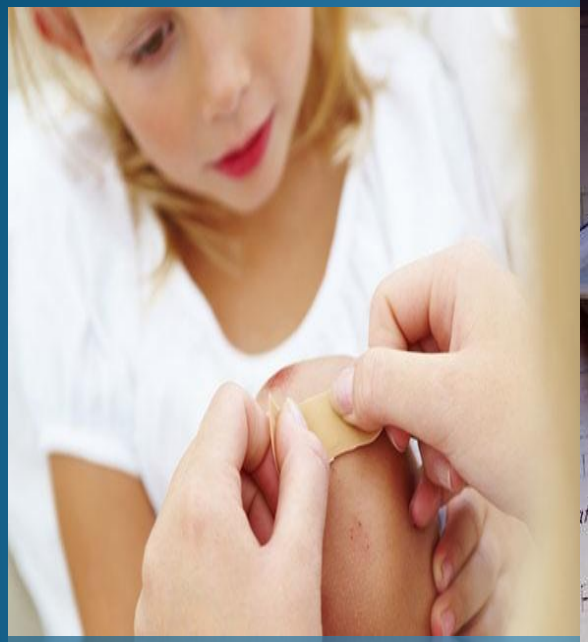
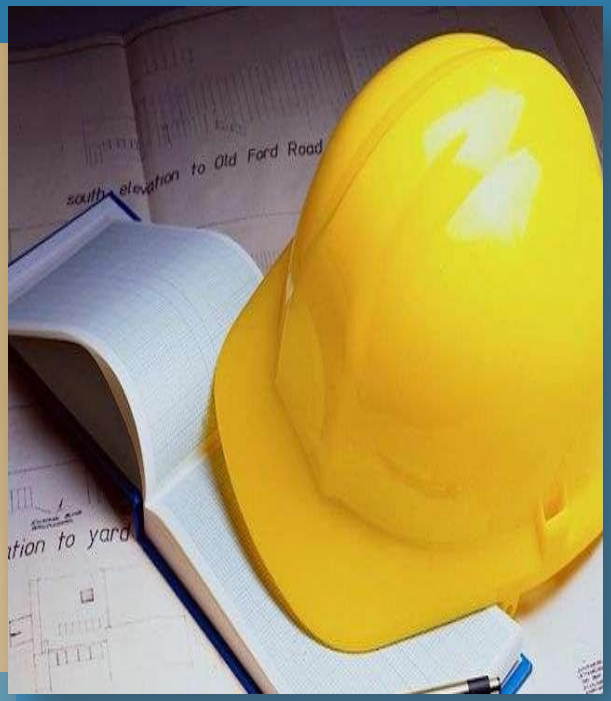




Применение методов математического моделирования к базе данных производственного травматизма на примере ООО «ПК «НЭВЗ»

Актуальность темы

Актуальность травматизма не вызывает сомнения. Проблемы безопасности и охраны труда и создание соответствующих условий труда для работников имеют первостепенное значение для всех государств . Поэтому мы попытались сделать прогноз травматизма с помощью математического моделирования на **Новочеркасском электровозостроительном заводе «Нэвз».**

Производственный травматизм - совокупность повреждений, встречающихся у людей в процессе исполнения ими профессиональных обязанностей.

Травматизм является одной из важнейших медико-социальных проблем современности для большинства стран мира. Ежегодно, от несчастных случаев и профессиональных заболеваний в мире погибают 2,2 миллиона человек. Жертвами несчастных случаев и профзаболеваний становятся более 430 миллионов трудящихся.

По данным Международной организации труда (МОТ) при ООН в мире каждые 3 минуты погибает один рабочий, каждую секунду четверо из рабочих получают травму.

Опасные вещества убивают ежегодно примерно 340 тыс. работающих.

- По оценкам МОТ вследствие травматизма и заболеваемости в мире ежегодно теряется 4 % ВВП мировой экономики.
- По данным Федеральной службы по труду и занятости (Роструд) в результате несчастных случаев в Российской Федерации в организациях всех видов экономической деятельности и на производстве в 2012 году погибло 2 999 человек, а в 2013 году - 2 757 работников.

Самыми опасными в отношении производственного травматизма со смертельным исходом являются газоснабжение (27,0% всех смертельных исходов), горнодобывающие производства (25,4%), добыча угля (25,1%).

С целью дальнейшего снижения производственного травма тизма необходимо совершенствовать методы профилактики несчастных случаев и разрабатывать новые, более эффективные пути решения этой проблемы.

Прогнозирование

Прогнозированию как одной из форм научного предвидения в настоящее время уделяется большое внимание. Этот метод широко применяется для научно-технического предсказа ния перспектив развития фундаментальных исследований, возможной скорости, направлений и результатов практического использования достижений науки и техники, для предвидения освоения природных ресурсов, а также экономических и социальных последствий такого освоения, и много другого.

К основным методам прогнозирования относят:

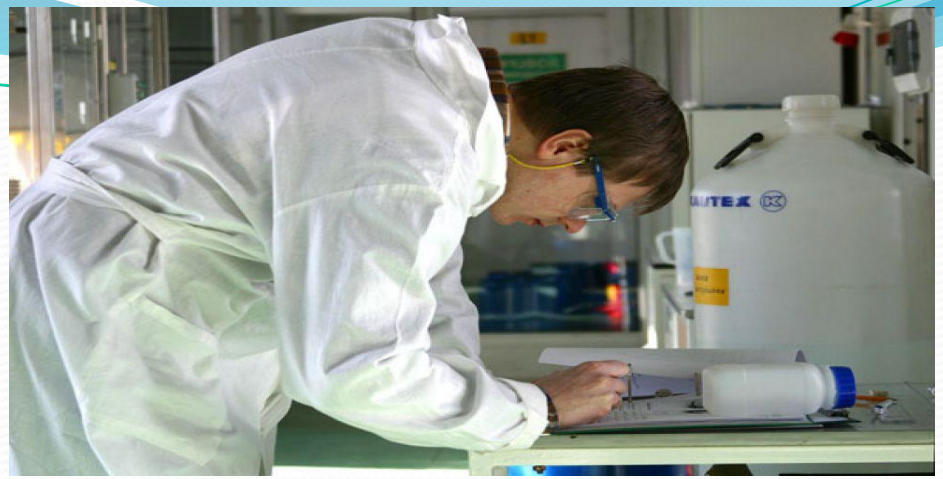
- Статистические методы;
- Экспертные оценки;
- Методы моделирования;
- Интуитивные.

Методы моделирования

Экспертиза

Экстраполяция

Интерполяция



- **Экспертиза** проводится групповым методом или посредством получения индивидуальных оценок (мнений) экспертов. Индивидуальный метод представляет собой анкетный опрос специалистов, проводимый в один тур путем одноразового заполнения анкет, и экспертный опрос, проводимый в несколько туров путем многократного заполнения анкет экспертами с целью последовательного уточнения оценок.

- **Интерполяция,** в математике (от лат. interpolatio — изменение, переделка), в математике и статистике — отыскание промежуточных значений величины по некоторым известным ее значениям. Напр., отыскание значений функции f(x) в точках x, лежащих между точками xo по известным значениям yi = f(xi) (где i = 0,1,...n). Если x лежит вне интервала (xo, xn), аналогичная процедура называется экстраполяцией.

- **Экстраполяция предполагает, что процесс изменения переменной представляет собой сочетание двух составляющих регулярной и случайной.**
- $y(x) = f(\bar{a},x) + n(x)$
- a – коэффициенты в описании процесса;
- x – переменная
- $f(\bar{a},x)$ - регулярная составляющая
- n (x) - случайная составляющая

Экстраполяционные методы основаны на выделении лучшего описания тренда и на определении прогнозных значений путем его экстраполяции.

- Экстраполяция может быть представлена в виде нескольких этапов:
- предварительная обработка исходной информации
- вычислительный этап – определение описания тренда
- определение прогнозных значений
- расчет точностных характеристик прогноз

НОВОЧЕРКАССКИЙ
ЭЛЕКТРОВОЗОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

Математический прогноз производственного травматизма для машиностроительного предприятия ООО «ПК «НЭВЗ».

Новочеркасский электровозостроительный завод – крупнейший российский производитель магистральных и промышленных электровозов.

ООО «ПК «НЭВЗ». Общая информация

С начала выпуска продукции в 1936 году заводом создано 65 типов подвижного состава, выпущено более 16 000 локомотивов. Максимальный годовой выпуск магистральных электровозов - 397 единиц (1986 г.).

Производственная структура предприятия включает в себя 11 видов основных технологических производств, необходимых для электровозостроения:

- металлургическое (стальное (в т.ч. крупногабаритное), цветное и чугунное литье);
- кузнечное;
- заготовительно-штамповочное;
- сварочно-кузовное;
- аппаратное;
- гальваническое;
- обмоточно-изоляционное;
- производство пластмасс;
- тележечное;
- производство тяговых электродвигателей;
- сборочное.

НЭВЗ сегодня - крупнейшее предприятие в России по выпуску магистральных грузовых и пассажирских электровозов

Данные об уровне ПТ по ООО «ПК НЭВЗ» в период с 1946 по 2013 г.

Годы	Среднесписочный состав работающих	Численность пострадавших при несчастных случаях		Число рабочих дней нетрудоспособности из-за травм
		всего	в том числе со смертельным исходом	
1946	2090	157	-	1145
1947	3184	248	1	3169
1948	4100	213	4	2546
1949	5700	305	1	3076
1950	5600	370	1	3422
1951	5600	295	1	3449
1952	5400	262	1	2594
1953	5572	394	2	3260
1954	5691	332	3	3022
1955	6770	365	1	3193
1956	6750	421	2	4216
1957	7455	481	-	4518
1958	8725	527	4	5609
1959	10940	501	3	6848
1960	11968	500	-	5194
1961	12985	636	-	8661
1962	13480	441	-	7866
1963	13522	424	-	6700
1964	13406	434	1	7465
1965	13738	388	-	7308
1966	13794	372	1	4767
1967	13641	277	-	3383
1968	13800	329	1	4817
1969	13860	266	-	3939
1970	14040	242	1	3920
1971	14100	209	2	4687
1972	14218	160	1	3434
1973	14301	189	-	3907
1974	14389	198	2	3407
1975	14437	173	1	3396
1976	14496	194	2	3587
1977	14550	168	-	3131
1978	14734	190	-	3124
1979	14886	195	1	2985
1980	14886	201	-	3002
1981	14915	220	1	3365
1982	14897	216	-	3420
1983	14972	218	1	3432
1984	15137	198	-	3440

Годы	Среднесписочный состав работающих	Численность пострадавших при несчастных случаях		Число рабочих дней нетрудоспособности из-за травм
		всего	в том числе со смертельным исходом	
1984	15137	198	-	3440
1985	15172	152	1	2743
1986	15331	140	2	2532
1987	14948	193	2	3193
1988	13851	176	-	2941
1989	13489	161	2	2703
1990	13251	162	-	2577
1991	12681	125	1	1615
1992	11983	91	2	1630
1993	10852	59	-	1371
1994	9494	61	2	1217
1995	8040	63	2	1192
1996	7368	45	1	532
1997	6585	42	1	716
1998	6360	52	2	851
1999	5945	63	-	1331
2000	5906	53	1	1163
2001	6033	46	-	971
2002	6089	44	1	680
2003	6673	39	-	788
2004	7050	29	-	531
2005	8728	37	-	1233
2006	9371	31	-	879
2007	9598	25	1	1023
2008	10061	46	-	1328
2009	10029	35	-	1253
2010	10057	27	-	1360
2011	9927	37	1	953
2012	11433	29	-	924
2013	11200	24	-	892

С учетом этого была предпринята попытка, дать математический прогноз производственного травматизма для машиностроительного предприятия ООО «ПК «НЭВЗ» методом экстраполяции с помощью Mathcad.

Mathcad — система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается легкостью использования и применения для коллективной работы.

Разработка прогноза начата с анализа производственного травматизма за период с 1946 по 12013 годы. Выкопировка материалов проведена из первичных документов, в качестве которых попользовали акты о несчастных случаях, материалы отдела охраны труда и окружающей среды.

Набираем данные о травматизме в exsel,затем делаем импорт данных в Mathcad (Отладка)

1)Создаем индексные переменные i:=0..63- количество строк, j:=0..3 – годы которые мы прогнозируем.

2) затем присваиваем X- годы, Y- количество случаев травматизма. Из матрицы S выбираем данные. XA-прогнозируемые годы, YA-набор данных для отладки метода прогноза.

$$XA = \begin{pmatrix} 2.01 \times 10^3 \\ 2.011 \times 10^3 \\ 2.012 \times 10^3 \\ 2.013 \times 10^3 \end{pmatrix} \qquad YA = \begin{pmatrix} 38 \\ 37 \\ 29 \\ 24 \end{pmatrix}$$

$X =$

	0
0	$1.946 \cdot 10^3$
1	$1.947 \cdot 10^3$
2	$1.948 \cdot 10^3$
3	$1.949 \cdot 10^3$
4	$1.95 \cdot 10^3$
5	$1.951 \cdot 10^3$
6	$1.952 \cdot 10^3$
7	$1.953 \cdot 10^3$
8	$1.954 \cdot 10^3$
9	$1.955 \cdot 10^3$
10	$1.956 \cdot 10^3$
11	$1.957 \cdot 10^3$
12	...

$Y =$

	0
0	157
1	248
2	213
3	305
4	370
5	295
6	262
7	394
8	332
9	365
10	421
11	481
12	...

p= predict это вызов функции предсказания поведения вектора данных(экстраполяция) Predict(v ,m, n) Возвращает n предсказанных значений ,основанных на m последовательных значениях вектора данных v .

$$p := predict(Y, 9, 4)$$

$$p = \begin{pmatrix} 36 \\ 39 \\ 36 \\ 38 \end{pmatrix} \quad YA = \begin{pmatrix} 38 \\ 37 \\ 29 \\ 24 \end{pmatrix} \quad p_med := \frac{\left(\sum_j p_j\right)}{4} \quad YA_med := \frac{\left(\sum_j YA_j\right)}{4}$$

- p_med –среднее арифметическое значение прогнозируемых значений,
- YA_med это среднее арифметическое проверочных значений.

p_med –среднее арифметическое значение прогнозируемых значений, YA_med это среднее арифметическое проверочных значений.

$$p_med = 37$$

$$YA_med = 32$$

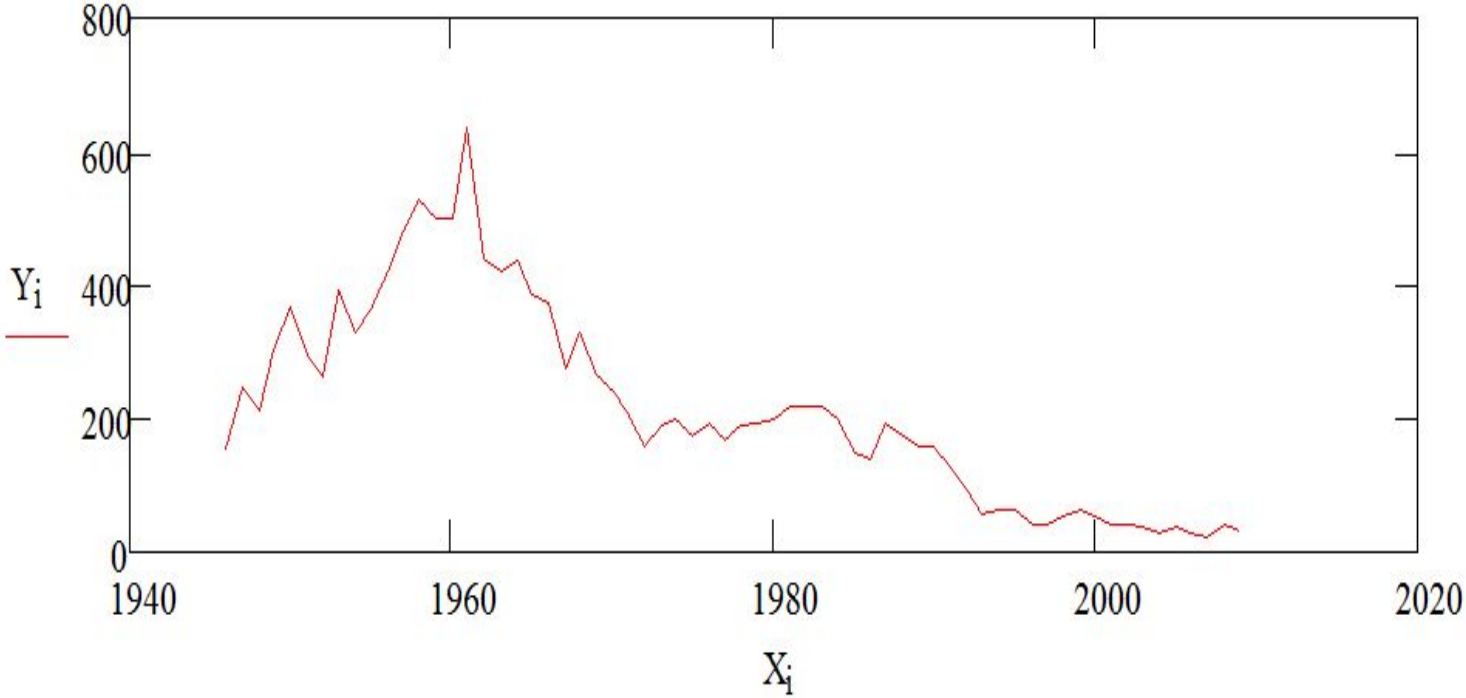
$$disp_p := \frac{\left[\sum_j \left(p_j - p_med\right)^2\right]}{4}$$

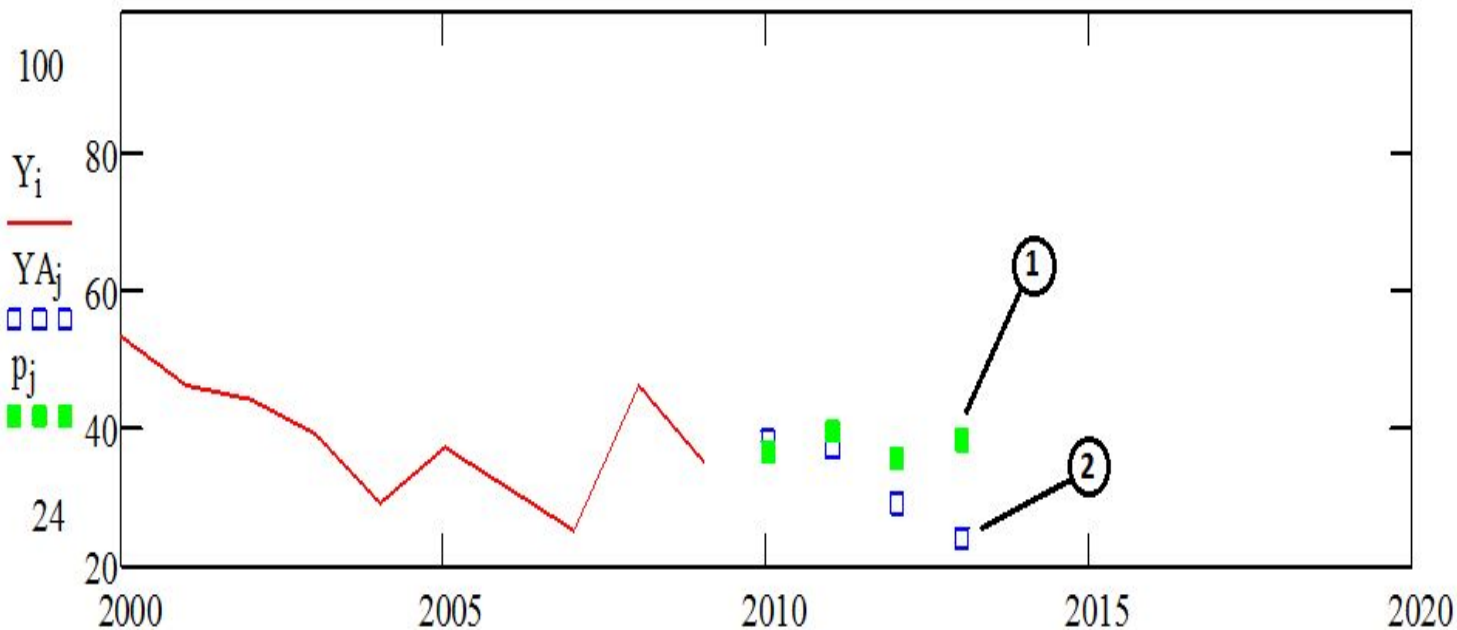
$$disp_YA := \frac{\left[\sum_j \left(YA_j - YA_med\right)^2\right]}{4}$$

$$R2 := \frac{disp_p}{disp_YA}$$

$$R2 = 0.065037850067$$

Определяем погрешность метода. Она определяется отношением дисперсией вектора предсказанных значений к дисперсии проверочных значений. Таким образом, мы получаем коэффициент R2, который должен уложиться в 10% доверительный интервал.





1 Предсказанные значения

2 Действительные значения

(Прогноз)

$i := 0..67$

$j := 0..3$

$X_i := S_{i,1}$

$Y_i := S_{i,2}$

$X =$

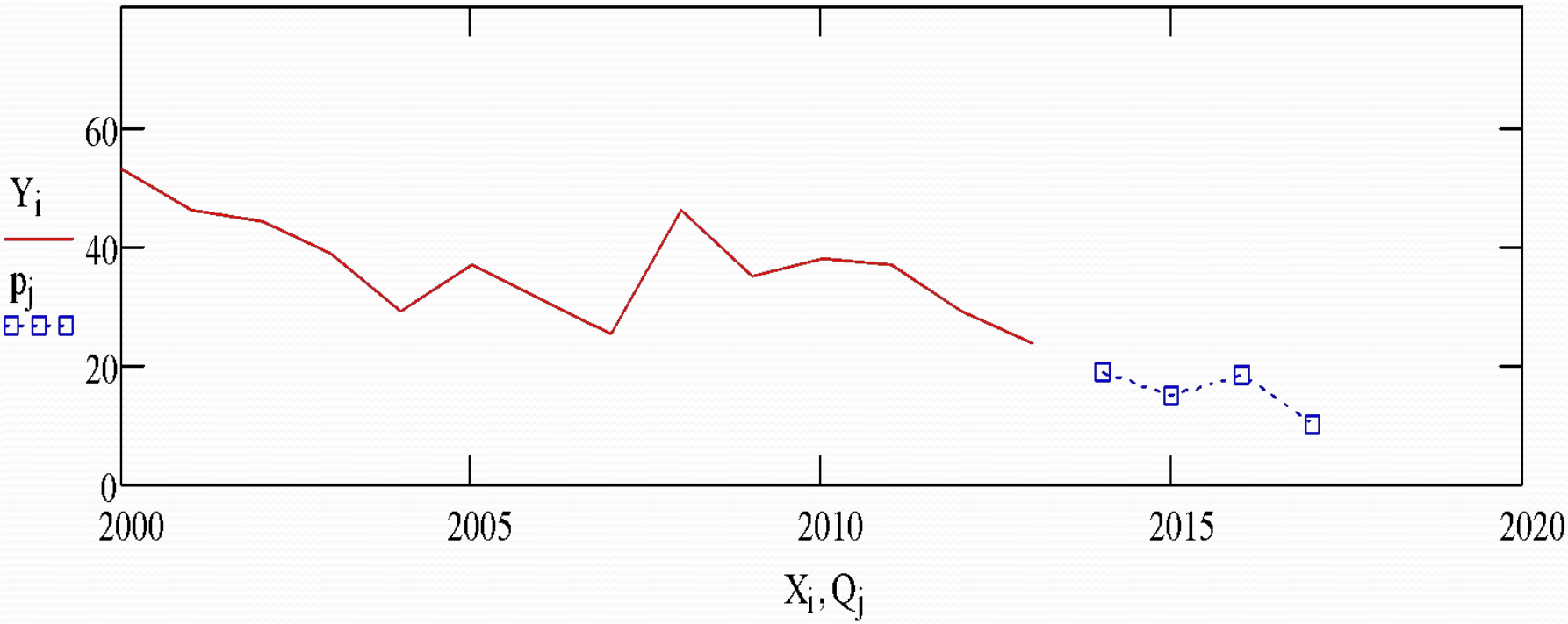
	0
0	$1.946 \cdot 10^3$
1	$1.947 \cdot 10^3$
2	$1.948 \cdot 10^3$
3	$1.949 \cdot 10^3$
4	$1.95 \cdot 10^3$
5	$1.951 \cdot 10^3$
6	$1.952 \cdot 10^3$
7	$1.953 \cdot 10^3$
8	$1.954 \cdot 10^3$
9	$1.955 \cdot 10^3$
10	$1.956 \cdot 10^3$
11	$1.957 \cdot 10^3$
12	...

$Y =$

	0
0	157
1	248
2	213
3	305
4	370
5	295
6	262
7	394
8	332
9	365
10	421
11	481
12	...

$$p := \text{predict}(Y, 9, 4)$$

$$p = \begin{pmatrix} 19 \\ 15 \\ 18 \\ 10 \end{pmatrix} \qquad Q := \begin{pmatrix} 2014 \\ 2015 \\ 2016 \\ 2017 \end{pmatrix}$$



Лет	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
%	15,3	9,7	9,1	16,9	6,5	7,3	6,9	9,1	7,6	11	9,8

Мы рассчитали доверительный интервал на основании последних 5-15 лет и сделали вывод что 9 лет является самым оптимальным вариантом, так как имеет самый маленький доверительный интервал , таким образом отладка позволила проверить соблюдение 10% доверительного интервала, а так же позволила составить прогноз на ближайшие годы.

Список Литературы

1.Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. 2001. № 5, С.33-36.

2.Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Высшая школа. 1998. 576с.: ил.

3.Гражданкин А.И., Дегтярев Д.В., Лисанов М.В. Риск аварии и оценка нежелательных последствий // Безопасность жизнедеятельности. 2002. № 2, С.7-11.

4.Власов А.Ф. Итоги и пути дальнейшего снижения показателей производственного травматизма // Технический прогресс и охрана труда: Сб. науч. работ ин-тов охраны труда ВЦСПС.- М., 1975.- С.177 - 183.

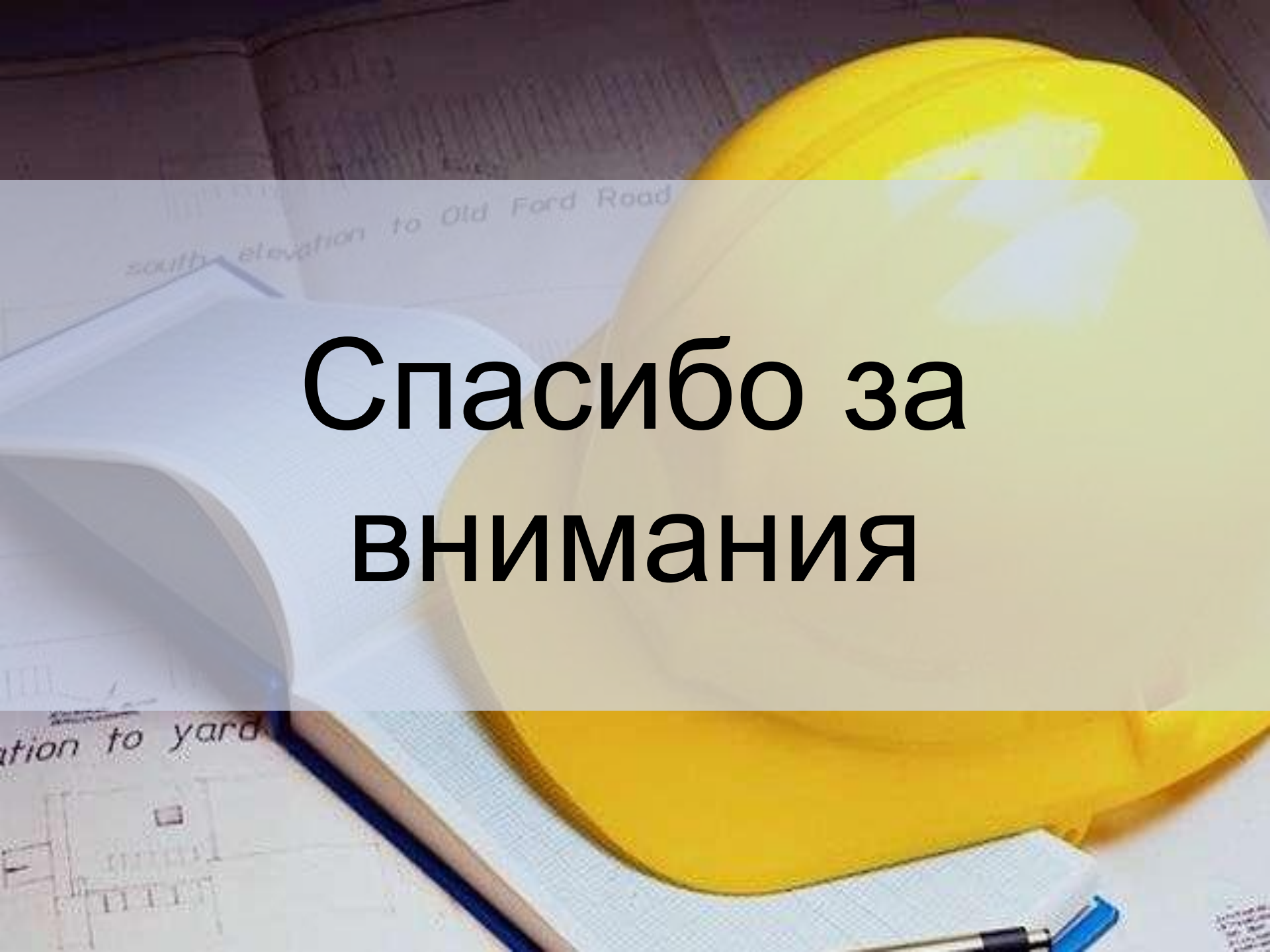
5.Горбалетов Ю.В., Денисов А.А. Анализ факторов производственного травматизма на федеральном и региональном уровнях // Охрана труда. Практикум. 2004. № 2, С.3-7.

6.Иоффе В.М., Лобова М.А. О применении метода нечетких множеств в исследованиях по охране труда // Проблемы охраны труда и их решение: Сб. науч. работ ин-тов охраны труда ВЦСПС.- М., 1983.- С.72 - 75.

7.Кузьмин А.П., Семенов В.И., Шестаков Ю.Г. Применение метода ранговой корреляции для оценки причин производственного травматизма // Вестник машиностроения. - 1974.- № 8.- С.78 -81.

8.Попадейкин В.В. К вопросу моделирования при расследовании несчастных случаев // Охрана труда в промышленности: Сб. науч. работ 15. Юсупов Р.Х., Горшков Ю.Г., Зайнишев А.В. Прогнозирование состояния производственного травматизма и производственно-обусловленной заболеваемости рабочих коллективов на основе теории информационных цепей. // Вестник Южно-Уральского Государственного университета. Серия: Энергетика. Выпуск 20 (92), - Челябинск, 2007 г.

16. Муллер Н.В. Прогнозирование риска производственного травматизма методом Вейвлет и фрактального анализа // Вестник САмГУ. Естественно-научная серия. № 2 (68). Самара, 2009.



Спасибо за внимания