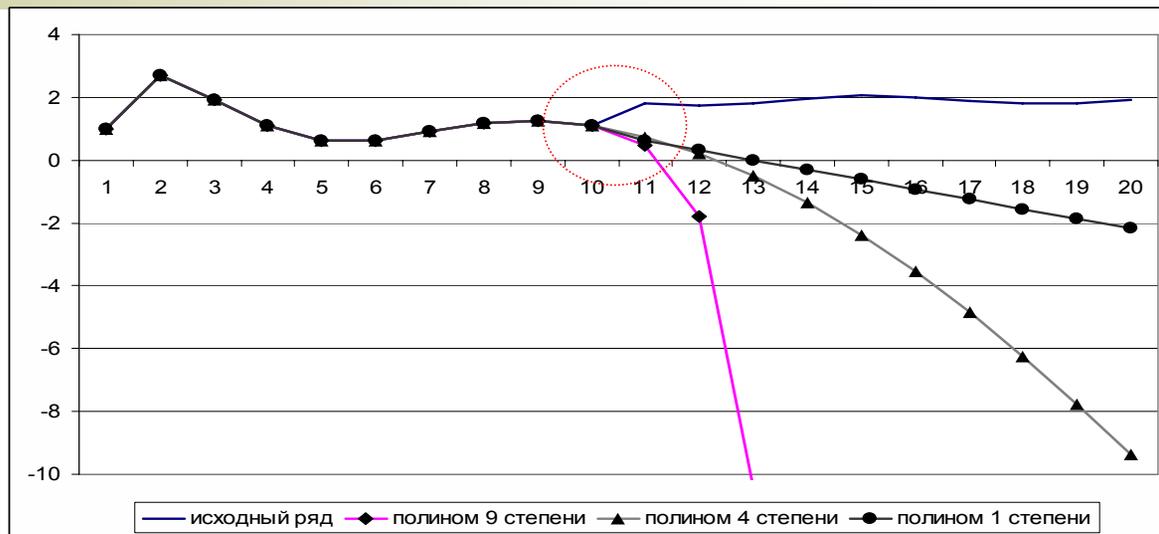
Линейное предсказание плохо подходит для предсказания значений ряда в функциях с постоянно убывающим/возрастающим характером кривой из-за накопления ошибки на каждом шаге. Линейное предсказание даёт хороший результат только для 1 следующего члена временного ряда

Полиномиальная экстраполяция дает непредсказуемые результаты в случаях использования полиномов больших степеней (асимптотически возрастать/спадать вне выборки предсказания). Все методы Экстраполяции подходят для предсказания более чем 1го члена ряда.

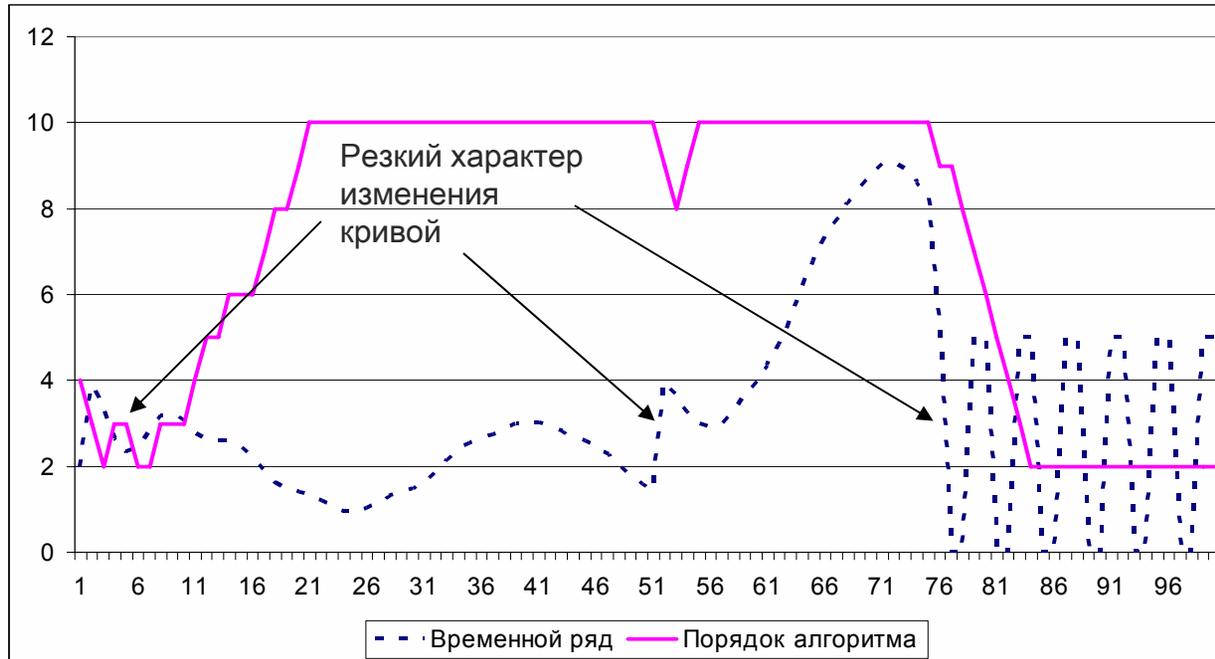
Эффект запаздывания

■ Недостатком алгоритмов предсказания является «эффект запаздывания» или ошибка предсказания следующего члена временного ряда.

■ Данный эффект появляется из-за использования большой выборки предыдущих значений ВР.



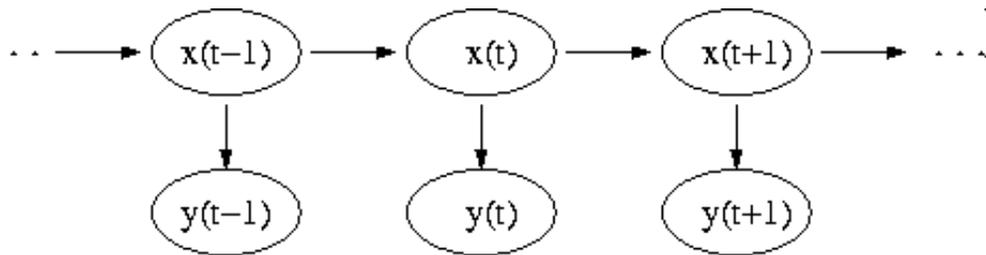
Обучение алгоритма



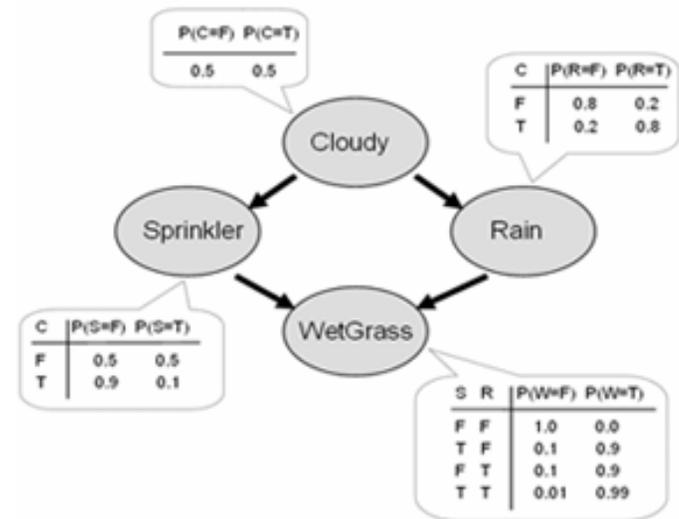
- Для минимизации «эффекта запаздывания» во временных рядах уменьшается порядок алгоритма предсказания.

Вероятностные методы прогнозирования

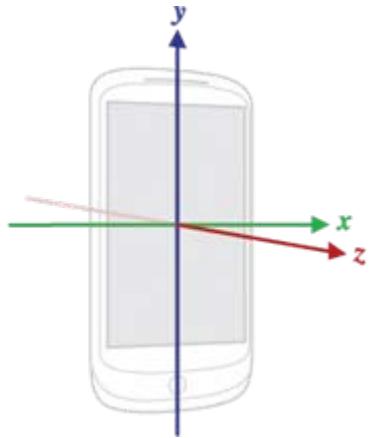
Скрытая Марковская Модель



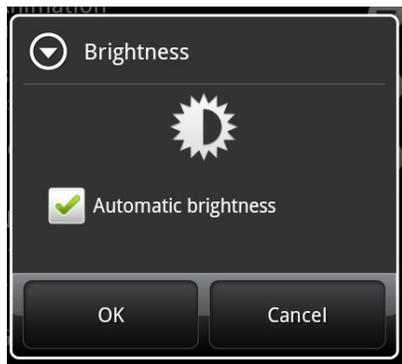
Байесовская сеть



Применение методов предсказания



Акселерометр – определяет положение мобильного телефона относительно поверхности Земли в трех координатах X , Y , Z . При решении задачи ориентации экрана пользовательского интерфейса телефона, необходимо выполнить краткосрочный прогноз его координат. Полученный прогноз помогает обеспечить плавный поворот картинки при повороте экрана.



В ряде последних моделей телефонов используется датчик освещенности, регулирующего подсветку клавиатуры и экрана. Краткосрочное предсказание значений освещенности с этого датчика, позволяет автоматизировать переход телефона в экономичный режим и регулировать подсветку клавиатуры и освещенность экрана.

Выводы

- Временные ряды с сенсоров содержат шум, который влияет на достоверность информации. В результате исследования был выбран и реализован рекурсивный Фильтр Калмана, который позволяет значительно снизить уровень шума, при этом сохранив структуру исходного сигнала.
- Рассмотрены и смоделированы основные методы прогнозирования данных во временных рядах: Линейное Предсказание (ЛП) и методы Экстраполяции. Методы Экстраполяции показывают хорошие результаты скорости, но при этом зачастую предсказанные значения содержат значительную долю ошибки. ЛП применим для использования в рядах с наличием трендов и некоторых закономерностей, но потребляют много ресурсов.
- Методы прогнозирования используются как компонент систем поддержки и принятия решений пользователя.

- 
- A decorative horizontal line with a gradient from light green to white. A black left square bracket is on the left end, and a gold right square bracket is on the right end.
- Спасибо за внимание!