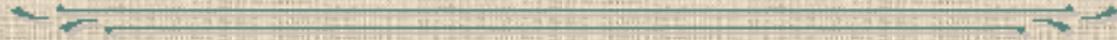


**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИКИ, ИНФОРМАТИКИ И
БИОИНФОРМАТИКИ**

Международная конференция, посвященная 100-летию А.А.Ляпунова



**ВЫДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ И АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ
СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ**



Гузев М. А.

**Институт прикладной
математики ДВО РАН,**

Никитина Е. Ю.

ДФУ

г.Владивосток

Новосибирск, 11-14 октября 2011 г.

СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫЕ ПРЕДМЕТНЫЕ ОБЛАСТИ

Разработка эффективных законов



Трудности, возникающие при создании эффективных законов :

- Субъективизм
- Критический параметр – время
- Нелинейный алгоритм разработки

Проблема выявления факторов, влияющих на количество уголовных преступлений в ЯПОНИИ

- количество раскрываемых преступлений;
- расходы на обеспечение безопасности;
- рост безработицы;
- рост употребления наркотиков и алкоголя;

Проблема кластеризации данных

- Выявление групп пациентов по показателям различных видов анализа крови

Предварительно все пациенты были разделены по степеням тяжести физического состояния на основе общего медицинского осмотра:

- средняя,
- тяжелая.



ВЛИЯНИЕ СИНДРОМА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ НА РАЗВИТИЕ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ СМП

НАПРЯЖЕНИЕ

- **незначительные нарушения когнитивных функций (памяти, мышления, внимания);**
- **заболевания ЛОР-органов;**
- **частые (более 4 раз в год) простудные заболевания;**
- **вегетативные нарушения (гипергидроз, кардиалгии и др.)**

РЕЗИСТЕНЦИЯ

- **заболевания органов кровообращения (ГБ, гипотония, варикозное расширение вен нижних конечностей);**
- **заболевания ЖКТ (ЖКБ, панкреатит, холецистит, гастриты, язвенная болезнь, дисбактериоз);**
- **заболевания органов дыхания;**
- **болезни периферической нервной системы (радикулиты, ишиас, невралгии);**
- **заболевания мочеполовой системы;**
- **невротические расстройства (депрессия, нарушения сна) .**

ИСТОЩЕНИЕ

- **ИБС, стенокардия;**
- **травмы;**
- **болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани;**
- **гинекологические заболевания;**
- **сосудистые заболевания г/мозга;**
- **злокачественные заболевания.**

Публикационная активность ДВО РАН

Задача: провести анализ данных о количестве научных публикаций в институтах ДВО РАН (всего 33 единицы) за период 2005-2009 гг. в разрезе:

- количество научных сотрудников;
- количество публикаций в рецензируемых журналах;
- количество публикаций, зарегистрированных в реферативно-библиографической базе данных Института научной информации США (ISI) Web of Science.

**Что делать?
С чего начать?**

**ОБЩАЯ ИДЕЯ:
рассмотреть набор данных как**

СЕМИОТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ.

**Инструмент исследования - анализ ранговых
распределений.**

Ранговое распределение описывает соотношение между частотой встречаемости слова - знаком - и его порядковым номером (рангом) в словаре.

Из истории ранговых распределений

1913 г. – Феликс Ауэрбах

$$P_n = \frac{P_1}{n}$$

P_n – численность населения города n -го ранга;

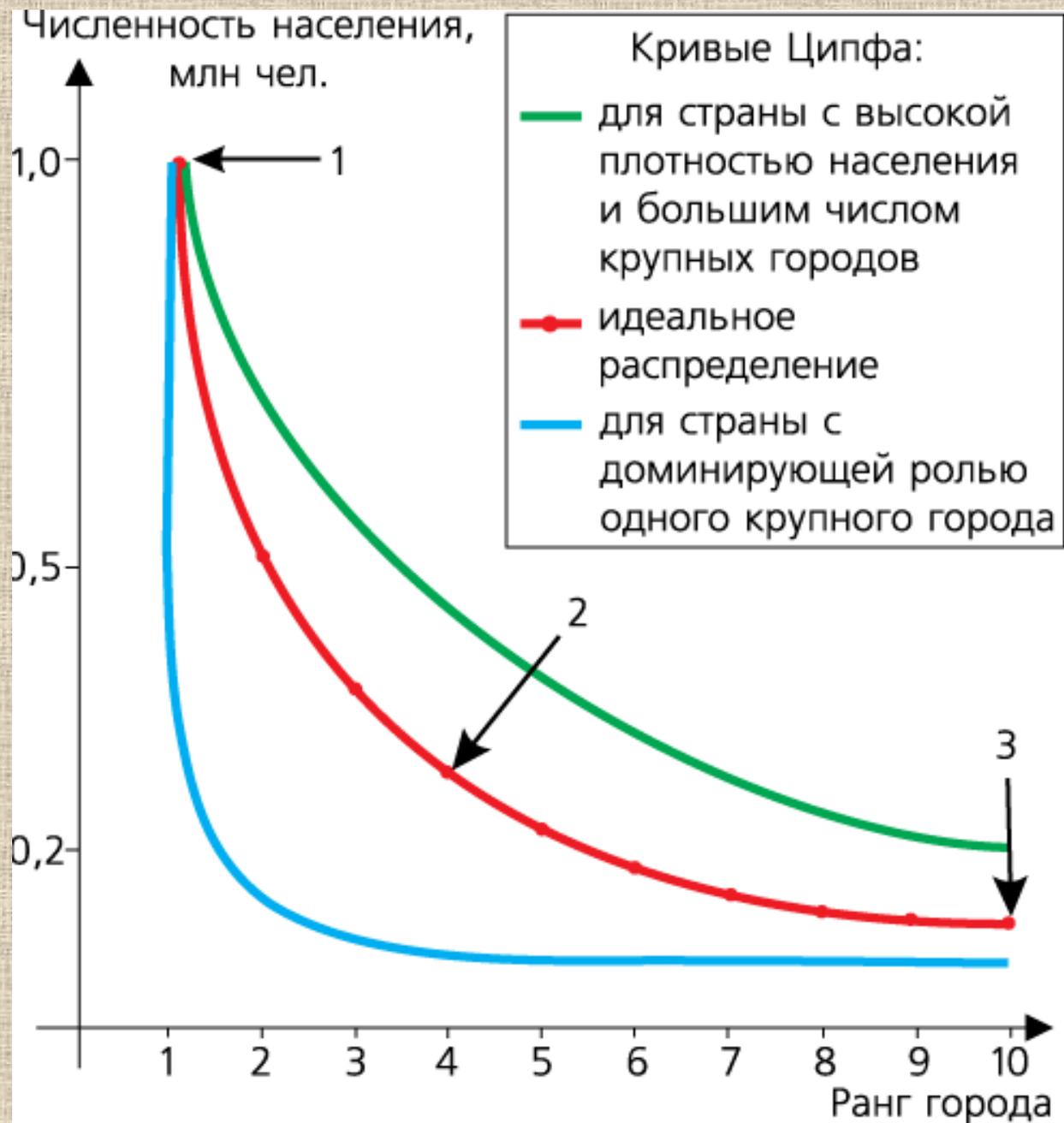
P_1 – численность населения города 1-го ранга (город с максимальным количеством жителей)

1949 г. - классический закон Ципфа для словарей

$$\omega_n = \frac{c}{n}$$

1952 г. - Закон Ципфа-Мандельброта

$$\omega_n = \frac{c}{(n+a)^\gamma}$$



Power-law distribution

$$p(x) = Cx^{-\alpha}$$

- a) Кол-во связей взаимодействия белков в известной сети взаимодействия белка дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* (Ito et al., 2000).
- b) Кол-во метаболитов в метаболической сети бактерии *Escherichia coli* (Huss and Holme, 2006).
- c) Кол-во узлов в Интернет на уровне автономных систем на май 2006 (Holme et al., 2007).
- d) Кол-во байтов данных, полученных при обращении к Web-сайту по протоколу HTTP в большой научно-исследовательской лаборатории в течение 24-часового периода в июне 1996 (Willinger и Paxson, 1998).
- e) Размер адресных книг электронной почты пользователей компьютеров большого университета (Newman et al., 2002).

- f) Пиковая интенсивность гамма-лучей солнечных выбросов за 1980-1989 гг. (Newman, 2005).
- g) Интенсивность землетрясений, произошедших в Калифорнии за 1910- 1992 гг., по максимальной амплитуде колебаний во время землетрясения (Newman, 2005).
- h) Совокупный собственный капитал в американских долларах самых богатых людей США в октябре 2003 (Newman, 2005).
- i) Кол-во цитат, встречающихся в научных изданиях за июнь 1997 г., взятых из публикаций, изданных в 1981г. и внесенных в Science Citation Index (Redner, 1998).
- j) Кол-во математических статей, зарегистрированных в Американском Математическом Обществе (J. Grossman).

Семиотический подход

Пусть

O_1 - класс объектов некоторой предметной области

f_1, \dots, f_m - набор характеристик объекта=знаки

$\varphi_1, \dots, \varphi_l$ - набор факторов =знаки, оказывающих влияние на объект

x_1, x_2, \dots, x_m - значение параметров характеристики объекта

y_1, y_2, \dots, y_l - значение параметров влияющего фактора

$S = \{f_i\} \cup \{\varphi_j\} \cup \{x_k\} \cup \{y_n\}$ -словарь предметной области

А.Н. Колмогоров

Три подхода к определению понятия «Количество информации»

// ППИ, т.1, вып.1, 1965. С. 3-11.

В.П. Маслов

Об одной общей теореме теории множеств, приводящей к распределению Гиббса, Бозе-Эйнштейна, Парето и закону Ципфа-Мандельброта для фондового рынка

// Математические заметки, т.78, 2005. № 6. С. 870-877.

Ранговое распределение

x_1, \dots, x_s Упорядоченный набор значений случайной величины, n -р, слова

n_1, \dots, n_s Число выпадений значений случайной величины

Ранг: $r_s = \sum_{i=1}^s n_i$

К чему стремится r_s ?

Теорема В.П. Маслова

Если все варианты, для которых

$$\sum_i x_i n_i \leq M$$

$$\sum_i n_i = N$$

равноправны, равноценны или равновероятны, то ранг r_s для s -го слова вычисляется по формуле

$$r_s = \sum_{i=1}^s \frac{1}{\exp[\beta x_i + \sigma] - 1}$$

Следствия из теоремы

- Уточнение закона Ципфа $r = C_1 \ln\left(1 + \frac{C_2}{\omega^\gamma}\right) + C_3$

- Учет виртуальной мощности текста

$$r(\omega) = \begin{cases} \frac{c_1}{\gamma\sqrt{D}} \ln \left| \frac{(2a\omega^\gamma + 1 - \sqrt{D})(1 + \sqrt{D})}{(2a\omega^\gamma + 1 + \sqrt{D})(1 - \sqrt{D})} \right|, & D > 0 \\ \frac{2c_1}{\gamma\sqrt{-D}} \operatorname{arctg} \frac{2a\omega^\gamma + 1}{\sqrt{-D}}, & D < 0 \end{cases}$$

- Фактор γ влияет на характеристику, если параметры их распределений совпадают.

**АНАЛИЗ ЗАКОНОТВОРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НА ПРИМЕРЕ РАЗДЕЛА VIII
«ПРЕСТУПЛЕНИЯ В СФЕРЕ ЭКОНОМИКИ»
ОСОБЕННОЙ ЧАСТИ УК РФ**

*...Я, например, на свете лучшей книгой
считаю Кодекс Уголовный наш...
(Владимир Семёнович Высоцкий)*

Частотный словарь наказаний

Мера наказания	Частота 1996	Частота 2009
обязательные работы до 180 часов	4	5
лишение свободы от 2 до 6 лет+штраф до 80 тыс или доход за 6 мес	4	5
штраф до 300 тыс	-	5
доход до 2 лет	-	5
лишение свободы до 4 лет	-	5
лишение свободы от 2 до 6 лет	6	6
лишение свободы от 5 до 10 лет	7	6
лишение свободы от 3 до 8 лет	7	6
лишение свободы от 7 до 12 лет+штраф до 1 млн. или доход до 5 лет	-	6
штраф до 120 тыс	-	8
доход до 1 года	-	8
лишение свободы от 3 до 8 лет+штраф до 500 тыс или доход до 3 лет	8	8
ограничение свободы до 3 лет	-	8
лишение свободы. до 2 лет	9	10
обязательные работы от180 до 240 часов	-	10
исправительные работы от 1 года до 2 лет	10	10
штраф от 100 до 500 тыс	-	10
доход от 1 года до 3 лет	-	11
лишение свободы. до 3 лет	-	12
лишение права занимать определённые должности или заниматься указанной деятельностью до 5 лет	11	14
штраф до 200 тыс.	-	15
лишение свободы до 5 лет	11	15

Особенности частотного словаря

- малое разнообразие лексем
- специфическая анафорика
- «динамическая» частота встречаемости

Эмпирические характеристики

количество рангов — 23 (1996 г.) и 37 (2009 г.);

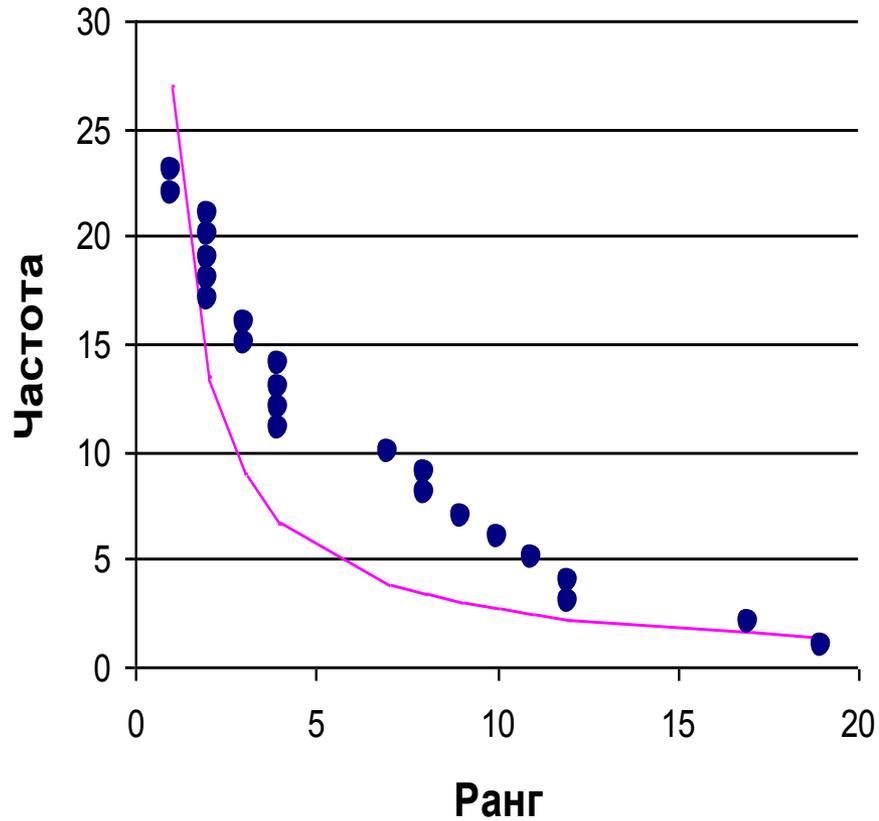
максимальная частота встречаемости — 19 (1996 г.) и 15 (2009 г.)

Различные модели распределения

Модель	1996 год		2009 год	
	Вид аппроксимирующей функции	Погрешность аппроксимации	Вид аппроксимирующей функции	Погрешность аппроксимации
Классический закон Ципфа	$r = \frac{27}{\omega}$	102%	$r = \frac{37}{\omega}$	187%
Закон Ципфа-Мандельброта	$r = \frac{18}{\omega^{0.7}}$	42%	$r = \frac{35}{\omega^{0.5}}$	41%
Закон Маслова	$r = -7.55 \ln(1 + \frac{38.2}{\omega^{1.2}}) + 28.3$	31%	$r = -7.61 \ln(1 + \frac{90}{\omega^{1.8}}) + 35$	53%

Аппроксимация по Ципфу

$$r = \frac{c}{\omega}$$

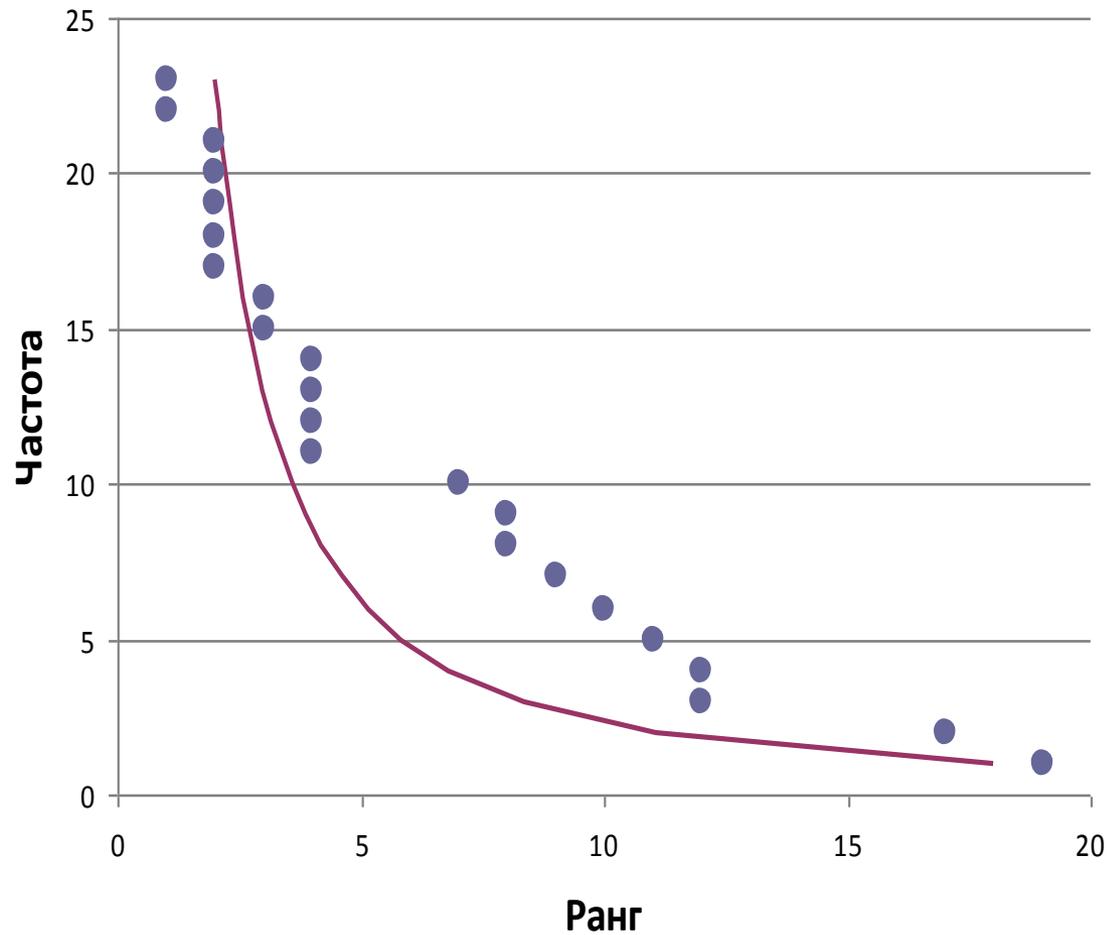


● Эмпирические данные

— Теоретическая кривая

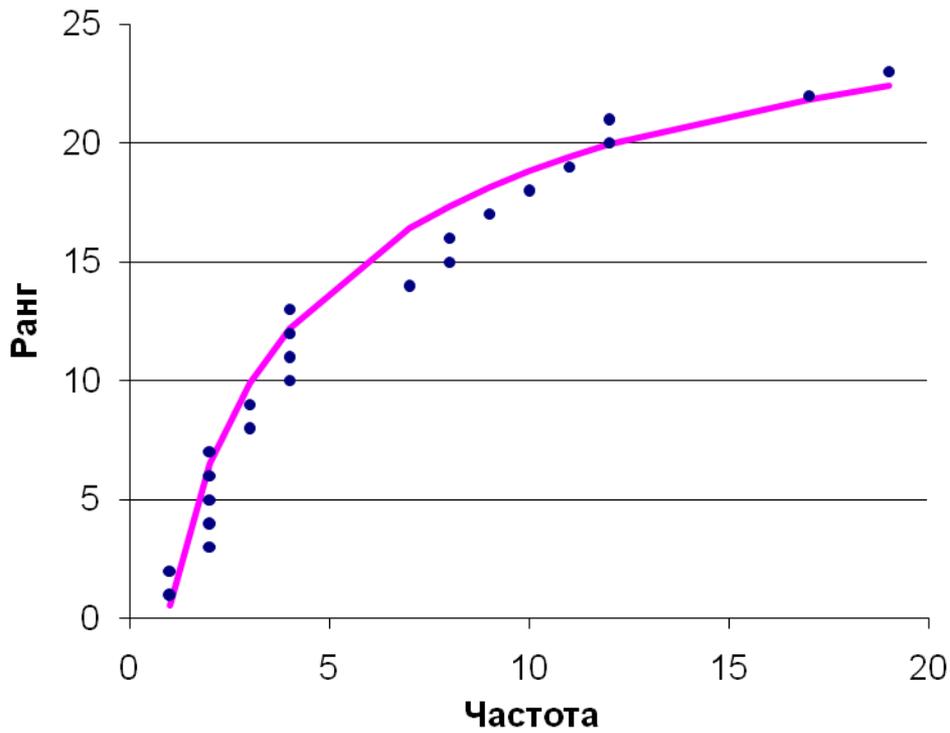
Аппроксимация по Ципфу-Мандельброту

$$\omega = \frac{c}{r^\gamma}$$



Аппроксимация по Маслову

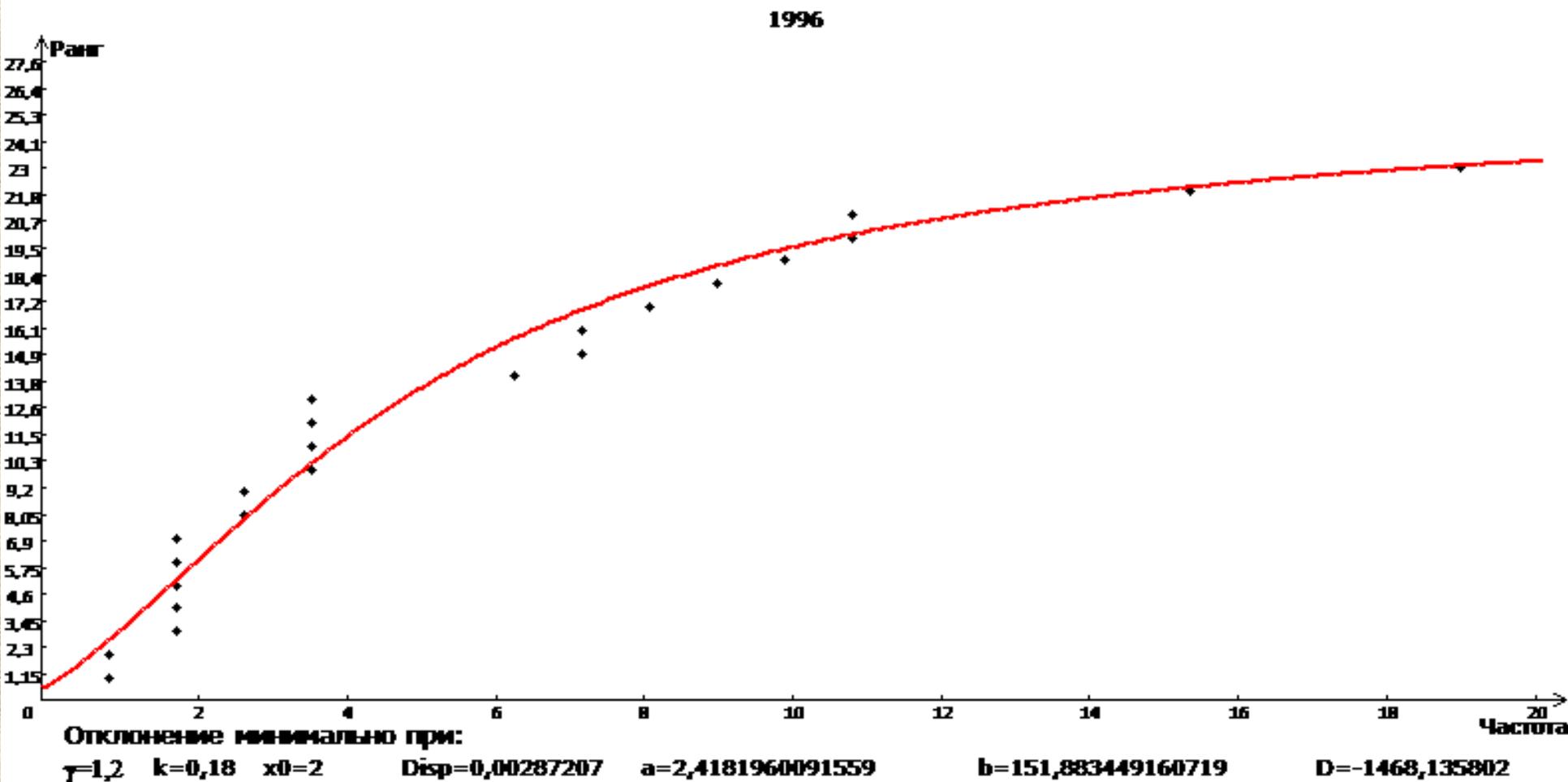
$$r = C_1 \ln\left(1 + \frac{C_2}{\omega^\gamma}\right) + C_3$$



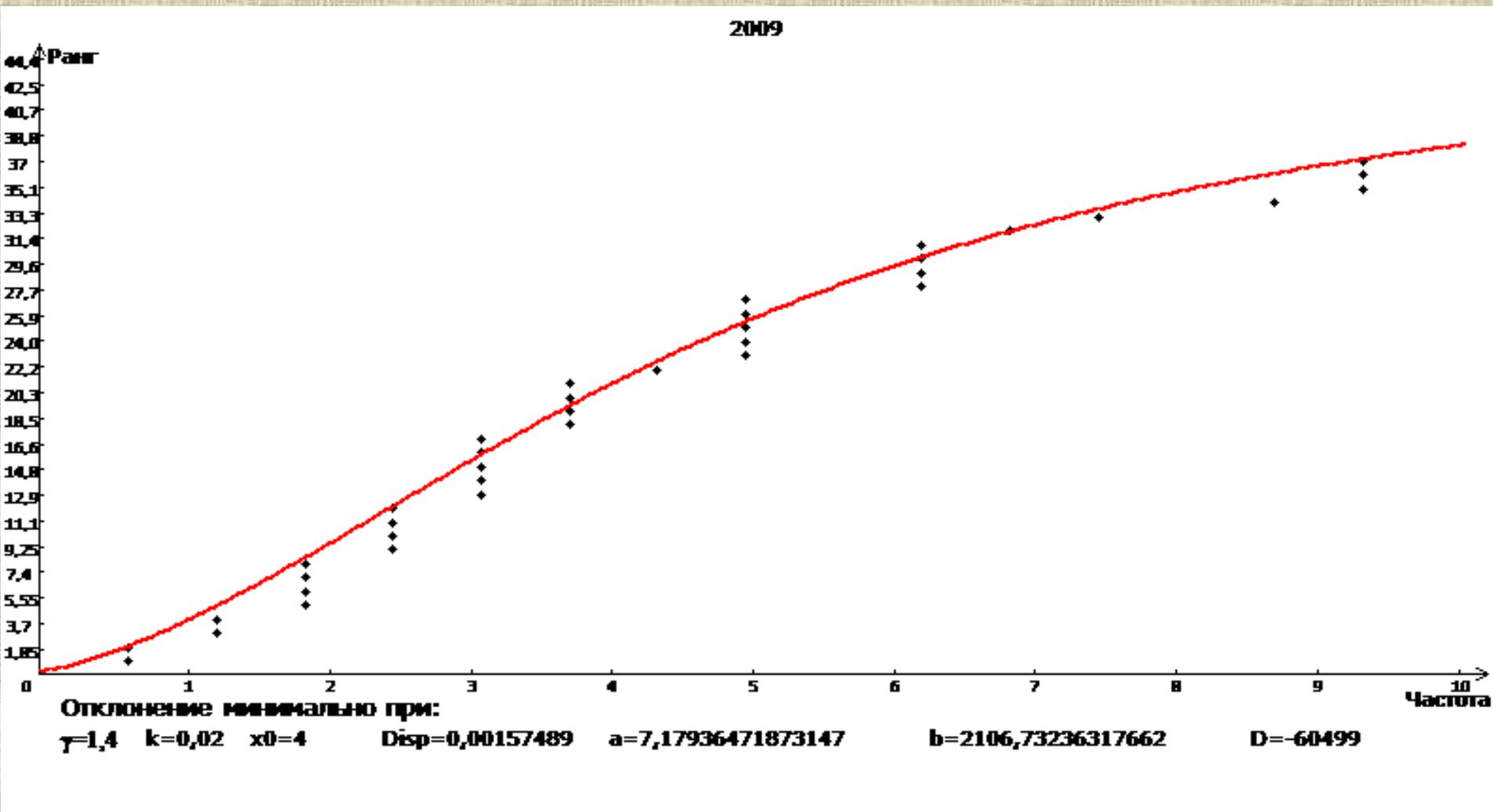
Аппроксимация

	1996	2009
Аппроксимирующая функция	$r(\omega) = 0.0435 \operatorname{arctg} \frac{4.836\omega^{1.2} + 1}{38.316}$	$r(\omega) = 0.0058 \operatorname{arctg} \frac{14.3596\omega^{1.4} + 1}{245.965}$
Погрешность аппроксимации	26%	23%

Ранговое распределение 1996г.



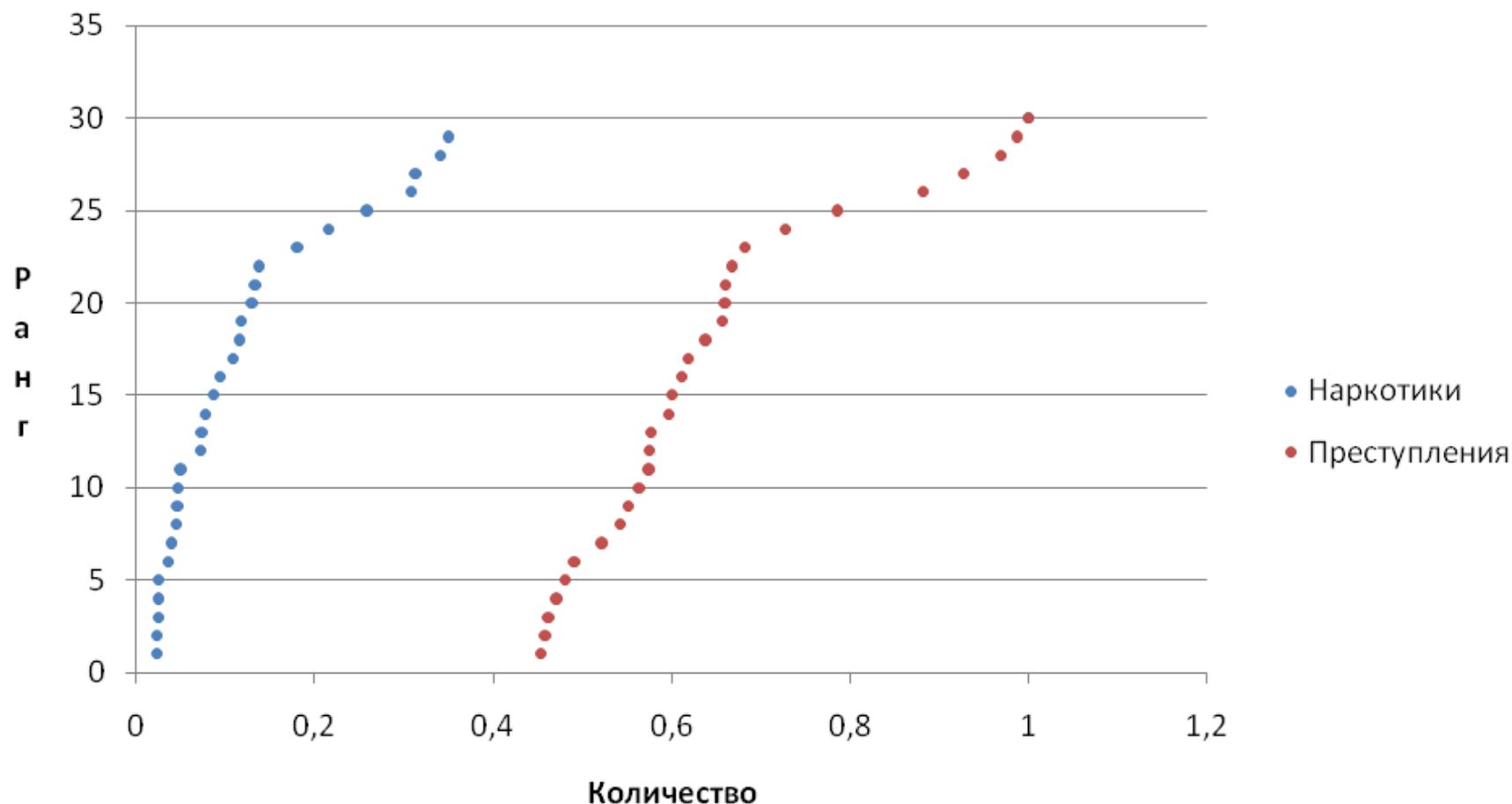
Ранговое распределение 2009г.



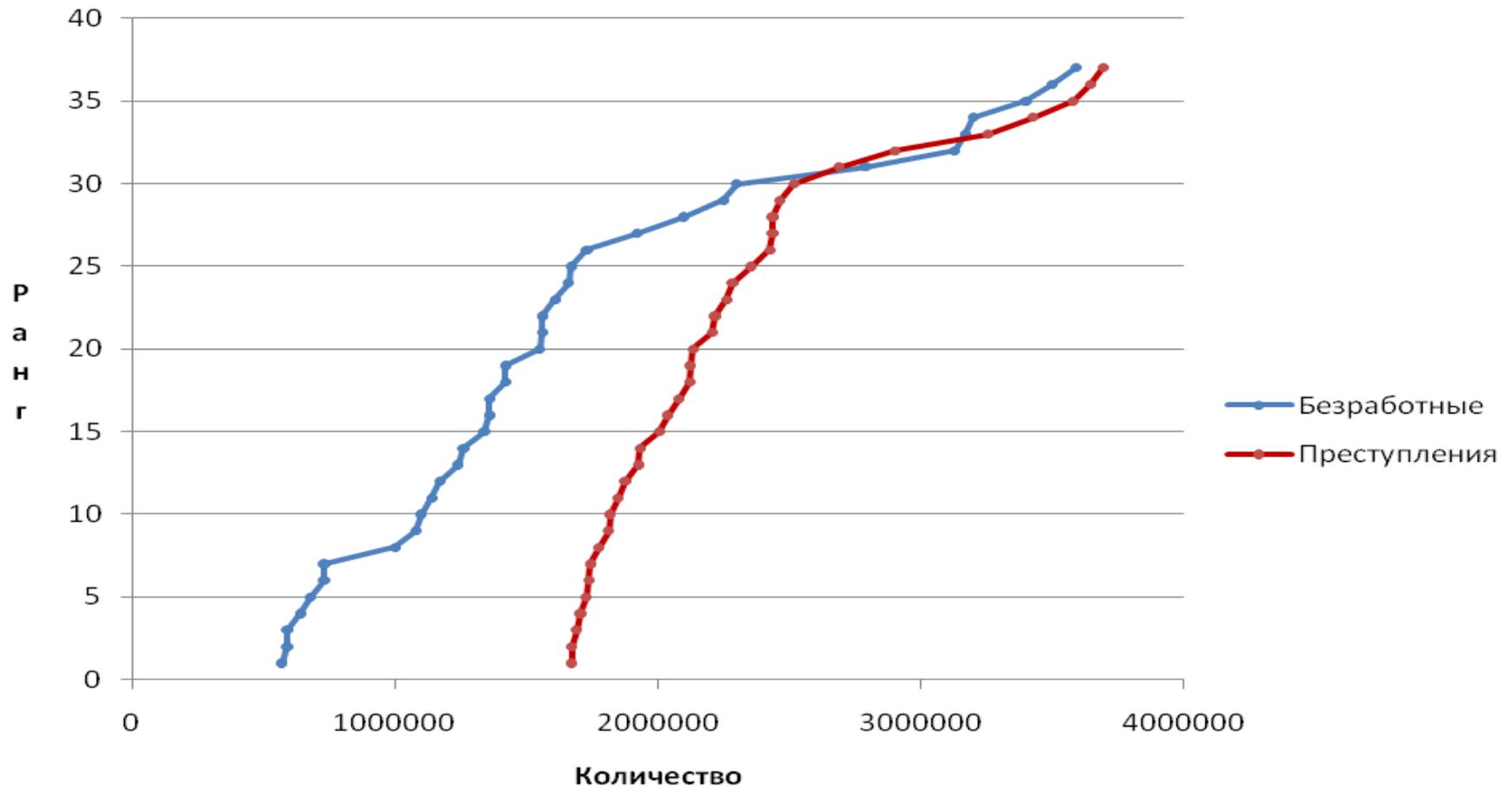
УГОЛОВНЫЕ ПРЕСТУПЛЕНИЯ В ЯПОНИИ



Ранговое распределение количества совершенных преступлений и обнаруженных наркотических веществ (период 1975-2004 гг.)



Количество безработных и количество совершенных преступлений



Публикационная активность ДВО РАН

Задача : провести построение ранговых распределений данных о количестве научных публикаций в институтах ДВО РАН (всего 33 единицы) за период 2005-2009 гг. в разрезе:

- количество научных сотрудников;
- количество публикаций в рецензируемых журналах;
- количество публикаций, зарегистрированных в реферативно-библиографической базе данных Института научной информации США (ISI) Web of Science.

Общее количество научных работников

Год	Кол-во
2005	2418
2006	2518
2007	4437
2008	4139

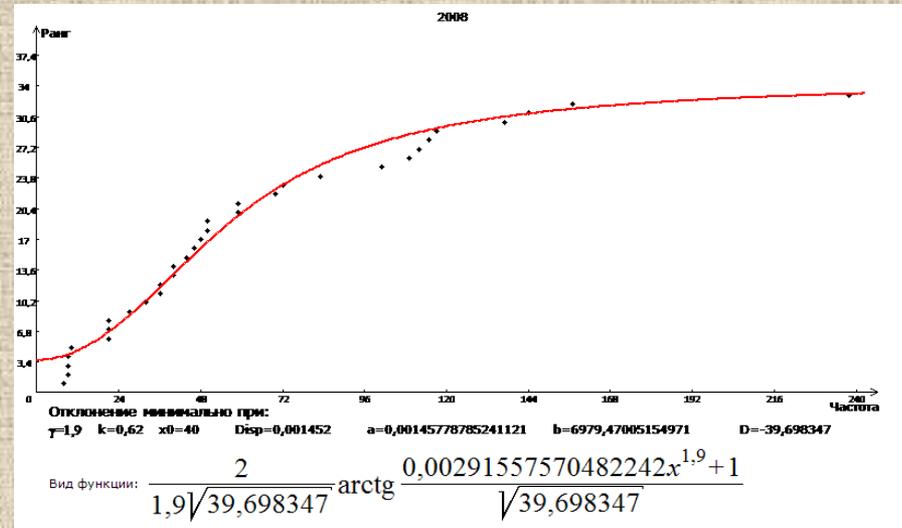
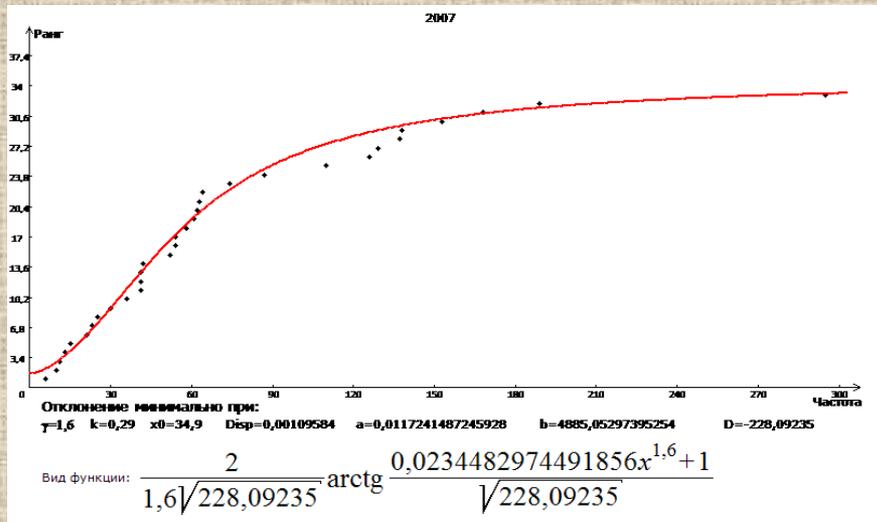
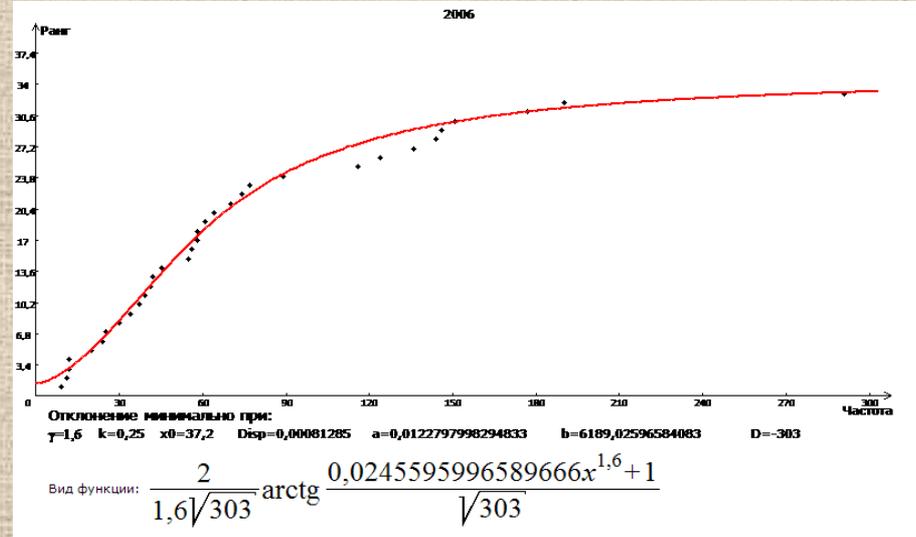
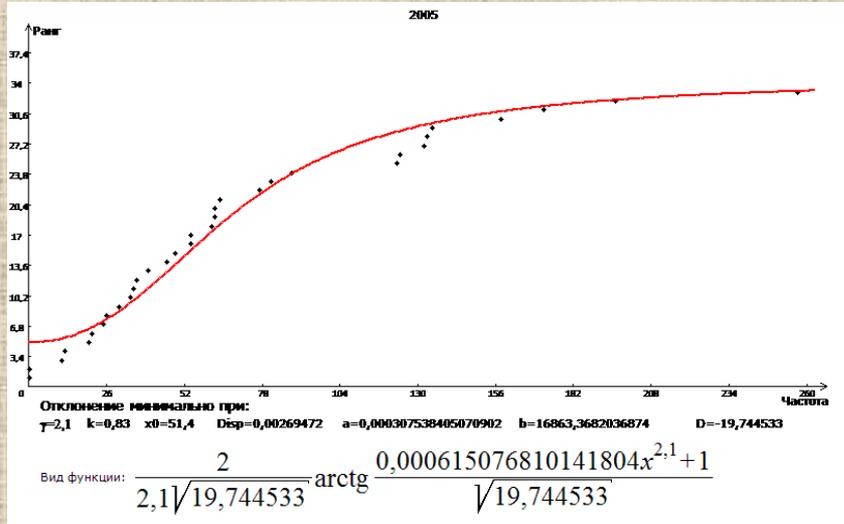
Общее количество научных публикаций

Год	Кол-во
2005	2253
2006	2412
2007	2371
2008	2649

Общее количество научных публикаций в рецензируемых журналах

Год	Кол-во
2005	1222
2006	1482
2007	1465
2008	1691

Диаграмма рангового распределения численности научных сотрудников и вид аппроксимирующей функции



Ранговое распределение общего количества научных публикаций и вид аппроксимирующей функции

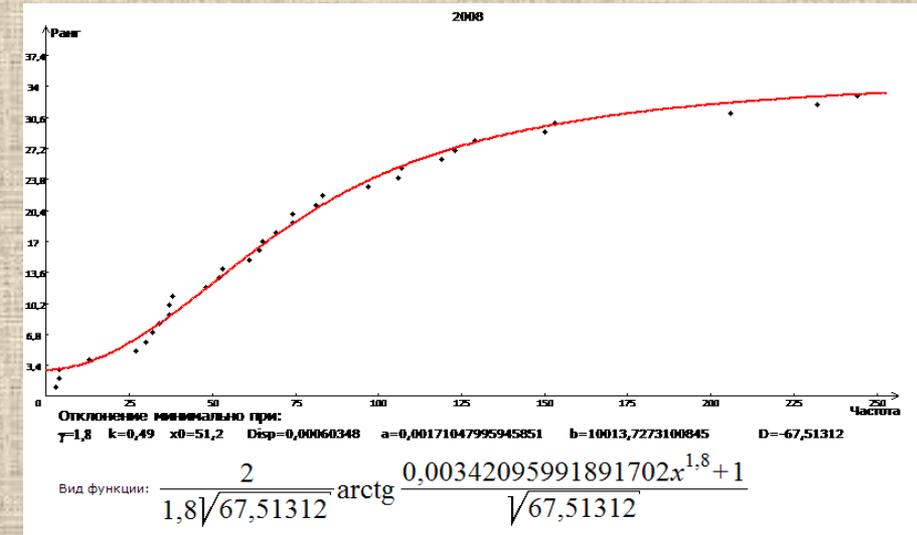
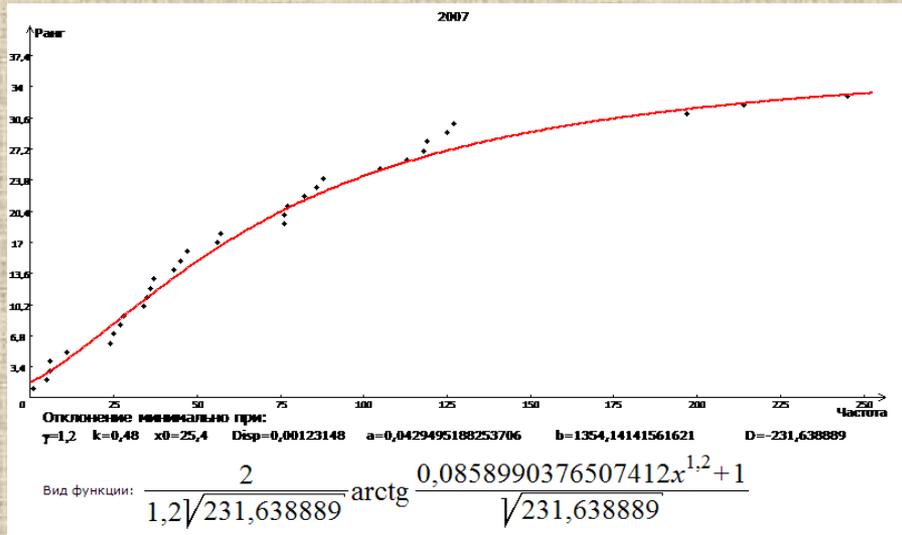
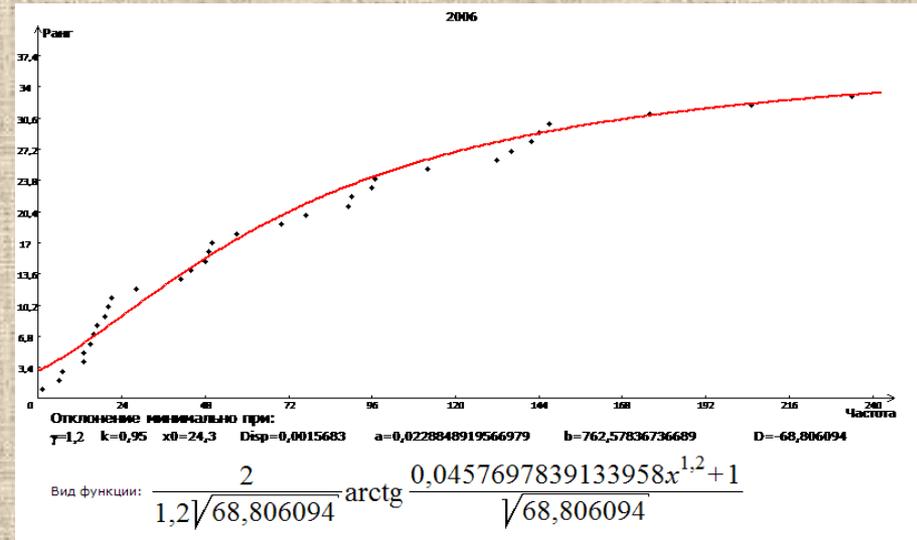
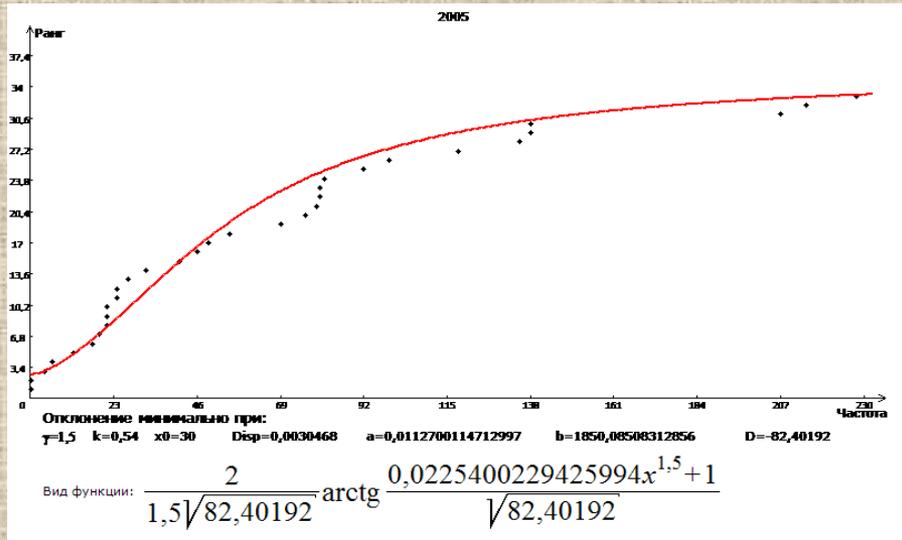
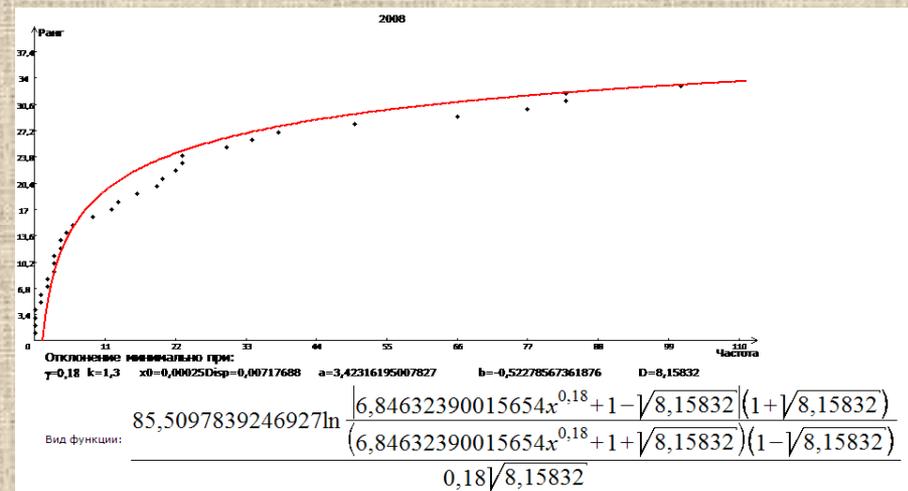
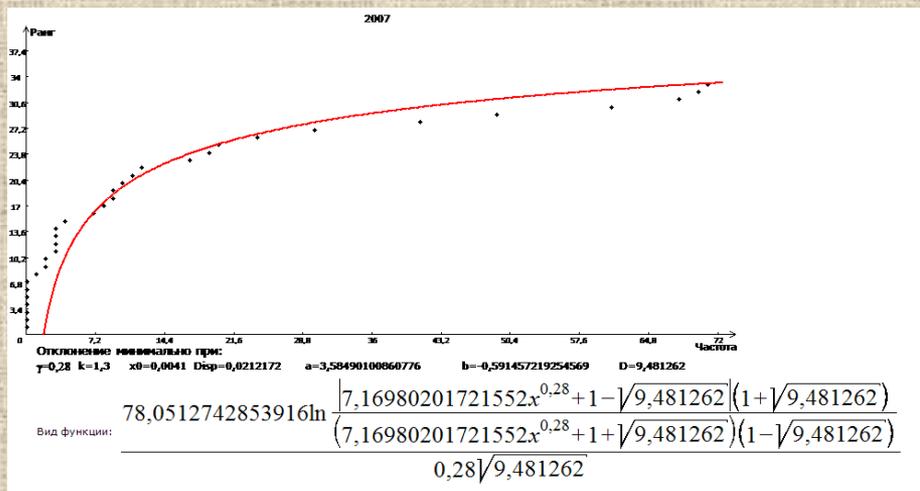
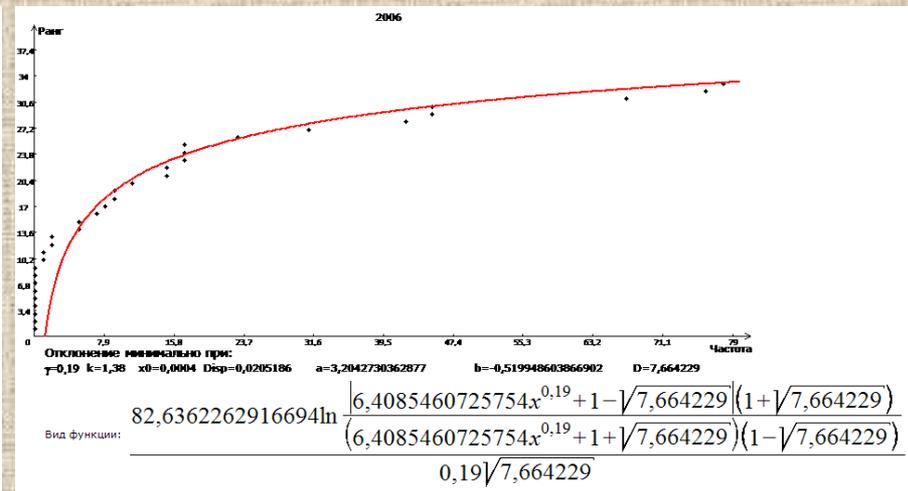
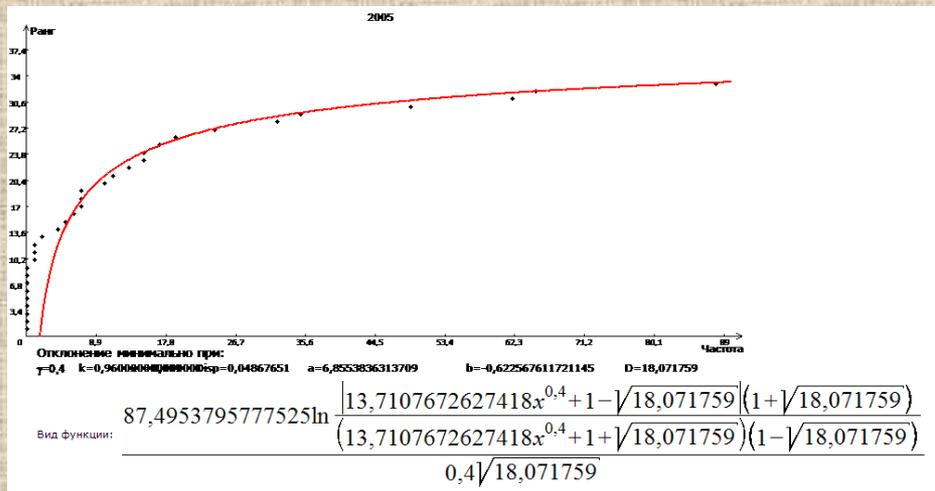


Диаграмма рангового распределения количества научных публикаций, зарегистрированных в Web of Science и вид аппроксимирующей функции



Проблема кластеризации

- Исследование йоддефицитной заболеваемости на примере взрослого населения Приморского края
- Выявление групп пациентов по показателям различных видов анализа крови
- Влияние синдрома эмоционального выгорания на развитие соматической патологии у работников скорой медицинской помощи

ЙДЗ, 2000 г.

		N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	N=9	N=10	
Пограничный	553,45					1	1	1	1	1	
Яковлевский	1083,15				1						
Хасанский	1301,64										
Уссурийский	1324,42			1				2			
Лазовский	1430,81						2		2		1
Анунчинский	1512		1			2			2		
Надеждинский	1596,82							3			
Ольгинский	1666,33										
Партизанский	1800,22				2						
Чугуевский	2076,87	1					3		3	3	
Кировский	2087,98										
Уссурийск	2179,03									4	
Тернейский	2309,16					3					2
Артем	2392,28							4			
Дальнереченск	2431,33			2					4		
Октябрьский	2464,2						4			5	
Находка	2531,66				3						
Арсенев	2739,78										
Ковалеровский	2793,45										
Красноармейский	2809,62							5	5	6	3
Большой камень	2922,68										
Спасск	3093										
Спасский	3107,19		2								
Михайловский	3119,96					4	5				
Дальнегорск	3132,93							6	6	7	4
Пожарский	3153,98										
Лесозаводск	3201,01			3	4						
Владивосток	3320,62	2							7	8	
Фокино	3555,78										
Партизанск	3813,2					5	6				5
Черниговский	3896,76							7	8	9	
Ханкайский	4422,77										
Хорольский	11025,77		3	4	5	6	7	8	9	10	

АСВ, средняя степень тяжести

Код пациента	Показатель	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8	
121	35,85132	1	1	1	1	1	1	1	1
51	38,76568								
117	41,11111								
226	45,44365								
438	58,12121	2	2	2	3	3	3	3	2
402	58,34535								
132	60,18868								
236	60,9434								
105	62,82974	3	3	3	4	4	4	4	3
225	71,22302								
134	74,90566								
131	76,79245								
133	82,26415	4	4	5	5	6	6	6	3
k046	85,09434								
101	85,29412								
103	97,05882								
102	100	5	5	6	6	7	7	8	3

АНТЮОХУ, средняя степень тяжести

Код пациента	Показатель	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8		
131	95,9596	2	1	1	1	5	7	7	1	
132	99,49495					1	1	4		5
102	101,3986		2	2	3	4	4			
236	103,0303		2	2	3	3	3			
133	103,0303		2	2	3	3	3			
к046	108,08081		2	2	3	3	3			
134	112,12121		2	2	3	3	3			
103	113,98601		2	2	3	3	3			
438	115,12355		2	2	3	3	3			
121	116,70886		2	2	3	3	3			
226	130,63291	2	2	3	4	1	1	1	3	
402	134,26573		2	3	4	1	1	2		
101	146,15385		2	3	4	5	6	2		6
105	163,5443		2	3	4	5	6	2		6
120	176,20253		2	3	4	5	6	2		6
117	183,16456	2	3	4	5	6	6	8		
51	192,02532									
225	200,88608									

РООХУ, тяжелая степень

Код пациента	Показатель	N=2	N=3	N=4	N=5	N=6	N=7	N=8			
50	12,22222	2	1						1		
158-1	12,83434			3	5	4	7	6			
159-1	13,01212										
151-1	13,12343										
152-2	15,22222										
108	16,2963	1	2	1	3	2	4	5	2		
439	16,55556										
136	16,66667										
403	18,11111										
104	18,32432										
153-1	18,82121	1	2		1	1	2	2	3		
304	19,32323							1		1	
227	20					2				3	
115	20,32232						2	3		3	4
401	20,32323										
116	20,71111	1	3	2	4	4	5	5	4		
430	22,61431										
151-2	23,11111										
400	23,33333										
135	23,7037										
155-1	24,65165	1	3	4	4	5	6	7	4		
152-1	26,12342										



ВЛИЯНИЕ СИНДРОМА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ НА РАЗВИТИЕ СОМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИИ У РАБОТНИКОВ СМП

НАПРЯЖЕНИЕ

- **незначительные нарушения когнитивных функций (памяти, мышления, внимания);**
- **заболевания ЛОР-органов;**
- **частые (более 4 раз в год) простудные заболевания;**
- **вегетативные нарушения (гипергидроз, кардиалгии и др.)**

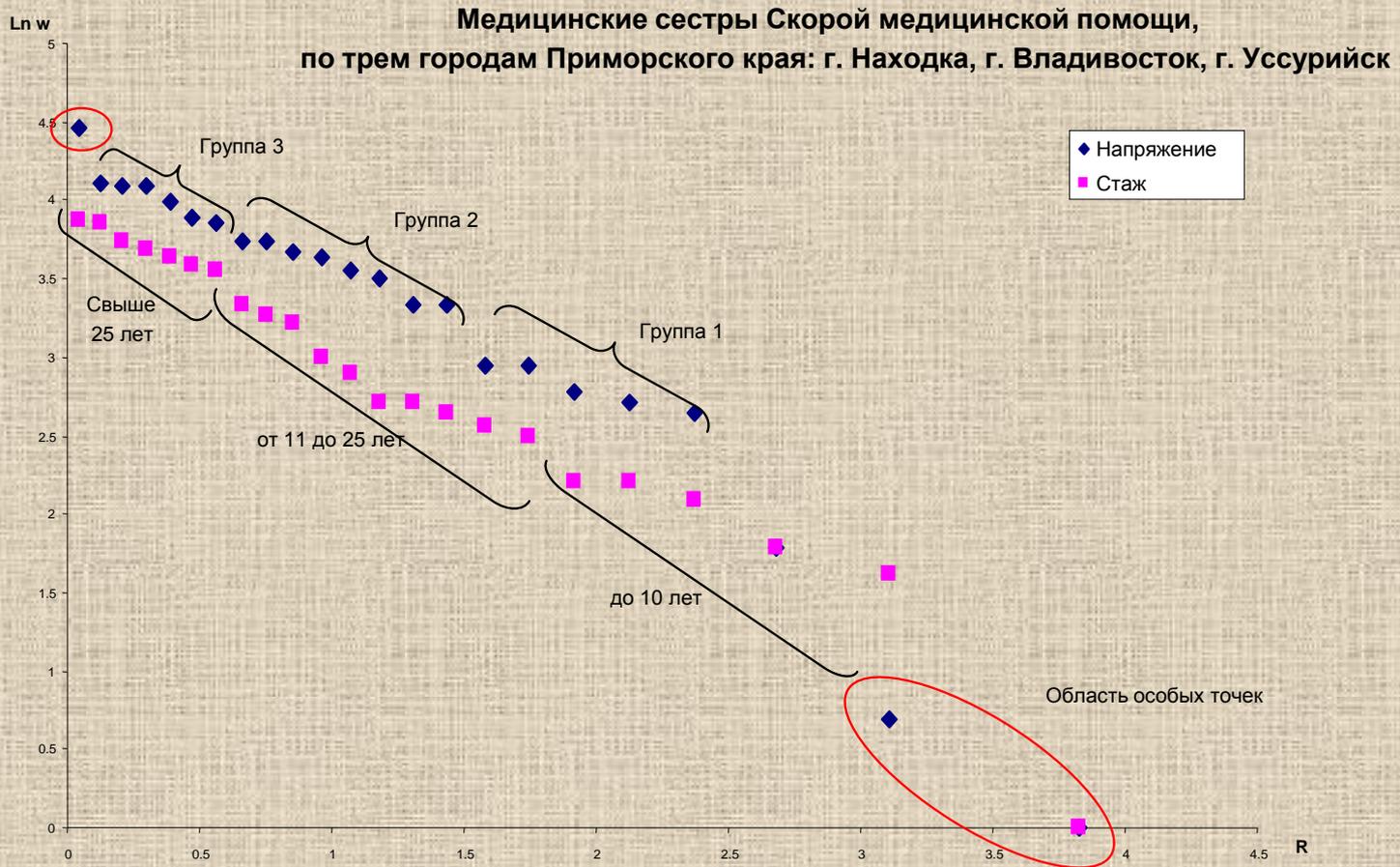
РЕЗИСТЕНЦИЯ

- **заболевания органов кровообращения (ГБ, гипотония, варикозное расширение вен нижних конечностей);**
- **заболевания ЖКТ (ЖКБ, панкреатит, холецистит, гастриты, язвенная болезнь, дисбактериоз);**
- **заболевания органов дыхания;**
- **болезни периферической нервной системы (радикулиты, ишиас, невралгии);**
- **заболевания мочеполовой системы;**
- **невротические расстройства (депрессия, нарушения сна) .**

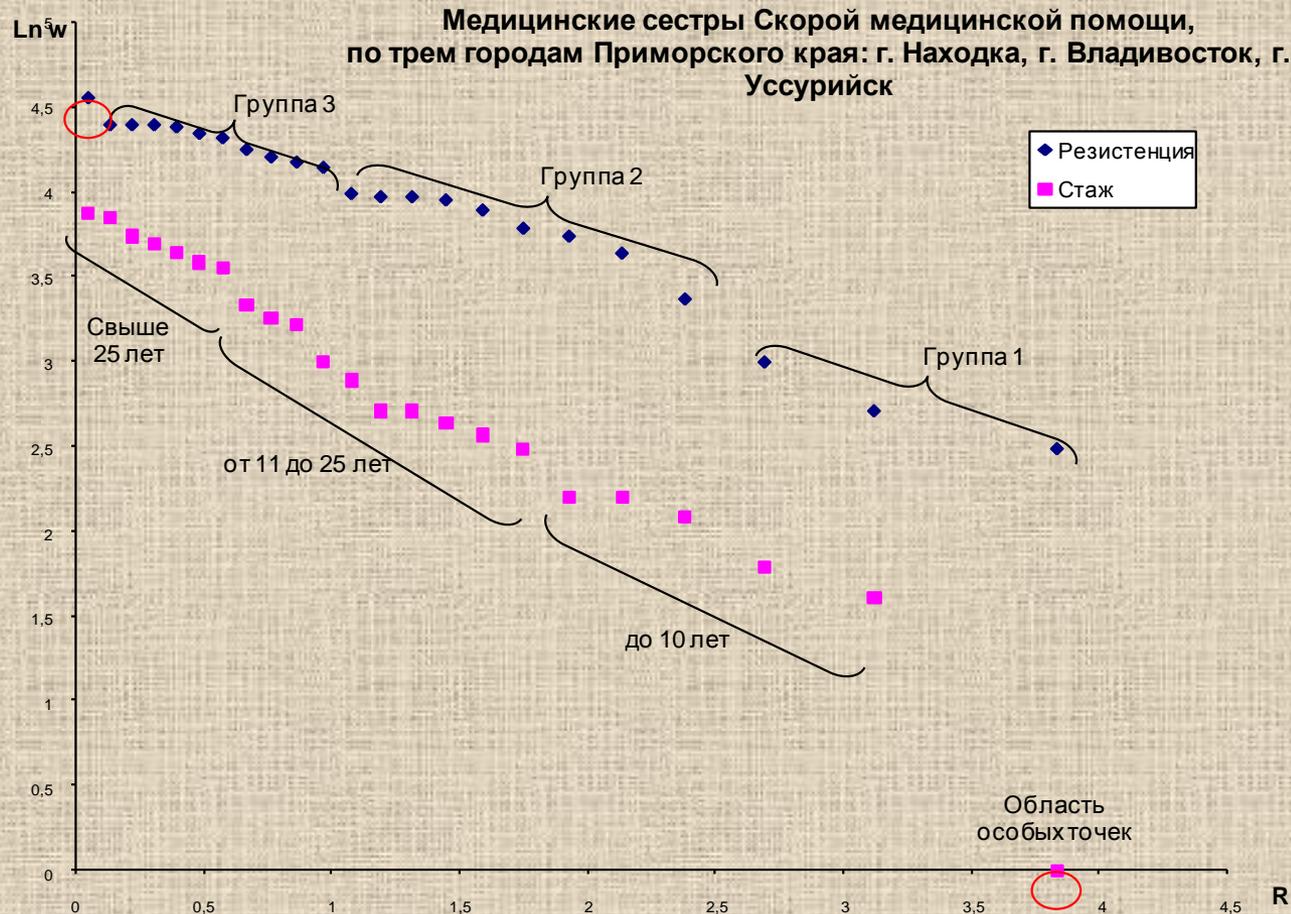
ИСТОЩЕНИЕ

- **ИБС, стенокардия;**
- **травмы;**
- **болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани;**
- **гинекологические заболевания;**
- **сосудистые заболевания г/мозга;**
- **злокачественные заболевания.**

Выраженность фазы *напряжения* мед. работников по стажу работы

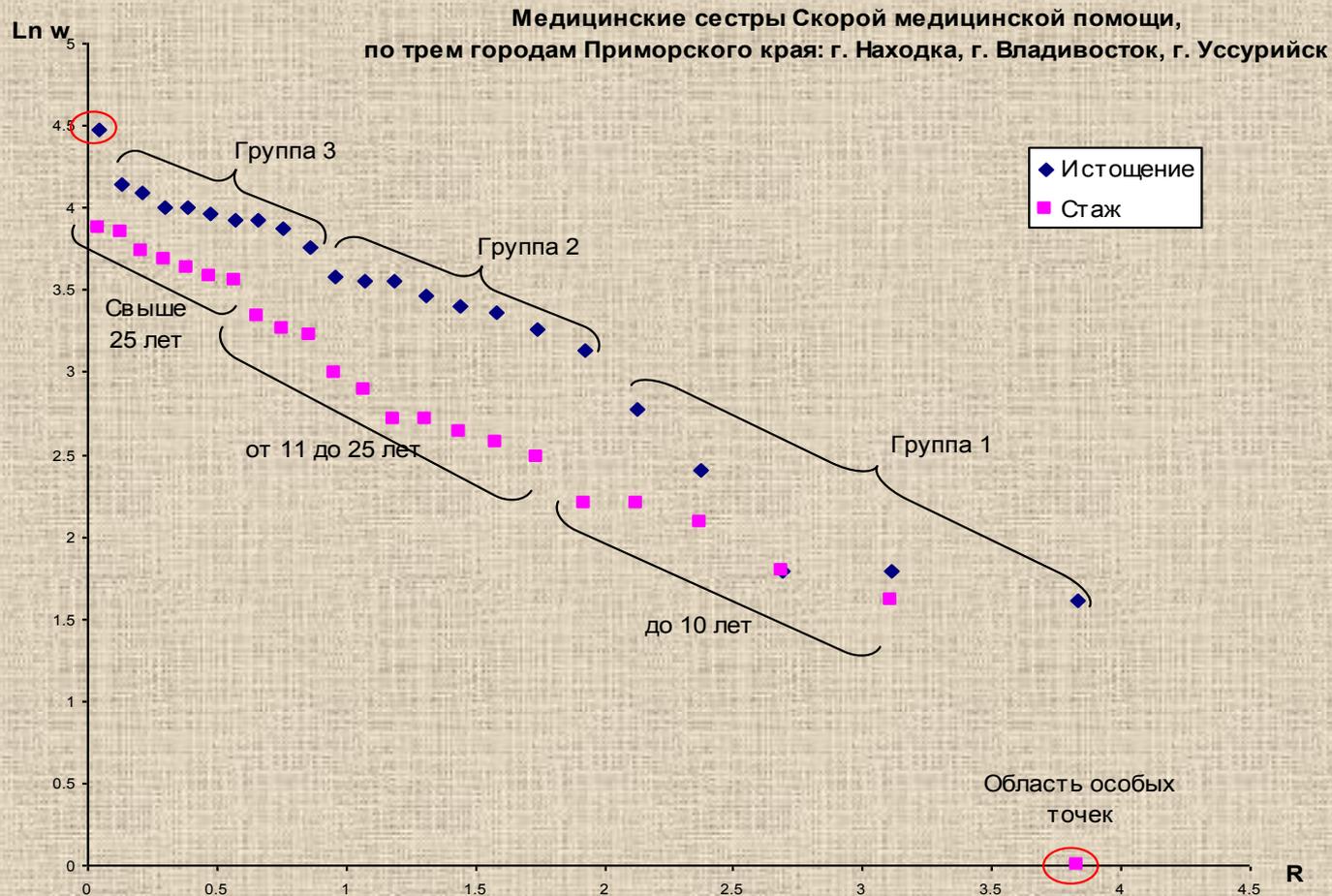


Выраженность фазы резистенции мед. работников по стажу работы



фаза повышенной *резистенции* выявлена у контингента медицинских сестёр (Группа 3) в возрасте от 38 до 55 лет и со стажем работы от 11 до 25 лет.

Выраженность фазы *истощения* мед. работников по стажу работы



фаза повышенного *истощения* выявлена у контингента медицинских сестёр (Группа 3) в возрасте от 50 лет и со стажем работы от 25 лет и старше.

Анализ исходного кода компьютерных программ

**Задача: выявить параметры программного кода
для семейства схожих по функциональности
программ**

Анализ программы Rhino

Rhino – интерпретатор языка ECMAScript с открытыми исходными кодами на языке Java, разработанный компанией Mozilla Foundation (<http://www.mozilla.org>)

Учет анафорики в процедурно-ориентированных программах

Функция на языке Си, возвращающая факториал от числа n

Факториал числа - это результат перемножения всех чисел (целых) от 1 до этого числа

$n! = (n * (n - 1) * (n - 2) * (n - 3) * \dots * 1)$.

```
int factorial(int n) {
    if (n < 1) {
        // если n меньше единицы
        printf("Error\n");
        // работа функции
        // завершается
        break;
    }
    else {
        for (int i = n-1; i > 1; i--) {
            // считаем факториал
            n *=i;
        }
    }
    return n;
}
```

Примеры вызова функции факториал factorial(m)

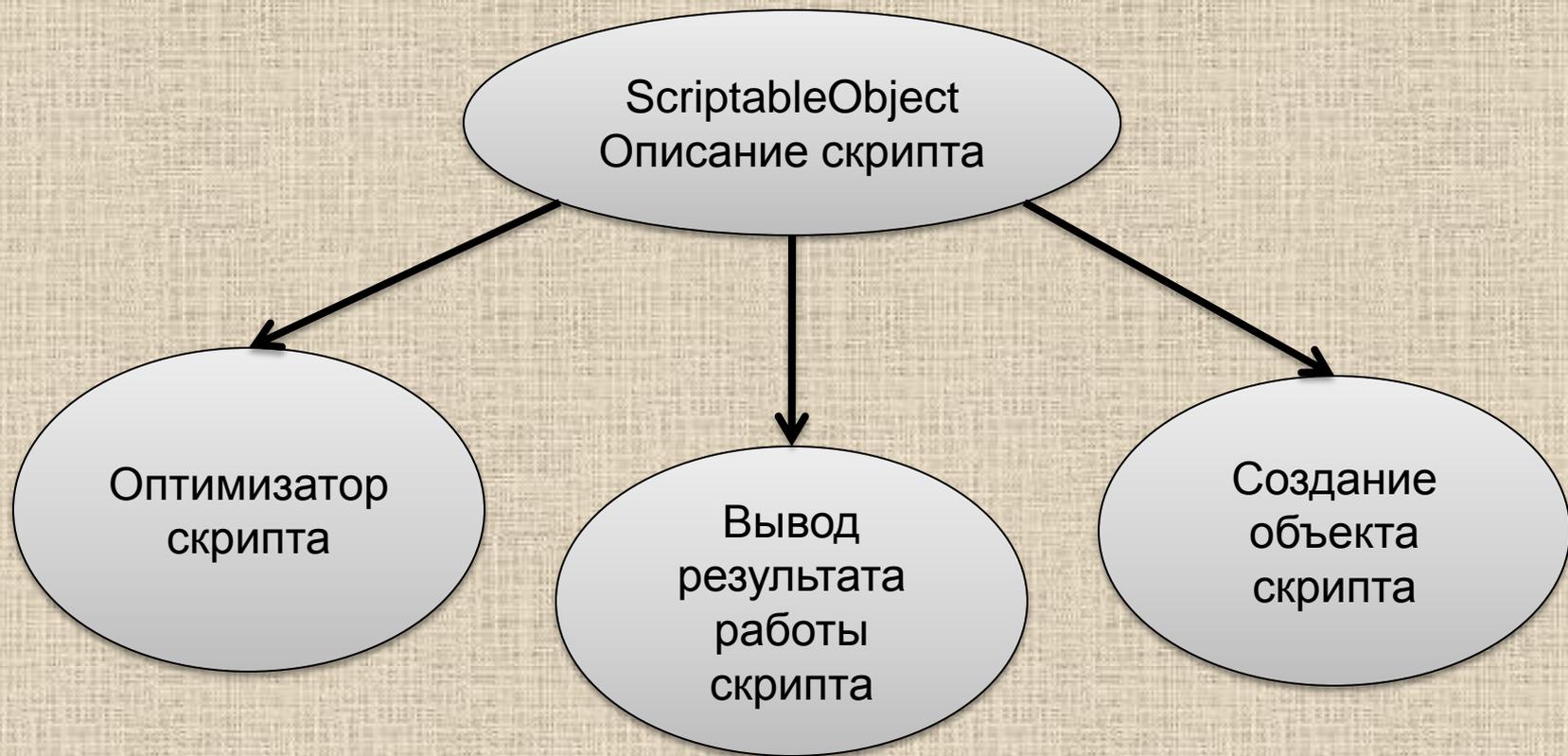
M=2;

Y=factorial(m); заменено на текст :

```
if (m < 1) {
    // если m меньше единицы
    printf("Error\n");
    // работа функции
    // завершается
    break;
}
else {
    for (int i = m-1; i > 1; i--) {
        // считаем факториал
        m *=i;
    }
}
```

В программе n – формальный параметр заменяется на фактический параметр – m

Учет анафорики в объектно-ориентированных программах

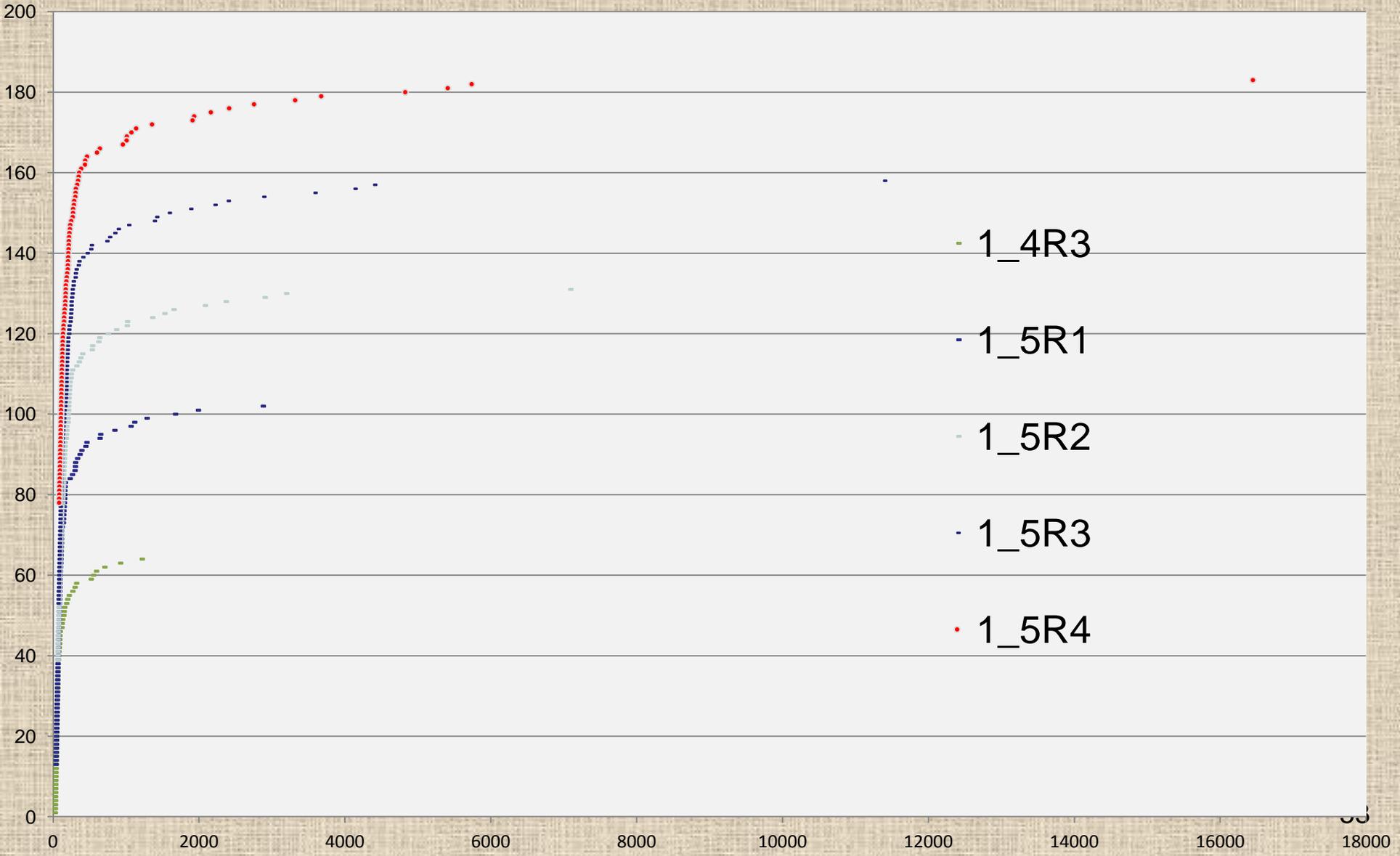


В данной программе `ScriptableObject` имеет частоту 3

Устройство частотного словаря

Ранг	Частота	Лексемы
310	118108	[int]
309	33823	[boolean]
308	18207	[long]
307	17782	[java.lang.Object]
306	17754	[java.lang.String]
305	16355	[double]
304	10926	[byte]
303	10336	[org.mozilla.javascript.Scriptable]
302	8299	[short]
301	6837	[java.lang.StringBuffer.append()]
300	6405	[java.lang.String.charAt()]
299	6195	[org.mozilla.javascript.Node]
298	4585	[org.mozilla.javascript.Context]
297	4120	[org.mozilla.classfile.ClassFileWriter.add()]
296	2919	[char]
295	2835	[java.lang.Class]
294	1921	[java.lang.String.length()]
293	1899	[java.lang.String.equals()]
292	1394	[org.mozilla.javascript.optimizer.Codegen.addByteCode()]
291	1330	[org.mozilla.javascript.Kit.codeBug()]

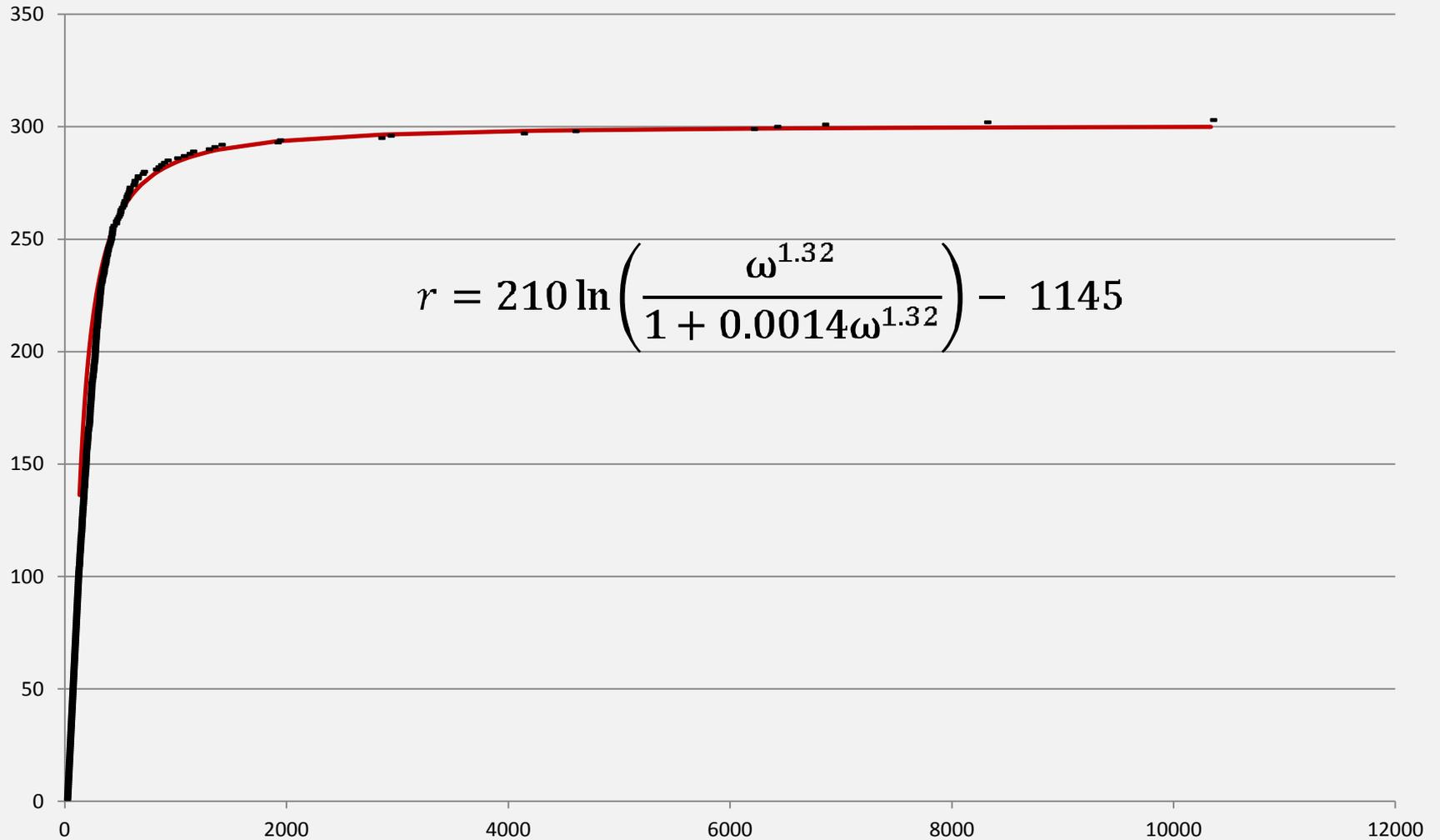
Зависимость ранга от частоты для различных версий программы Rhino



Формула аппроксимации

$$r = A \ln \left(\frac{\omega^\gamma}{1 + \alpha \omega^\gamma} \right) - C$$

График зависимости ранга от частоты и аппроксимирующая кривая для версии 1_7R1 программы Rhino



Анализ различных версий программы Rhino

Версия	Формула	α	γ	Длина линейного участка по рангу	Объем кода, Кб
Rhino 1_4R3	$r = 35 \ln \left(\frac{\omega^{1,349}}{1 + 0,0081\omega^{1,349}} \right) - 111$	0,0081	1,349	29	1065
Rhino 1_5R1	$r = 40 \ln \left(\frac{\omega^{1,4}}{1 + 0,00181\omega^{1,4}} \right) - 157$	0,00181	1,4	40	1631
Rhino 1_5R2	$r = 65 \ln \left(\frac{\omega^{1,36}}{1 + 0,0019\omega^{1,36}} \right) - 282$	0,0019	1,36	47	1993
Rhino 1_5R3	$r = 75 \ln \left(\frac{\omega^{1,32}}{1 + 0,002\omega^{1,32}} \right) - 316$	0,002	1,32	56	1996
Rhino 1_5R4	$r = 105 \ln \left(\frac{\omega^{1,3}}{1 + 0,002\omega^{1,3}} \right) - 478$	0,002	1,3	67	2123
Rhino 1_5R4_1	$r = 105 \ln \left(\frac{\omega^{1,32}}{1 + 0,0015\omega^{1,32}} \right) - 490$	0,0015	1,32	79	2127
Rhino 1_5R5	$r = 128 \ln \left(\frac{\omega^{1,28}}{1 + 0,0022\omega^{1,28}} \right) - 580$	0,0022	1,28	81	2214
Rhino 1_6R1	$r = 170 \ln \left(\frac{\omega^{1,34}}{1 + 0,002\omega^{1,34}} \right) - 838$	0,002	1,34	104	2460
Rhino 1_6R2	$r = 190 \ln \left(\frac{\omega^{1,34}}{1 + 0,002\omega^{1,34}} \right) - 940$	0,002	1,34	88	2460

Анализ различных версий программы Rhino (продолжение)

Версия	Формула	α	γ	Длина линейного участка по рангу	Объем кода, Кб
Rhino 1_6R3	$r = 200 \ln \left(\frac{\omega^{136}}{1 + 0.0018\omega^{136}} \right) - 1008$	0,0018	1,36	81	2508
Rhino 1_6R4	$r = 210 \ln \left(\frac{\omega^{136}}{1 + 0.0014\omega^{136}} \right) - 1103$	0,0014	1,36	99	2509
Rhino 1_6R5	$r = 220 \ln \left(\frac{\omega^{134}}{1 + 0.0014\omega^{134}} \right) - 1153$	0,0014	1,34	105	2532
Rhino 1_7R1	$r = 210 \ln \left(\frac{\omega^{132}}{1 + 0.0014\omega^{132}} \right) - 1145$	0,0014	1,32	104	2866
Rhino 1_7R2- RC1	$r = 220 \ln \left(\frac{\omega^{138}}{1 + 0.0006 * \omega^{138}} \right) - 1298$	0,0006	1,38	99	2979
Rhino 1_7R2- RC2	$r = 220 \ln \left(\frac{\omega^{138}}{1 + 0.0006\omega^{138}} \right) - 1280$	0,0006	1,38	120	2993
Rhino 1_7R2- RC3	$r = 220 \ln \left(\frac{\omega^{143}}{1 + 0.0005\omega^{143}} \right) - 1320$	0,0005	1,43	105	2996
Rhino 1_7R2- RC4	$r = 220 \ln \left(\frac{\omega^{135}}{1 + 0.0006\omega^{135}} \right) - 1320$	0,0006	1,35	115	2996
Rhino 1_7R2	$r = 220 \ln \left(\frac{\omega^{13}}{1 + 0.0012\omega^{13}} \right) - 1152$	0,0012	1,3	117	2998

Благодарность за совместную работу сотрудникам

- Института математики и компьютерных наук Дальневосточного федерального университета;
- Юридического института Дальневосточного федерального университета;
- Владивостокского государственного медицинского университета;
- Приморской краевой клинической больницы №1;
- Владивостокского филиала Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания Сибирского отделения Российской академии медицинских наук – Научно-исследовательский институт медицинской климатологии и восстановительного лечения.