

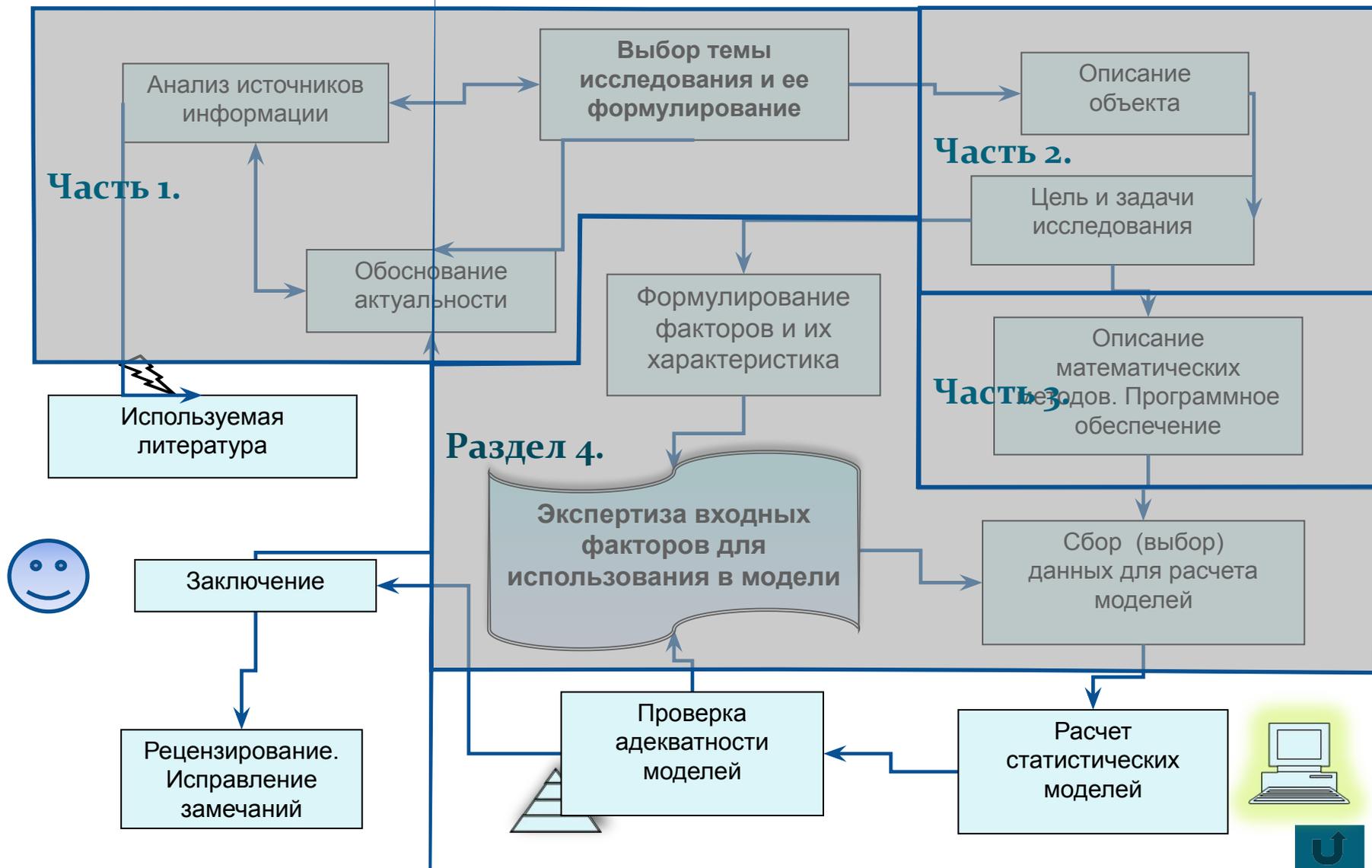
«Малозатратные технологии перевозочного процесса»

автор: к.т.н., доц. Тимошек Игорь Николаевич

**Тема: «Расчет параметров моделей. Оценка
полученного результата»**

- 1. Использование программы для расчета статистических моделей.*
- 2. Выбор лучшей модели и проверка ее адекватности.*
- 3. Заключение.*

Структура и трудоёмкость выполнения работы



ЦЕЛЬ занятий по теме:

Ознакомление:

- с возможностями программного обеспечения для расчета статистических моделей model 03.

- с процедурой выбора наиболее подходящей математической модели, обеспечивающей достижение

«Чтобы оправдаться в собственных глазах, мы нередко убеждаем себя, что не в силах достичь цели; на самом деле мы не бессильны, а безвольны...»

Франсуа́ VI де Ларошфуко́ (французский писатель, 1613-1680).



Связь с предыдущим этапом - сбора данных (для модели оценки загрузки ДНЦ (Zп))

Исходные (модифицированные) данные

№	Zп*, ☐	Nт*, ☐☐	Kс*, ☐☐	Ya*, ☐☐	Ps*, ☐☐
Δ	0	0	0	0	0
1	10	1	1	10	1
2	15	1	1	9	1
3	19	1	2	9	1
4	24	2	2	8	1
5	28	2	3	8	1
6	33	3	3	8	1
7	33	4	3	8	1
8	37	4	4	7	1
9	51	5	6	6	1
10	51	6	6	5	1
11	60	6	6	5	4
12	64	6	6	5	4
13	73	7	7	4	4
14	73	7	8	4	7
15	73	8	9	2	7
16	78	8	9	2	10
17	78	8	9	2	10
18	87	9	9	2	10
19	91	10	9	1	10
20	100	10	10	1	10

Напомним, что исходные (модифицированные) данные для расчета статистических моделей получены при помощи «excel-программы»:

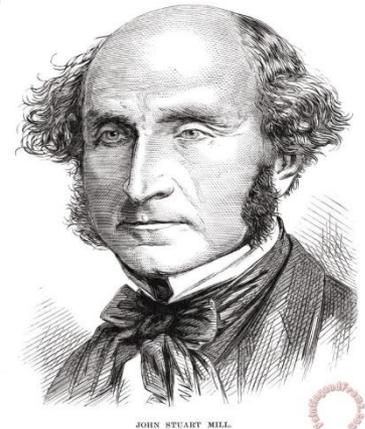
- ☐ для 20 опытов;
- ☐ входные факторы расположены в порядке их ранжирования;
- ☐ ранжирование факторов можно изменить;
- ☐ для каждого фактора указан характер влияния и расположения данных вариации этого ряда.

Фактор с обратной зависимостью

Логика доказательства причинных связей

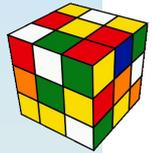
- В соответствии с теорией Милля, если между факторами есть взаимосвязь, то это означает наличие **одного из 4 возможных типов** причинных связей между зависимым и независимым фактором.
- Основой теории является оценка характеристики **необходимого** и (или) **достаточного** условия зависимости между рассматриваемыми факторами.
- Категории – из раздела математической логики.

- **Джон Стюарт Милль** (20.05.1806-8.05.1873, Лондон, Авиньон-Франция) британский философ, экономист и политический деятель. Приверженец философии либерализма. В книге «Система логики», 1843 г., Милль сформулировал типы и методы доказательства причинных связей.



Виды условий, логически связанных с суждением

- **Необходимое условие и достаточное условие**, «тогда, и только тогда, когда..» «в том, и только в том, случае, если...»
- Различие этих условий используется в математике и логике для обозначения видов связи суждений.
- **Необходимым условием** истинности утверждения называют условие, без соблюдения которого оно не может быть истинным.
- Суждение является необходимым условием, когда из истинности (ложности) одного следует истинность (ложность) другого.
- **Достаточным** называют такое условие, при соблюдении которого утверждение является истинным.
- Суждение является достаточным условием суждения, когда из истинности следует истинность, то есть в случае истинности одного проверять другое уже не требуется.



Типы связей независимых и зависимых событий

1. Является необходимым и достаточным условием

- входной фактор (x_1) вызывает появление выходного (y) при любом произвольном сочетании других факторов (x_i);
- но при том фактор y не может существовать без x_1 ;
- между факторами - функциональная связь.



2. Является достаточным, но не необходимым ...

- входной фактор (x_1) вызывает появление выходного (y) при любом произвольном сочетании других факторов (x_i);
- но при том фактор y может иногда появляться без x_1 ;
- следует выяснить альтернативные условия ($x_2, x_3...$)

Типы связей независимых и зависимых событий

3. Является необходимым, но не достаточным...

- отсутствие входного фактора (x_1) вызывает отсутствие выходного (y), но не при любом сочетании факторов (x_i);
- бывает, что фактор x_1 существует без y ;
- следует выяснить остальные условия для появления y , в состав которых может входить x_1 .



4. Не является необходимым и достаточным ...

- появление выходного фактора (y) может являться одним из возможных условий появления сочетания других факторов (x_i), включающих в себя фактор (x_1);
- при определенном сочетании с другими факторами (x_i) фактор x_1 вызывает появление выходного фактора (y), но при отсутствии x_1 в сочетании (x_i) – это вызывает отсутствие y ;
- следует выяснить необходимую группу ($x_1, x_2, x_3...$)

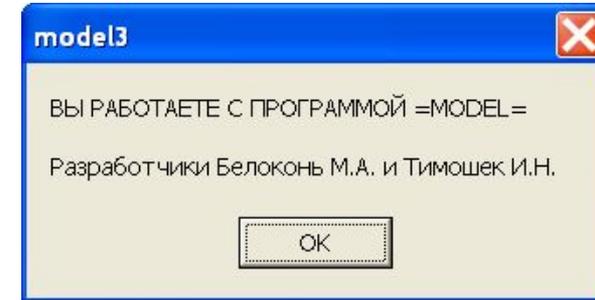
Условия ранжирования факторов (на примере загрузки ДНЦ)

№ п/п	Наименование фактора	Область изменения и единицы	Ранг	Взаимосвязи	необходимое	достаточное	не необходимое	не достаточное
1	Количество ж/д станций под управлением ДНЦ	5...15 станций	2	3	-	+	+	-
2	Эксплуат. интенсивность отказов систем автоматики	$3,5...6,7 \cdot 10^{-6}$ 1/час	6	1,3, 5, 6, 7	-	-	+	+
3	Нарушения нормальной работы ПС на единицу	0,8...0,9 кол-во/т.е.	3	2, 10	-	-	+	+
4	Уровень квалификации ДНЦ	31-55 балл.	4	-	-	+	+	-
5	Уровень автоматизации функций в смене	50...65 %	5	-	-	-	+	+
6	Транзитные грузовые поездов за смену	20...30 кол-во	1	2, 3, 4	+	+	-	-
7	Время ведения переговоров с машинистами и ДСП	4 - 5 час./см.	10	1, 2, 3, 4,6	+	-	-	+
8	Время организации маршрута 1 поезда по участку	20-30 мин.	9	1,2,4,5	+	-	-	+
9	Общее время ведения документации ДНЦ	40-90 мин.	11	1,3,4,5, 6	+	-	-	+
10	Погрузка вагонов на станциях участка	500-1000 ваг./см.	7	1,3	-	+	+	-
11	Количество предупреждений в смену	12-15 кол-во	8	-	-	-	+	+

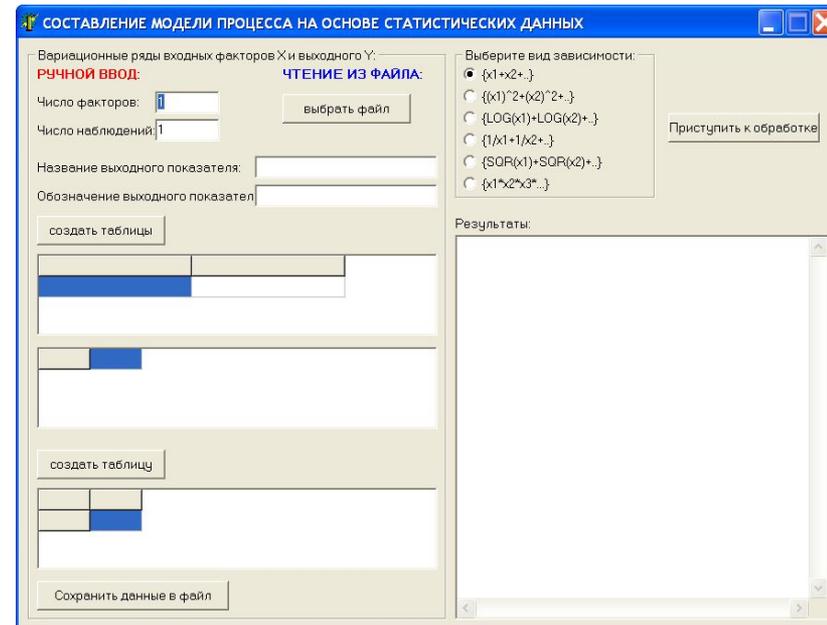
Чем выше установленный тип связи, тем выше присвоенный ранг

Использование программы «model 3»

1. Осуществляется запуск программы «Model3» (двойным кликом мышки), а при появлении информации.... нажимается клавиша «Enter».



2. При первой работе с программой используется команда «РУЧНОЙ ВВОД» исходных данных, полученных при помощи «excel-программы».
3. При повторном или последующем ее использовании – нажатием кнопки «ЧТЕНИЕ ИЗ ФАЙЛА» осуществляется расчет моделей.



Растет статистических моделей

Выполняется расчет параметров $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$
выполняется для каждого из **шести регрессионных уравнений** различного вида, а затем выбирается одно на основании четырех критериев выбора.

$$0 - \{a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n\}$$

$$1 - \{a_0 + a_1 (x_1)^2 + a_2 (x_2)^2 + \dots + a_n (x_n)^2\}$$

$$2 - \{a_0 + a_1 \text{Log}(x_1) + a_2 \text{Log}(x_2) + \dots + a_n \text{Log}(x_n)\}$$

$$3 - \left\{ a_0 + a_1 \frac{1}{x_1} + a_2 \frac{1}{x_2} + \dots + a_n \frac{1}{x_n} \right\}$$

$$4 - \{a_0 + a_1 \cdot \sqrt{x_1} + a_2 \sqrt{x_2} + \dots + a_n \sqrt{x_n}\}$$

$$5 - \{a_0 + a_1 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n\}$$

Примечание: для расчетов - запись « $(x)^2$ » $\equiv x^2$,
« $\text{Log}(x)$ » $\equiv \text{Ln}(x)$.

Критерии выбора лучшей модели

1. Соответствие характера влияния входных факторов:

- характер влияния определяется знаком, стоящим перед числовым коэффициентом при факторе с учетом вида модели и гипотезы поведения «↑↑», «↑↓»;
- для моделей вида 0, 1, 2 или 4 увеличение значений для каждого из входных факторов со знаком «+» должно приводить к такой же реакции выходного фактора, а со знаком «-» наоборот – к уменьшению.
- **исключением** является модель вида 3; реакция *выходного фактора* на изменение значений *входного фактора* **обратная**; при знаке «+» значения Y уменьшаются, а при знаке «-» повышаются;
- процедура выполняется для каждого фактора, а затем делается вывод для модели в целом;
- для модели вида 5 соответствие характера влияния не устанавливается; причина - его структура.

Пример анализа по критерию 1 (модель загрузки ДНЦ)

Исходная гипотеза характера и степени влияния входных факторов

$Z_{п}$	$N_{т}, \uparrow\uparrow$	$K_{s}, \uparrow\uparrow$	$\gamma_{a}, \uparrow\downarrow$	$P_{s}, \uparrow\uparrow$
...

Согласно исходной гипотезе - увеличение значений входных факторов $N_{т}$, K_{s} , P_{s} должно приводить к увеличению выходного фактора $Z_{п}$, а увеличение значений фактора γ_{a} - к снижению загрузки ДНЦ.

Утверждение справедливо для заданной области изменения факторов.

Проверим данную гипотезу для базовой линейной модели
0 - $Z_{п} = -1,949 + 5,99 \cdot (N_{т}) + 3,038 \cdot (K_{s}) + 0,698 \cdot (\gamma_{a}) + 0,613 \cdot (P_{s})$

для этого подставим в место входных факторов одинаковую величину из интервала $\{1;10\}$ и после каждого действия будем анализировать результат (в табличной форме)

~	a_0	$N_{т}, \uparrow\uparrow$	$K_{s}, \uparrow\uparrow$	$\gamma_{a}, \uparrow\downarrow$	$P_{s}, \uparrow\uparrow$
$Z_{п} (1)$	-1,949	$+(5,99 \cdot 1) \rightarrow 4,041$	$+(3,038 \cdot 1) \rightarrow 7,079$	$+(0,698 \cdot 1) \rightarrow 7,777$	$+(0,613 \cdot 1) \rightarrow 8,39$
$Z_{п} (2)$	-1,949	$+(5,99 \cdot 2) \rightarrow 10,031$	$+(3,038 \cdot 2) \rightarrow 16,107$	$+(0,698 \cdot 2) \rightarrow 17,503$	$+(0,613 \cdot 2) \rightarrow 18,729$
анализ	-	$\uparrow, \text{да}$	$\uparrow, \text{да}$	$\uparrow, \text{нет}$	$\uparrow, \text{да}$

Пример анализа по критерию 1 (модель загрузки ДНЦ)

Аналогично проведем анализ влияния факторов для остальных моделей

Проверим экспертную гипотезу для «квадратичного полинома»
1 - $Z_n = 53,35 + 0,403 \cdot (N_T)^2 + 0,055 \cdot (K_s)^2 - 0,439 \cdot (Y_a)^2 - 0,028 \cdot (P_s)^2$

~	a_0	$N_T, \uparrow\uparrow$	$K_s, \uparrow\uparrow$	$Y_a, \uparrow\downarrow$	$P_s, \uparrow\uparrow$
$Z_n (1)$	53,35	$+0,403 \cdot 1^2 \rightarrow 53,75$	$+0,055 \cdot 1^2 \rightarrow 53,81$	$-0,439 \cdot 1^2 \rightarrow 53,37$	$-0,028 \cdot 1^2 \rightarrow 53,34$
$Z_n (5)$	53,35	$+0,403 \cdot 5^2 \rightarrow 63,43$	$+0,055 \cdot 5^2 \rightarrow 64,8$	$-0,439 \cdot 5^2 \rightarrow 53,83$	$-0,028 \cdot 5^2 \rightarrow 53,13$
анализ	-	$\uparrow, \partial a$	$\uparrow, \partial a$	$\downarrow, \partial a$	$\downarrow, \text{нет}$

Проверим экспертную гипотезу «логарифмического полинома»
2 - $Z_n = 14,58 + 15,53 \cdot \ln(N_T) + 11,73 \cdot \ln(K_s) - 11,63 \cdot \ln(Y_a) + 8,45 \cdot \ln(P_s)$

~	a_0	$N_T, \uparrow\uparrow$	$K_s, \uparrow\uparrow$	$Y_a, \uparrow\downarrow$	$P_s, \uparrow\uparrow$
$Z_n (1)$	14,58	$+15,53 \cdot \ln(1) \rightarrow 14,58$	$+11,73 \cdot \ln(1) \rightarrow 14,58$	$-11,63 \cdot \ln(1) \rightarrow 14,58$	$+8,45 \cdot \ln(1) \rightarrow 14,58$
$Z_n (5)$	14,58	$+15,53 \cdot \ln(5) \rightarrow 39,52$	$+11,73 \cdot \ln(5) \rightarrow 58,39$	$-11,63 \cdot \ln(5) \rightarrow 39,68$	$+8,45 \cdot \ln(5) \rightarrow 53,28$
анализ	-	$\uparrow, \partial a$	$\uparrow, \partial a$	$\downarrow, \partial a$	$\uparrow, \partial a$



Пример анализа по критерию 1 (модель загрузки ДНЦ)

Проверим экспертную гипотезу «обратного полинома»-зеркало
3 - $Z_n = 74,52 - 43,86 \cdot 1/N_T - 48,65 \cdot 1/K_s + 64,53 \cdot 1/Y_a - 48,06 \cdot 1/P_s$

~	a_0	$N_T, \uparrow\downarrow$	$K_s, \uparrow\downarrow$	$Y_a, \uparrow\uparrow$	$P_s, \uparrow\downarrow$
$Z_n (2)$	74,52	-43,86/2 → 52,59	-48,65/2 → -28,27	+64,53/2 → 60,53	-48,06/2 → 36,49
$Z_n (5)$	74,52	-43,86/5 → 65,75	-48,65/5 → 56,02	+64,53/5 → 68,92	-48,06/5 → 59,31
анализ	-	↓, да	↓, да	↑, да	↓, да



Самостоятельно проверьте справедливость вывода для всех значений исследуемой области

Проверим экспертную гипотезу «полинома корня квадратного»
4 - $Z_n = -0,299 + 16,35 \cdot \sqrt{N_T} + 8,68 \cdot \sqrt{K_s} - 5,95 \cdot \sqrt{Y_a} + 6,12 \cdot \sqrt{P_s}$

~	a_0	$N_T, \uparrow\uparrow$	$K_s, \uparrow\uparrow$	$Y_a, \uparrow\downarrow$	$P_s, \uparrow\uparrow$
$Z_n (2)$	-0,299	+16,35*√(2) → 22,82	+8,68*√(2) → 35,09	-5,95*√(2) → 26,68	+6,11*√(2) → 35,32
$Z_n (5)$	-0,299	+16,35*√(5) → 36,26	+8,68*√(5) → 55,67	-5,95*√(5) → 42,36	+6,11*√(5) → 56,03
анализ	-	↑, да	↑, да	↓, да	↑, да



Критерии выбора лучшей модели

2. Соответствие степени влияния входных факторов:

- характер степени определяется величиной числового коэффициента при факторе с учетом вида модели и гипотезы ранжирования факторов в экспертной характеристике;
- для моделей вида 0,1,2,3 или 4 наиболее значимый фактор должен «вносить наибольший вклад» в величину выходного фактора, по этому располагаться на первом месте, а менее значимые – «меньший вклад» и располагаться к концу.
- удовлетворительным также считается результат, если коэффициент при факторах равны или отличаются до 3 %;
- процедура выполняется для каждого фактора, а затем делается вывод для модели в целом;
- для модели вида 5 соответствие степени влияния не устанавливается; причина - его структура.

Пример анализа по критерию 2 (модель загрузки ДНЦ)

Исходная гипотеза характера и степени влияния входных факторов

$Z_{п}$	$N_{т}, (1)$	$K_{s}, (2)$	$\gamma_{a}, (3)$	$P_{s}, (4)$
...

Входные факторы $N_{т}$, K_{s} , P_{s} и γ_{a} должны располагаться согласно исходной гипотезе их значимости (ранг). Самый большой коэффициент должен быть при $N_{т}$ и приводить к наибольшему изменению выходного фактора $Z_{п}$, не зависимо от характера изменения. Далее коэффициенты при K_{s} , P_{s} и γ_{a} должны последовательно уменьшаться.

Проверим данную гипотезу для базовой линейной модели
0 - $Z_{п} = -1,949 + 5,99 \cdot (N_{т}) + 3,038 \cdot (K_{s}) + 0,698 \cdot (\gamma_{a}) + 0,613 \cdot (P_{s})$

для этого подставим в место входных факторов одинаковую величину из интервала $\{1;10\}$, вычислим и сравним результат для всех элементов модели (см. таблицу)

~	$N_{т}, (1)$	$K_{s}, (2)$	$\gamma_{a}, (3)$	$P_{s}, (4)$
$Z_{п} (1)$	$5,99 \cdot 1 = 5,99$	$3,038 \cdot 1 = 3,038$	$0,698 \cdot 1 = 0,698$	$0,613 \cdot 1 = 0,613$
анализ	(1), да	(2), да	(3), да	(4), да



Пример анализа по критерию 2 (модель загрузки ДНЦ)

Аналогично проведем анализ влияния факторов для остальных моделей

Проверим экспертную гипотезу для «квадратичного полинома»
1 - $Z_{п} = 53,35 + 0,403 \cdot (N_{т})^2 + 0,055 \cdot (K_{с})^2 - 0,439 \cdot (Y_{а})^2 - 0,028 \cdot (P_{с})^2$

~	$N_{т}, (1)$	$K_{с}, (2)$	$Y_{а}, (3)$	$P_{с}, (4)$
$Z_{п} (5)$	$0,403 \cdot 5^2 = 10,075$	$0,055 \cdot 5^2 = 1,38$	$0,439 \cdot 5^2 = 10,97$	$0,028 \cdot 5^2 = 0,7$
анализ	(2), <i>нет</i>	(3), <i>нет</i>	(1), <i>нет</i>	(4), <i>да</i>

Проверим экспертную гипотезу «логарифмического полинома»
2 - $Z_{п} = 14,58 + 15,53 \cdot \ln(N_{т}) + 11,73 \cdot \ln(K_{с}) - 11,63 \cdot \ln(Y_{а}) + 8,45 \cdot \ln(P_{с})$

~	$N_{т}, (1)$	$K_{с}, (2)$	$Y_{а}, (3)$	$P_{с}, (4)$
$Z_{п} (1)$	$15,53 \cdot \ln(1) = 0$	$11,73 \cdot \ln(1) = 0$	$11,63 \cdot \ln(1) = 0$	$8,45 \cdot \ln(1) = 0$
$Z_{п} (5)$	$15,53 \cdot \ln(5) = 24,99$	$11,73 \cdot \ln(5) = 18,88$	$11,63 \cdot \ln(5) = 18,72$	$8,45 \cdot \ln(5) = 13,59$
анализ	(1), <i>да</i>	(2), <i>да</i>	(3), <i>да</i>	(4), <i>да</i>



Пример анализа по критерию 1 (модель загрузки ДНЦ)

Проверим экспертную гипотезу «обратного полинома»-зеркало
3 - $Z_n = 74,52 - 43,86 \cdot 1/N_T - 48,65 \cdot 1/K_s + 64,53 \cdot 1/Y_a - 48,06 \cdot 1/P_s$

~	N_T , (1)	K_s , (2)	Y_a , (3)	P_s , (4)
Z_n (2)	$43,86/(2) = 21,93$	$48,65/(2) = 24,33$	$64,53/(2) = 32,26$	$48,06/(2) = 24,03$
Z_n (5)	$43,86/(5) = 8,77$	$48,65/(5) = 9,73$	$64,53/(5) = 12,91$	$48,06/(5) = 9,61$
анализ	(4), <i>нет</i>	(2), <i>да</i>	(1), <i>нет</i>	(3), <i>нет</i>

Самостоятельно проверьте справедливость вывода для всех значений исследуемой области

Проверим экспертную гипотезу «полинома корня квадратного»
4 - $Z_n = -0,299 + 16,35 \cdot \sqrt{N_T} + 8,68 \cdot \sqrt{K_s} - 5,95 \cdot \sqrt{Y_a} + 6,12 \cdot \sqrt{P_s}$

~	N_T , (1)	K_s , (2)	Y_a , (3)	P_s , (4)
Z_n (2)	$16,35 \cdot \sqrt{2} = 23,12$	$8,68 \cdot \sqrt{2} = 12,28$	$5,95 \cdot \sqrt{2} = 8,42$	$6,11 \cdot \sqrt{2} = 8,64$
Z_n (5)	$16,35 \cdot \sqrt{5} = 36,55$	$8,68 \cdot \sqrt{5} = 19,41$	$5,95 \cdot \sqrt{5} = 13,31$	$6,11 \cdot \sqrt{5} = 13,66$
анализ	(1), <i>да</i>	(2), <i>да</i>	(4), <i>нет</i>	(3), <i>нет</i>

Критерии выбора лучшей модели

3. Соблюдение математических показателей:

- использование математических показателей оценки качества моделей согласно цели работы осуществляются после процедуры анализа выполнения 1 и 2 критериев и являются дополнительными;
- лучшей моделью принимается та, для которой значения расчетных коэффициентов множественной корреляции R^2 и R^2_m стремятся к максимальной величине - 1, но не превышают ее и не принимают отрицательные значения;
- к тому же значения статистики J_m должны принимать наименьшие относительные значений для полученных моделей.
- процедура выполняется для модели в целом.

Пример анализа по критерию 3 (модель загрузки ДНЦ)

Сведем всю полученную информацию об анализе по I и II критериям в таблицу и воспользуемся III критерием для выбора лучшей модели.

Вид модели	критерий		Математические показатели качества. Использование дополнительного критерия III		
	I	II	R^2	R_m^2	J_m
x	нет	да	0,9824 -	0,9777 -	421,65 -
x^2	нет	нет	0,9811 -	0,9761 -	453,10 -
$\ln(x)$	да	да	0,9806 да	0,9754 да	466,17 да
$1/x$	да	нет	0,978 -	0,972 -	512,59 -
\sqrt{x}	да	да	0,981 да	0,9763 да	449,60 да
$x \cdot x$	-	-	0,849	0,841	2645,5



5 шаг. Сравнение коэффициентов корреляции и статистики для моделей \sqrt{x} и $\ln(x)$ по критерию III позволяет сделать вывод, что лучшая модель – это «полином корня квадратного».

Критерии выбора лучшей модели

4. Простота использования:

- это дополнительный показатель для выбора итоговой модели;
- используется после процедуры анализа выполнения 1, 2 критериев или при получении примерно равных результатов по 3 критерию;
- основой оценки является трудоемкость расчетных действий при применении той или иной модели для оценки поведения выходного фактора, она должна быть минимальной;
- инструментарии для выполнения расчетов должны быть элементарными и доступными для пользователя;
- процедура может выполняться для 2 и более моделей.

Пример анализа по критерию 4 (модель загрузки ДНЦ)

Поместим всю полученную информацию анализа по I, II и III критериям в таблицу и воспользуемся IV критерием для выбора лучшей модели.

Вид модели	критерий		Математические показатели качества. Использование дополнительного критерия III		
	I	II	R^2	R_m^2	J_m
	х	нет	да	0,9824 -	0,9777 -
x^2	нет	нет	0,9811 -	0,9761 -	453,10 -
$\ln(x)$	да	да	0,9806 да	0,9754 да	466,17 да
$1/x$	да	нет	0,978 -	0,972 -	512,59 -
\sqrt{x}	да	да	0,981 да	0,9763 да	449,60 да
$x \cdot x$	-	-	0,849	0,841	2645,5



2 шаг. Применение обеих моделей \sqrt{x} и $\ln(x)$ без расчетного устройства пользователю сложно. Поэтому по критерию IV модели также равноценны. Но выбор должен остаться за одной. Это «полином корня квадратного».

Пример сводного анализа по четырем критериям

Вид модели (IV критерий)	критерий	Обозначение, коэффициенты уравнений при входных факторах и их характер влияния.										критерий	Математические показатели качества. Использование дополнительного критерия		
		Выполнение условий по основным критериям (I и II)											R ²	R ² _m	J _m
		a ₀	a ₁		a ₂		a ₃		a ₄						
	Nт,	↑↑	Ks,	↑↑	Ya,	↑↓	Ps,	↑↑							
x		-1,948	+5,991	+3,038	+0,698	+0,613						0,9824	0,9777	421,65	
	I		да	да	нет	да						-	-	-	
	II		да	да	да	да									
x ²		+53,36	+0,403	+0,055	-0,439	-0,029						0,9811	0,9761	453,10	
	I		да	да	да	нет						-	-	-	
	II		нет	нет	нет	да									
Ln(x)		+14,58	+15,53	+11,73	-11,63	+8,447						0,9806	0,9754	466,17	
	I		да	да	да	да						да	да	да	
	II		да	да	да	да									
1/x		+74,52	-43,86	-48,65	+64,53	-48,06						0,978	0,972	512,59	
	I		да	да	да	да						-	-	-	
	II		нет	да	нет	нет									
		-0,299	+16,35	+8,69	-5,945	+6,118						0,981	0,9763	449,60	
	I		да	да	да	да						да	да	да	
	II		да	да	да	да									
x·x		+25,17	+0,0214									0,849	0,841	2645,5	

Данную формой студент может воспользоваться для представления сводного анализа статистических моделей по четырем критериям.

Расчет статистических моделей. Пример 1

Выполняется расчет шести регрессионных уравнений различного вида для анализа грузооборота;

№ модели	Коэффициенты уравнений				Показатели качества		
	a_0	a_1 В, ↑↓	a_2 У, ↑↑	a_3 П, ↑↑	R^2	R^2_m	J_m
0	56,76	-4,106	+4,587	-1,324	0,9478	0,938	249,427
1	37,70	-0,132	+0,597	-0,0345	0,9533	0,9446	223,009
2	83,28	-31,60	+23,38	-8,844	0,9508	0,9415	235,115
3	41,32	+168,08	-113,49	+9,42	0,9463	0,9362	256,665
4	81,63	-23,32	+18,16	-7,613	0,9505	0,9412	236,556
5	14,87	0,1420	-	-	0,6696	0,6512	1285,946

Анализ статистических моделей и оценка полученного результата

Выбранное регрессионное уравнение подвергается элементарной проверке на адекватность соответствия исходным данным. Для этого:

- вместо переменных входных факторов в уравнении регрессии необходимо подставить данные одного из 20 опытов из таблицы «Исходные данные ...»:
- вычислить уравнение и определить величину выходного фактора (Y).
- рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\delta = \frac{|y_i^{\text{мод}} - y_i^{\text{дан}}|}{y_i^{\text{мод}}} \cdot 100\%$$

$y_i^{\text{мод}}$, $y_i^{\text{дан}}$ - значения выходного фактора, рассчитанные при помощи модели и взятые из таблицы исходных данных для i-ого опыта

Анализ статистических моделей и оценка полученного результата

Вместо переменных входных факторов в уравнении регрессии подставляются данные 14 опыта из таблицы «Исходные (модифицированные) данные для расчета модели», выполняется расчет уравнения и определяется величина выходного фактора (Γ):

$$\Gamma = 81,638 - 23,32 \sqrt{B} + 18,159 \sqrt{Y} - 7,613 \sqrt{П} = 55,01$$

Сравниваем полученную величину со значением выходного параметра для 14 опыта путем расчета относительной погрешности по формуле:

$$\delta = \frac{|55 - 56|}{55} \cdot 100\% = 1.7\%$$

Полученная погрешность удовлетворяет требованиям к точности инженерных расчетов.

Расчет статистических моделей. Пример 1

Выполняется расчет шести регрессионных уравнений различного вида для анализа загрузки ДНЦ;

№ модели	Коэффициенты уравнений					Показатели качества		
	a_0	a_1 Nт, ↑↑	a_2 Ks, ↑↑	a_3 Ya, ↑↓	a_4 Ps, ↑↑	R^2	R^2_m	J_m
0	-1,948	+5,991	+3,038	+0,698	0,613	0,9824	0,9777	421,65
1	+53,36	+0,403	+0,055	-0,439	-0,029	0,9811	0,9761	453,10
2	+14,58	+15,53	+11,73	-11,63	+8,447	0,9806	0,9754	466,17
3	+74,52	-43,86	-48,65	+64,53	-48,06	0,978	0,972	512,59
4	-0,299	+16,35	+8,69	-5,945	+6,118	0,981	0,9763	449,60
5	+25,17	+0,0214	-	-	-	0,849	0,841	2645,5

Основные причины, не позволяющие получить ожидаемый результат

1. Ошибки в расчетах при оценке адекватности модели (65%)

- в уравнение ошибочно подставляются значения не нормированных (модифицированных), а фактических данных или наоборот;
- допускаются различные ошибки в расчетах при выполнении математических действий (сложения, вычитания, деления, умножения, расчет функций).

2. Нарушение условий применения метода Гаусса (20%):

- в экспертной характеристике входных факторов установлены не все возможные взаимосвязи и в модели используются коррелируемые факторы;
- гипотеза вариационного ряда данных для расчета статистической модели не согласуется с условием нормального распределения.

Основные причины, не позволяющие получить ожидаемый результат

3. Неверная гипотеза о степени и характере влияния используемых факторах (10%):

- недостаточная обоснованность аргументов о значимости выбранных для процесса моделирования входных факторов;
- характер влияния факторов не соответствует их реальному поведению в рассматриваемых условиях причинно-следственных связей.

4. Некорректность применения метода Гаусса (10%):

- не решаемость поставленной задачи используемым методом ;
- задан большой интервал изменения фактора с несколькими экстремумами или фактор не имеет области изменения;
- некорректно задан вид (функция) модели;
- несогласованность используемых входных факторов.

Заключение к выполненной работе

1. Итоговое заключение в целом по работе формулируется на основании полученных результатов в каждом из разделов работы и обязательно должно отражать степень выполнения поставленных задач на пути достижения сформулированной цели:
 - в нем кратко излагаются как достигнутые основные результаты работы, так и нерешенные вопросы.
 - заключение не должно содержать ни чего того, что не касается выполняемых исследований;
 - не следует заимствовать результаты, полученных другими исследователями, если только это не относится к подтверждению либо опровержению

Заключение должно содержать:

- краткую характеристику актуальности выбранной тематики и степени ее изученности, а также личную мотивацию на ее выполнение;
- описание системы сбора (выбора) данных для проектирования модели;
- краткое описание вида и структуры полученной модели допущений, а также других особенностей, применяемых при проектировании;
- сравнительную характеристику значимости наиболее важных входных факторов модели на исследуемый результат, с учетом информации соответствия итогам экспертной характеристики;
- сформулированные предположения о практическом использовании проведенного исследования и полученной аналитической модели;
- перспективу продолжения работы по выбранной тематике;
- влияние на подготовку кадров и повышение квалификации оперативного персонала;
- влияние разработанного элемента малозатратной технологии на

ПРИМЕР :

- Проблема рационального нормирования расхода топлива для с учетом местных особенностей и условий организации движения поездов является одной из перспективных составляющих Программы развития железных дорог на среднесрочную перспективу.
- Процесс выбора структуры модели, расчета коэффициентов уравнения и критериев качества осуществляется с помощью программы “MODEL”, поэтапным анализом полученного результата, усложнением модели и перебором различных вариантов входных переменных.
- В основе сбора статистических данных лежит анализ маршрутов машинистов и скоростимерных лент на участке М. Горький - Морозовская.
- В результате проведенных расчетов и анализа получаемых различных структур модели, получена модель для целей прогнозирования месячного удельного расхода топлива депо с лучшими показателями качества:

ПРИМЕР :

- Анализ полученной модели позволяет сделать вывод, что наиболее влияющими факторами эксплуатационных затрат на организацию движения поездов на участке М. Горький – Морозовская являются участковая скорость и количество остановок поездов из-за запрещающих показаний светофоров как на перегонах, так и при приеме на станции.
- Структура модели степень влияния входных факторов полностью совпадает предшествующей гипотезе и экспертной характеристике.
- Относительная погрешность расчетов по модели, составляющая не более 3,5 % для различных значений из вариативной области;
- она может быть использована в эксплуатационной работе депо станции М.Горький для нормирования потребления электрической энергии на тягу поездов в нечетном направлении.
- Для внедрения полученной модели в производственный процесс необходимо проведение обучающих семинаров для теплотехника депо и машинистов электровозов.
- Ее внедрение не повлияет на изменение общей технологии перевозочной работы, а только дополнит процесс нормирования

Успехов в экспертизе!

- Вопросы, пожелания и предложения можно задавать и высказывать:
- *очно* – на учебных занятиях по расписанию и на еженедельных консультациях в пятницу в аудитории А 205 с 15.25 до 16.00;
- *письменно* - timoshek@rgups.ru



ЗАДАНИЕ!

1. Изучить лекцию № 8;
2. Выполнить расчет параметров 6 моделей.
3. Выбрать лучшую модель для темы исследования. Сделать вывод, используя 4 критерия и адекватность результата.
4. Сформулировать заключение по работе.