

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Учебно-методическое пособие



УДК 664, 681.5.017

Разработка и реализация модели на основе экспертных оценок / В.А. Балюбаш, Ю.Г. Стегаличев, С.Е. Алёшичев, М.Б. Абугов: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 58 с.

Приведены методические указания по выполнению лабораторной работы «Разработка и реализация модели на основе экспертных оценок», тексты программ «*EXPERT-2*», «*RTMOD*» и другие материалы.

Предназначено для студентов специальности 220301, а также бакалавров и магистрантов направления 220700 очной формы обучения.

Рецензенты: доктор техн. наук, проф. А.Г. Новоселов; кандидат техн. наук, доц. В.Б. Данин

Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом Института холода и биотехнологий



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013

© Балюбаш В.А., Стегаличев Ю.Г., Алёшичев С.Е., Абугов М.Б., 2013

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В учебно-методическом пособии рассматривается методика разработки и реализации математического описания (модели), определяющего зависимость одного из показателей качества (отклика) $Z(a)$ от группы факторов технологического процесса: возмущающих воздействий на процесс $X(\gamma)$ и $Y(j)$. Исходными данными для реализации модели являются результаты опроса экспертов-специалистов, или результаты разницы, отсюда и название – рейтинговая модель.

Данная модель используется в тех случаях, когда аналитический или экспериментальный метод получения математического описания зависимости отклика от влияющих на него факторов затруднён.

Основные этапы создания рейтинговой модели:

1. Параметрический анализ технологического процесса.
2. Подготовка и проведение экспертизы.
 - 2.1. Разработка формы и содержания опросных карт.
 - 2.2. Подготовка группы экспертов.
 - 2.3. Проведение опроса.
3. Математическая обработка результатов экспертизы в целях получения рейтинговых оценок влияния факторов $X(\gamma)$ и $Y(j)$ на исследуемый отклик $Z(a)$.
4. Выбор вида математической зависимости (рейтинговой модели):

$$Z(a) = f(X(\gamma), Y(j))$$

или при переходе к единой индексации влияющих факторов для упрощения представления модели:

$$Z(a) = f(X(1), \dots, X(N)),$$

где $N = m + k$.

5. Определение коэффициентов модели с использованием в качестве исходных данных рейтинговых оценок влияния и ограничений на варьирование отклика $Z(a)$ и влияющих факторов $X(\gamma)$, $Y(j)$ и $Z(i)$.

6. Подготовка прикладной программы, реализующей операции вычисления ожидаемых значений отклика $Z(a)$ при варьировании факторов $X(\gamma)$ и $Y(j)$ в процессе решения задачи оптимизации.

ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРТИЗЫ

В прил. 1 приведен пример реализации второго этапа создания рейтинговой модели применительно к технологическому процессу приготовления смеси мороженого. В качестве анализируемого отклика $Z(a)$ рассматривается оценка (в баллах) вкуса мороженого $Z(6)$. Исследуется влияние на вкус мороженого следующих факторов:

управляющих воздействий $Y(j)$ – количества отдельных компонентов сырья – молока, сливок, масла и других, закладываемых в смесь согласно рецептуре (управляющие воздействия на технологический процесс);

неуправляемых воздействий $X(j)$ – характеристики состава отдельных компонентов сырья (жира, СОМО, сахара и др.).

Карты приведены в прил. 1. Форма карты предусматривает оценку отклонений отклика $dZ(a)$ в зависимости от отклонений влияющих факторов $X(\gamma)$ и $Y(j)$ от номинальных значений $X_{\text{ном}}(\gamma)$ и $Y_{\text{ном}}(j)$.

Технологические требования, состав компонентов, номинальные значения параметров приняты по ГОСТ Р 52175–2003 «Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия (с Изменением № 1)» [1]. Анализ ГОСТа показал, что для большинства факторов $Y(j)$ (дозировка компонентов) допускается варьирование численных значений, но не заданы ограничения на диапазон их варьирования.

Опросная карта экспертов о влиянии факторов на вкус мороженого предусматривает получение мнений экспертов-специалистов по данному вопросу.

Группа экспертов должна включать не менее пяти человек. Каждый эксперт заполняет опросную карту в соответствии с формулировкой задачи, руководствуясь собственным опытом либо проводя индивидуальные эксперименты. Пример карты, заполненной одним из экспертов, приведён в табл. 1 прил. 1.

Результаты опроса экспертов оформляются в виде сводной таблицы оценок экспертов по каждому вопросу. В табл. 2 прил. 1 приведен пример сводной таблицы проставленных пятью экспертами оценок влияния восьми параметров – управляющих воздействий $X(1) – X(8)$ на отклик $Z(6)$ – вкус мороженого. Оценки могут быть положительными (улучшение вкуса) и отрицательными (ухудшение вкуса). В сводной таблице приведены два массива данных. Массив «*a*» содержит оценки отклонения вкуса (в баллах) при положительных отклонениях от номинального значения каждого из влияющих параметров, массив «*b*» – отклонения вкуса (в баллах) при отрицательных отклонениях тех же параметров.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТИЗЫ

Математическая обработка результатов опроса экспертов осуществляется с использованием специальной программы «*EXPERT-2*», текст которой приведен в прил. 2. Каждый из массивов сводной таблицы («*a*» и «*b*») обрабатывается по программе «*EXPERT-2*» отдельно. Обработка результатов экспертизы с помощью программы «*EXPERT-2*» позволяет применять методы математической статистики для снижения влияния существенных промахов («ошибок») оценок отдельных экспертов на результат и оценивать согласованность мнений экспертов. С алгоритмом обработки результатов экспертизы и математическим обеспечением этой задачи можно ознакомиться в тексте программы, приведенной в прил. 2, где имеются комментарии ко всем операциям преобразования информации.

В программе «*EXPERT-2*» выполняются следующие операции по обработке результатов экспертизы:

1) определение коэффициента «компетентности» каждого эксперта по доле его «ошибок» в сумме «ошибок» всех экспертов при оценке всех факторов;

2) корректировка оценки, данной экспертом в опросной карте каждому фактору, с учетом величины и знака ошибки (отклонение данной оценки от среднеарифметического значения оценки всеми экспертами), а также с учетом коэффициента «компетентности» данного эксперта.

Для корректировки оценок экспертов программа выполняет такие операции:

1) вычисляет сумму оценок i -го фактора, выставленных всеми экспертами:

$$R_i = \sum_{\beta=1}^M q(\beta, i),$$

где i – номер оцениваемого фактора; M – число экспертов; β – номер эксперта; $q(\beta, i)$ – единичный ранг (оценка) i -го фактора β -м экспертом;

2) определяет среднеарифметическую оценку i -го фактора всеми экспертами:

$$C(i) = \frac{R(i)}{M};$$

3) корректирует среднеарифметическую оценку с помощью поправки на «компетентность» эксперта, для чего определяет:

– «ошибку» – отклонение оценки i -го фактора β -м экспертом от средней оценки данного фактора всеми экспертами (может быть положительным и отрицательным числом):

$$\Delta(\beta, i) = C_i - q(\beta, i);$$

– сумму «ошибок» β -го эксперта по всем факторам:

$$\sigma(\beta) = \sum_{i=1}^N ABS[\Delta(\beta, i)],$$

где N – число факторов;

– сумму «ошибок» всех экспертов:

$$\sigma = \sum_{\beta=1}^M \sigma(\beta);$$

– коэффициент «компетентности» β -го эксперта (для «ошибок» β -го эксперта в совокупности «ошибок» всех экспертов):

$$V(b) = \frac{\sigma(\beta)}{\sigma}.$$

Скорректированная оценка β -м экспертом i -го фактора с поправкой на «компетентность» определяется уравнением

$$qV(b, i) = q(\beta, i) + \Delta(\beta, i) V(\beta, i).$$

Скорректированная оценка i -го фактора (среднеарифметическое значение по скорректированным оценкам всех экспертов)

$$R_i = \frac{\sum_{\beta=1}^M qV(\beta, i)}{M}.$$

Численные значения $R(i)$ используются на следующих этапах разработки модели в качестве рейтинговых оценок $r1(i)$ и $r2(i)$ степени влияния фактора $X(i)$ на отклик $Z(a)$.

В программе также предусмотрена процедура статистической оценки степени согласованности мнений экспертов, позволяющая по коэффициенту конкордации $W(i)$ и критерию Пирсона χ^2 выбрать решение – принимать или не принимать результаты экспертизы из-за существенного расхождения мнений экспертов.

Количественная оценка согласованности мнений группы экспертов о ранговой оценке каждого фактора производится по энтропии распределения мест, присвоенных экспертами i -му фактору:

$$H(i) = \sum_{q=1}^L \frac{n(q, i)}{M} \lg \frac{n(q, i)}{M},$$

где L – максимальное значение рейтинговой оценки (для шкалы оценок $0...5$ значение $L = 5$, для шкалы $-5...0...+5$ значение $L = 10$); $n(q, i)$ – число экспертов, которые поставили i -му фактору ранг (оценку) q .

Степень согласованности мнений экспертов по i -му фактору оценивается коэффициентом согласованности

$$W_i = 1 - \frac{H(i)}{H_{\max}(i)}.$$

Максимальная мера рассогласованности мнений экспертов $H_{\max}(i)$ будет иметь место в том случае, если равное число экспертов присвоило i -му фактору все численные значения рангов от 1 до L , т. е. $n(1, i) = n(2, i) = \dots = n(L, i) = M/L$. В этом случае энтропия определяется уравнением

$$H_{\max} i = \sum_{q=1}^M \frac{M}{L} \lg \frac{M}{M}.$$

Для оценки вероятности появления ошибочных результатов экспертизы по всем факторам необходимо оценить вероятность случайного характера мнений экспертов. Для такой оценки определяют информационный коэффициент конкордации:

$$W u = 1 + \frac{\sum_{i=1}^N H(i)}{\sum_{i=1}^N H_{\max}(i)} = \frac{N \lg L + \sum_{i=1}^N H(i)}{N \lg L},$$

где числитель – количество полученной в результате опроса информации; знаменатель – максимально возможное количество информации.

Значимость результатов экспертизы в целом определяется по критерию Пирсона.

По завершении работы программа «*EXPERT-2*» выдает таблицу результатов по форме табл. 1, приведенной в прил. 2.

Прежде чем использовать результаты для формирования рейтинговой модели, необходимо провести проверку достоверности результатов по критерию Пирсона:

$$\chi^2 = M(N-1)W(u).$$

Для оценки результатов экспертизы необходимо сравнить расчетные значения критерия Пирсона с предельным значением критерия, приведенным в статистических таблицах. Элемент такой таблицы приведен в табл. 2 прил. 2.

Расчетное значение критерия Пирсона выводится вместе с таблицей результатов (табл. 1 прил. 1). Если расчетное значение

критерия Пирсона χ^2 больше табличного значения критерия χ_t^2 , найденного по табл. 2 прил. 1 для числа степеней свободы $f = M - 1$ и уровня значимости α (например, $\alpha = 0,05$), то с вероятностью $p = 1 - \alpha$ можно утверждать, что согласованность мнений экспертов носит неслучайный характер, и результаты экспертизы принимаются. При $\chi^2 < \chi_t^2$ экспертизу требуется проводить заново.

ВЫБОР ВИДА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Формируемая модель предназначена для расчета отклонений отклика $Z(a)$ (в рассматриваемом примере – оценка (в баллах) вкуса мороженого) от номинального значения $Z_{\text{ном}}(a)$ при варьировании влияющих параметров $X(i)$, где $i = 1 \dots N$ (в рассмотренном примере – дозировка различных компонентов сырья в смесь). Оптимизационные расчеты с использованием модели предполагается проводить для налаженного технологического процесса, т. е. для такого режима, при котором, исходя из концепции нормального распределения варьируемых переменных, численные значения отклика $Z(a)$ и всех факторов $X(i)$ близки к среднему значению $Z_{\text{ном}}(a)$, $X_{\text{ном}}(i)$ (математическому ожиданию – МО) для диапазона варьирования каждой переменной:

$$Z_{\text{ном}}(a) = \text{МО} \{Z_{\text{min}}(a), Z_{\text{max}}(a)\};$$

$$X_{\text{ном}}(i) = \text{МО} \{X_{\text{min}}(i), X_{\text{max}}(i)\}.$$

При выборе вида модели также следует учитывать, что в реальном технологическом процессе диапазоны варьирования отклика $Z(a)$ и влияющих параметров $X(i)$ не могут быть большими.

С учетом изложенного можно реализовать модель в виде линейной алгебраической зависимости отклонений показателей качества отклика $dZ(a) = Z(a) - Z_{\text{ном}}(a)$ и отклонения от номинальных значений факторов $dX(i) = X(i) - X_{\text{ном}}(i)$. Доля влияния каждого параметра $X(i)$ на отклик $Z(a)$ будет определяться в этом уравнении коэффициентами веса, вычисленными на основании рейтинговых

оценок $r1(i)$, $r2(i)$ (см. табл. 1 прил. 1) и с учетом диапазонов варьирования каждой переменной. При практическом использовании такой модели следует учитывать знак отклонения от номинального значения влияющего параметра $\pm dX(i)$ и знак рейтинговой оценки дан-ного фактора $\pm r1(i)$, $\pm r2(i)$.

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЙТИНГОВОЙ МОДЕЛИ

Реализовать рейтинговую модель можно с помощью специальной программы «*RTMOD*», текст которой приведен в прил. 3.

Для реализации модели необходимо подготовить исходные данные для расчета в виде сводной таблицы результатов экспертного исследования объекта управления. Форма и пример заполнения такой таблицы приведены в табл. 1 прил. 3.

При реализации модели, а в дальнейшем – и при ее использовании, изменения всех возмущающих воздействий $X(i)$ переводят в приращения и выражают в относительной форме:

$$dX(i) = \frac{X(i) - X_{\text{ном}}(i)}{X_{\text{max}}(i) - X_{\text{min}}(i)}$$

Отметим, что значения рейтинговых оценок $r1(i)$, приведенных в табл. 1 прил. 3, будут соответствовать положительным отклонениям параметров $+dX(i)$, а $r2(i)$ – отрицательным отклонениям $-dX(i)$. Знак перед рейтинговой оценкой в таблице показывает направление отклонения отклика: $+r1(i)$ или $+r2(i)$ соответствуют смещению $Z(a)$ в сторону $Z_{\text{max}}(a)$ от номинального значения при данном отклонении параметра $dX(i)$; $-r1(i)$ или $-r2(i)$ соответствуют смещению $Z(a)$ в сторону $Z_{\text{min}}(a)$.

В связи с изложенным в таблицу исходных данных (см. табл. 1 прил. 3) кроме рейтинговых оценок включены значения номинальных и предельных значений отклика: $Z_{\text{ном}}(a)$, $Z_{\text{max}}(a)$, $Z_{\text{min}}(a)$, а также всех влияющих на отклик параметров: $X_{\text{ном}}(i)$, $X_{\text{max}}(i)$, $X_{\text{min}}(i)$.

Следует учесть, что в число параметров $X(i)$, влияющих на данный отклик $Z(a)$, могут входить переменные, имеющие разную

индексацию в основной программе: управляющие воздействия $Y(j)$, неуправляемые возмущения $X(\gamma)$ (пример параметрической схемы в прил. 4). Для получения модели универсального вида в табл. 2 прил. 3 предусмотрена графа «Обозначение». Все влияющие на отклик факторы в программе получают обозначение $X(i)$, где $i = 1 \dots N$.

Ввод исходных данных в программу «RTMOD» осуществляется в режиме диалога. После проверки правильности ввода по программе осуществляется расчет коэффициентов рейтинговой модели.

В процессе расчета от рейтинговых оценок $r1(i)$ и $r2(i)$ необходимо перейти к коэффициентам веса $d1(i)$, $d2(i)$, определяющим долю участия каждого фактора $dX(i)$ в суммарном воздействии на положительное отклонение отклика $Z(a)$ – коэффициент веса $d1(i)$ и отрицательное отклонение $Z(a)$ – коэффициент веса $d2(i)$. Переход к коэффициентам веса реализуется исходя из условия, что сумма коэффициентов веса всех параметров, вызывающих отклонение отклика $Z(a)$ в одну сторону, не должна превышать единицы.

Для перехода к коэффициентам веса определяют сумму всех положительных рейтинговых оценок:

$$A1 = \sum_{i=1}^N +r1(i) + \sum_{i=1}^N +r2(i) ,$$

и сумму всех отрицательных рейтинговых оценок:

$$B1 = \sum_{i=1}^N -r1(i) + \sum_{i=1}^N -r2(i) .$$

При суммировании учитывается, что отклонение параметра $dX(i)$ не может быть одновременно положительным и отрицательным. При совпадении знаков $r1(i)$ и $r2(i)$ в сумму $A1$ или $B1$ добавляется наибольшее по абсолютной величине численное значение ранга.

Численные значения коэффициентов веса:

$$d1\ i = \frac{r1(i)}{A1}, \text{ если } r1\ i > 0;$$

$$d1\ i = \frac{r1(i)}{B1}, \text{ если } r1\ i < 0;$$

$$d2\ i = \frac{r2(i)}{A1}, \text{ если } r2\ i > 0;$$

$$d2\ i = \frac{r2(i)}{B1}, \text{ если } r2\ i < 0.$$

Следующим этапом реализации модели является определение масштабных коэффициентов $K1$ и $K2$. Масштабные коэффициенты определяют, исходя из условия, что совокупное максимальное воздействие всех параметров $X(i)$, вызывающих положительное отклонение отклика, не должно приводить к численному значению отклика более $Z_{\max}(a)$ (для $K1$), а совокупное действие факторов, вызывающих отрицательное отклонение отклика, не должно приводить к значению отклика менее $Z_{\min}(a)$ (для $K2$).

Затем определяются предельные отклонения параметров $X(i)$ в положительную сторону:

$$hX1\ i = \frac{X_{\max}\ i - X_{\text{ном}}\ i}{X_{\max}\ i - X_{\min}\ i};$$

в отрицательную сторону:

$$hX2\ i = \frac{X_{\text{ном}}\ i - X_{\min}\ i}{X_{\max}\ i - X_{\min}\ i}.$$

Потом вычисляется положительный эффект воздействия на отклик $Z(a)$ при максимальном отклонении каждого параметра $X(i)$:

$$a2(i) = a1(i)hX1(i), \text{ если } r1(i) > 0, r2(i) < 0;$$

$$a2(i) = a2(i)hX2(i), \text{ если } r1(i) < 0, r2(i) > 0;$$

$$a2(i) = \max [a1(i)hX1(i), a2(i)hX2(i)], \text{ если } r1(i) > 0, r2(i) > 0.$$

Тогда суммарное положительное воздействие всех параметров

$$A2 = \sum_{i=1}^N a2_i .$$

Далее вычисляется отрицательный эффект воздействия на отклик при максимальном отклонении параметра $X(i)$:

$$b2(i) = a1(i)hX1(i), \text{ если } r1(i) > 0, r2(i) < 0;$$

$$b2(i) = a2(i)hX2(i), \text{ если } r1(i) < 0, r2(i) > 0;$$

$$b2(i) = \min [a1(i)hX1(i), a2(i)hX2(i)], \text{ если } r1(i) > 0, r2(i) > 0.$$

Тогда суммарное отрицательное воздействие всех параметров

$$B2 = \sum_{i=1}^N b2_i .$$

Численные значения масштабных коэффициентов:

– для положительного отклонения отклика

$$K1 = \frac{Z_{\max} a - Z_{\text{ном}} a}{A2} ;$$

– для отрицательного отклонения отклика

$$K2 = \frac{Z_{\text{ном}} a - Z_{\min} a}{B2} .$$

Значения коэффициентов веса $d1(i)$, $d2(i)$ и масштабных коэффициентов K_1 и K_2 используются в качестве коэффициентов рейтинговой модели.

Ожидаемое численное значение отклика рассчитывается по уравнению

$$Z(a) = Z_{\text{ном}}(a) + Z1(a) - Z2(a),$$

где, в свою очередь, поправка, увеличивающая численное значение отклика при отклонении параметров,

$$Z1(a) = K1 \sum [a1(i)e1(i) + a2(i)e2(i)],$$

а поправка, уменьшающая численное значение отклика при отклонении параметров,

$$Z2(a) = K2 \sum [f1(i)e1(i) + f2(i)e2(i)].$$

В этих уравнениях:

– при отклонении параметров в положительную сторону [$dX(i) > 0$]

$$E1 i = dX i \text{ и } E2 i = 0;$$

– при отклонении параметров в отрицательную сторону [$dX(i) < 0$]

$$E1 i = 0 \text{ и } E2 i = dX i .$$

Численные значения коэффициентов веса $a1(i)$, $a2(i)$, $f1(i)$, $f2(i)$ в расчетных уравнениях формируются в зависимости от направления воздействия $X(i)$ на отклик $Z(a)$, что определяется знаком и рейтинговой оценки $r1(i)$ и $r2(i)$.

Если отклик, по оценкам экспертов, отклоняется в сторону $Z_{\max}(a)$ при отклонениях $X(i)$ как в положительную ($Z1(i) > 0$), так и в отрицательную ($Z2(i) > 0$) сторону, то в расчетное уравнение подставляют

$$a1 i = d1 i , a2 i = d2 i , f1 i = 0, f2 i = 0.$$

Если отклонения $X(i)$ в любом направлении вызывают снижение отклика в сторону $Z_{\min}(a)$ и при этом оценки $r1(i) < 0$ и $r2(i) < 0$, то необходимо принять

$$a1 i = d1 i , a2 i = d2 i , f1 i = 0, f2 i = 0).$$

Если рейтинговые оценки $r1(i) > 0$ и $r2(i) < 0$, то назначаются коэффициенты

$$a1\ i = d1\ i , a2\ i = 0, f1\ i = 0, f2\ i = d2\ i .$$

Если рейтинговые оценки $r1(i) > 0$ и $r2(i) > 0$, то необходимо принять

$$a1\ i = 0, a2\ i = d2\ i , f1\ i = d1\ i , f2\ i = 0.$$

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ МОДЕЛИ

Результаты, полученные при использовании программы «*RTMOD*», сводятся в две таблицы. В первой таблице (пример – табл. 1 прил. 3) приводятся результаты экспертизы, использованные в расчете. В этой таблице содержатся ограничения на диапазоны варьирования отклика $Z(a)$ и параметров $X(i)$ и рейтинговые оценки $r1(i)$ и $r2(i)$. Во второй таблице (пример – табл. 2 прил. 3) приводятся результаты расчета коэффициентов модели, которые необходимо использовать в процессе оптимизационных расчетов.

Программа «*RTMOD*» предусматривает также возможность проверки реализованной модели на конкретных примерах. Проверка производится вводом в программу в режиме диалога различных сочетаний численных значений параметров $X(i)$ и анализа рассчитанных программой значений $Z(a)$.

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

По структурно-параметрической схеме, изучаемой студентом, технологической операции выбирается один показатель качества $Z(a)$, отклонения которого от нормы целесообразно оценивать в баллах или процентах (например, вкус, цвет, структурно-механические характеристики, характеристики экологической опасности и т. п.).

Анализируется параметрическая схема для выбранной технологической операции (аналогично представленной схеме прил. 4).

Разрабатываются форма и содержание опросных карт экспертов по типу представленных на листах табл. 1 прил. 1.

Определяется группа экспертов из пяти человек (например из числа студентов), каждому из которых вручается комплект карт для ответа на поставленные в картах вопросы.

Составляется сводная таблица оценок (рангов), проставленных всеми экспертами, по типу табл. 2 прил. 1.

Производится обработка результатов опроса с использованием программы «*EXPERT-2*». После запуска программа «*EXPERT-2*» работает в режиме диалога. В программу вводятся исходные данные из табл. 2 прил. 1. Данные вводятся отдельными массивами для расчета рейтинговых оценок степени влияния $r1(i)$, затем $r2(i)$ и при необходимости $X_{\max}(i)$, а затем $X_{\min}(i)$.

Производится проверка достоверности результатов экспертизы по каждому обрабатываемому массиву. Анализируются численные значения степени согласованности мнений экспертов по каждому фактору (последняя графа в табл. 1 прил. 1). Если $W(i) < 0,5$, то экспертизу по i -му фактору следует повторить. Анализируются расчетные значения критерия Пирсона (нижняя строка в табл. 1 прил. 1). Расчетное значение критерия сравнивают с предельным значением критерия, найденным по табл. 2 прил. 1. Если $\chi^2 \leq \chi^2_{\tau}$, то по данному массиву экспертизу необходимо провести заново.

Составляется сводная таблица результатов экспертизы технологической операции по типу табл. 1 прил. 3.

Рассчитываются коэффициенты рейтинговой модели с использованием программы «*RTMOD*». Программа работает в режиме диалога. В программу вводятся данные из табл. 1 прил. 3.

Производится проверка результатов функционирования реализованной рейтинговой модели. Не закрывая программу «*RTMOD*», необходимо заказать операцию «Пример» и ввести в режиме диалога численные значения влияющих факторов $X(i)$, выбранные произвольным образом из диапазона варьирования.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по работе должен содержать:

- краткое описание технологической операции с обоснованием необходимости разработки рейтинговой модели;
- параметрическую схему исследуемой операции, анализ диапазонов варьирования отклика, формулировку вопросов к экспертам;
- комплект опросных карт (см. табл. 1, 2 прил. 1), заполненных экспертами, и сводные таблицы оценок (см. табл. 2 прил. 1);
- распечатки результатов обработки оценок экспертов по отдельным массивам программой «*EXPERT-2*» (см. табл. 1 прил. 2);
- результаты проверки достоверности экспертизы, вывод о целесообразности дальнейшего использования результатов;
- сводную таблицу результатов экспертизы технологической операции (см. табл. 1 прил. 3);
- результаты расчета коэффициентов рейтинговой модели программой «*RTMOD*» в виде распечатки (см. прил. 3);
- результаты проверки функционирования реализованной рейтинговой модели для одного-двух вариантов сочетаний параметров $X(i)$ и анализ этих результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52175–2003. Мороженое молочное, сливочное и пломбир. Технические условия (с Изменением № 1). – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 40 с.
2. Технологические процессы и производства: Учеб. пособие / М.Б. Абугов, С.Е. Алёшичев, В.А. Балюбаш, Ю.Г. Стегаличев. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 93 с.
3. Справочник по производству мороженого / Ю.А. Оленев, А.А. Творогова, Н.В. Казакова, Л.Н. Соловьёва – М.: ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
4. **Стегаличев Ю.Г., Балюбаш В.А., Замарашкина В.Н.** Технологические процессы пищевых производств. Структурно-параметрический анализ объектов управления: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 254 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Опросная карта экспертной оценки влияния отклонений параметров технологической операции приготовления смеси на вкус мороженого

Формулировка задачи

Просим вас оценить в баллах степень изменения показателя качества (отклик) – *вкуса мороженого типа пломбир* при отклонении от номинальных значений параметров технологического процесса, перечисленных в графе 1 табл. 1. Номинальные значения варьируемых параметров, указанные в графе 2 табл. 1, соответствуют требованиям технологической инструкции на производство мороженого типа пломбир.

Просим вас при оценке степени влияния рассмотреть возможность отклонения варьируемого параметра как в положительную, так и в отрицательную сторону от номинального значения.

В графе 3 табл. 1 указаны варианты уровней отклонения данного возмущающего воздействия (в процентах) от номинального значения.

В заголовках граф 4–14 табл. 1 указаны уровни оценки степени влияния данного возмущения на отклик при отклонении данного возмущения на величину, указанную в соответствующей строке графы 3.

Просим вас провести выбор оценки влияния варьируемых параметров на вкус мороженого. Эксперт осуществляет выбор из набора вариантов, приведенных в графах 4–14 таблицы.

Оценка осуществляется проставлением условного значка (крест) в графе, соответствующей одному из вариантов оценки степени влияния (графы 4–14 таблицы), в строке, определяющей, по вашему мнению, предельно допустимый уровень отклонения данного фактора в положительную и отрицательную стороны.

Эксперт: _____ Дата: _____
(подпись) (Ф.И.О)

Таблица 1

Оценка отклонения вкуса мороженого

| Возмущения (параметры, влияющие на вкус мороженого) | | | Отклик (поправка) в баллах к численному значению показателя качества (оценка вкуса мороженого) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|--|--|-------------|-------------|------|------------|-----------------|------------|------|-------------|-------------|--------|--|
| Наименование параметра | Номинальное значение | Отклонение от номинального значения, % | Вкус ухудшается | | | | | Вкус улучшается | | | | | | |
| | | | Сильно | Значительно | Существенно | Мало | Очень мало | Не влияет | Очень мало | Мало | Существенно | Значительно | Сильно | |
| | | | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 | +4 | +5 | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
| Количество молока коровьего цельного сухого в смеси (жира – 3,2 %; СОМО – 8,1 %) | 48 кг на 100 кг смеси | +20 | | | | | | | | | | | | |
| | | +15 | | | | | | | | | | | | |
| | | +10 | | | | | | | | | | | | |
| | | +5 | | | | | | | | | | | | |
| | | +2,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | -2,5 | | | | | | | | | | | | |
| | | -5 | | | | | | | | | | | | |
| X(1) – см. прил. 4 | | -15 | | | | | | | | | | | | |
| | | -20 | | | | | | | | | | | | |

**Сводная таблица оценки экспертов (в баллах) влияния отклонения
возмущающего воздействия на отклонение вкуса мороженого**

| Фактор | Массив «a» при $dX(i) = X(i) - X_{ном}(i) > 0$ | | | | | Массив «b» при $dX(i) = X(i) - X_{ном}(i) < 0$ | | | | |
|--------|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| | Эксперт | | | | | Эксперт | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $X(i)$ | | | | | | | | | | |
| $X(1)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| $X(2)$ | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 | 5 | 1 | 3 | 5 | 5 |
| $X(3)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| $X(4)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| $X(5)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| $X(6)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| $X(7)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| $X(8)$ | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Приложение 2

Текст программы «*EXPERT-2*»

```
' Экспертиза 2.0 * (c)1995-1999 * Каф. АиАПП СПбГАХИТ
'-----
DECLARE SUB Init () 'инициализация переменных
DECLARE SUB StartScreen () 'стартовый экран
DECLARE SUB InputData () 'ввод данных
DECLARE SUB Calculate () 'расчет
DECLARE SUB ShowResult () 'результаты на дисплей
DECLARE SUB PrintResult () 'результаты на принтер
DECLARE SUB EndProgram () 'завершение программы
DECLARE SUB ShowInfo (Info$) 'информационная строка
DECLARE SUB ErrorMessage () 'сообщение об ошибке при вводе
DIM SHARED MaxM AS INTEGER 'максимальное количество
факторов (индекс J)
DIM SHARED MaxN AS INTEGER 'максимальное количество
экспертов (индекс I)
DIM SHARED MaxL AS INTEGER 'максимальное количество
уровней оценки
DIM SHARED MinusMaxL AS INTEGER 'ограничение по отриц.
шкале оценок
MaxM = 15: MaxN = 10: MaxL = 5: MinusMaxL = -5
DIM SHARED M 'количество факторов
DIM SHARED N 'количество экспертов
DIM SHARED L 'количество уровней оценки (1 <= L <= MaxL)
DIM SHARED MinusL ' MinusL = L - 2 * L
DIM SHARED LC, RC, BlankStr$, ProgName$, CopyRight$
DIM SHARED ScCode ' вид шкалы: 1 -/+, 2 +
DIM SHARED KofKonk, KritPirs 'коэф. конкордации, критерий
Пирсона
DIM SHARED Q(1 TO MaxM, 1 TO MaxN) AS INTEGER 'оценки
экспертов
DIM SHARED QV(1 TO MaxM, 1 TO MaxN) 'скорректированные
оценки экспертов
DIM SHARED R(1 TO MaxM) 'сумма оценок каждого фактора
```

DIM SHARED R1(1 TO MaxM) 'сумма скорректированных оценок
DIM SHARED C(1 TO MaxM) 'ср. оценка каждого фактора всеми экспертами
DIM SHARED Delta(1 TO MaxM, 1 TO MaxN) 'ошибка оценки j-го фактора i-м экспертом
DIM SHARED DeltaOneExp(1 TO MaxN) 'сумма ошибок i-го эксперта по всем факторам
DIM SHARED V1(1 TO MaxN) 'коэффициент компетентности i-го эксперта по САЗ
DIM SHARED SigmaOneExp(1 TO MaxN) 'среднеквадратичная ошибка i-го эксперта
DIM SHARED C1(1 TO MaxM) 'оценки факторов с коррекцией по компетентности (САЗ)
DIM SHARED H(1 TO MaxM) 'энтропия распределения оценок
DIM SHARED W(1 TO MaxM) 'степень согласованности экспертов

CLS

MenuCode = 1

DO

SELECT CASE MenuCode

CASE 1

Init

StartScreen

InputData

Calculate

ShowResult

CASE 2

PrintResult

CASE 3

EndProgram

END SELECT

LOCATE 23, 1

COLOR 15: PRINT "1 "; : COLOR 3: PRINT "Повторить ввод ";

```

COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "2 "; : COLOR 3: PRINT "Печатать результаты ";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "3 "; : COLOR 3: PRINT "Выход "
COLOR 14: PRINT STRING$(50, "—");
COLOR 15

```

```

DO
LOCATE 25, 1: PRINT STRING$(70, " ");
LOCATE 25, 1: INPUT ; "Ваш выбор: ", MenuCode$
IF (VAL(MenuCode$) < 1) OR (VAL(MenuCode$) > 3) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(MenuCode$) >= 1) AND (VAL(MenuCode$) <= 3)

```

```

MenuCode = VAL(MenuCode$)

```

```

LOOP

```

```

SUB Calculate

```

```

'Расчет

```

```

DIM NQ(1 TO MaxM, 1 TO MaxL)
DIM NQ1(1 TO MaxM, MinusMaxL TO MaxL)

```

```

' Вычисление суммы рангов j-го фактора [R(J)]

```

```

FOR J = 1 TO M
R(J) = 0
FOR I = 1 TO N
R(J) = R(J) + Q(J, I)
NEXT I
NEXT J

```

```

'Вычисление относительной значимости j-го фактора [C(J)]

```

```

FOR J = 1 TO M
C(J) = R(J) / N
NEXT J

```

```

' Отклонение оценки i-го эксперта Q от средней C [Delta(J,I)]

```

```

FOR J = 1 TO M

```

```

FOR I = 1 TO N
'так было: Delta(J, I) = ABS(C(J) - Q(J, I))
Delta(J, I) = C(J) - Q(J, I)
NEXT I
NEXT J

' Сумма ошибок i-го эксперта [DeltaOneExp(I)]
FOR I = 1 TO N
DeltaOneExp(I) = 0
FOR J = 1 TO M
' так было: DeltaOneExp(I) = DeltaOneExp(I) + Delta(J, I)
DeltaOneExp(I) = DeltaOneExp(I) + ABS(Delta(J, I))
NEXT J
NEXT I

' Сумма ошибок всех экспертов [DeltaAllExp]
DeltaAllExp = 0
FOR I = 1 TO N
DeltaAllExp = DeltaAllExp + DeltaOneExp(I)
NEXT I

' Коэффициент компетентности i-го эксперта по САЗ [V1(I)]
FOR I = 1 TO N
IF DeltaAllExp <> 0 THEN
V1(I) = DeltaOneExp(I) / DeltaAllExp
ELSE
V1(I) = 0
END IF
NEXT I

' Вычисление относительной значимости j-го фактора с ' поправкой
на компетентность экспертов [C1(J)]:

FOR J = 1 TO M
R1(J) = 0
FOR I = 1 TO N
QV(J, I) = Q(J, I) + Delta(J, I) * V1(I) 'коррекция оценок

```

```
R1(J) = R1(J) + QV(J, I)
NEXT I
C1(J) = R1(J) / N
NEXT J
```

' Определение числа экспертов, присвоивших j-му фактору ранг Rang
[NQ(Rang)]

```
FOR J = 1 TO M
SELECT CASE ScCode
CASE 1
FOR Rang = MinusL TO L STEP 1
NQ1(J, Rang) = 0
NEXT Rang
CASE 2
FOR Rang = 1 TO L
NQ(J, Rang) = 0
NEXT Rang
END SELECT
NEXT J
```

```
FOR J = 1 TO M
SELECT CASE ScCode
CASE 1
FOR Rang = MinusL TO L STEP 1
FOR I = 1 TO N
IF Q(J, I) = Rang THEN
NQ1(J, Rang) = NQ1(J, Rang) + 1
END IF
NEXT I
NEXT Rang
CASE 2
```

```
FOR Rang = 1 TO L
FOR I = 1 TO N
IF Q(J, I) = Rang THEN
NQ(J, Rang) = NQ(J, Rang) + 1
END IF
```

```

NEXT I
NEXT Rang
END SELECT
NEXT J

' Вычисление энтропии распределения оценок, присвоенных
' j-му фактору всеми N экспертами [H(J)]
FOR J = 1 TO M
H(J) = 0
SELECT CASE ScCode
CASE 1
FOR Rang = MinusL TO L STEP 1
IF NQ1(J, Rang) <> 0 THEN
Lg = LOG(NQ1(J, Rang) / N) / LOG(10)
H(J) = H(J) + NQ1(J, Rang) / N * Lg
END IF
NEXT Rang
CASE 2
FOR Rang = 1 TO L
IF NQ(J, Rang) <> 0 THEN
Lg = LOG(NQ(J, Rang) / N) / LOG(10)
H(J) = H(J) + NQ(J, Rang) / N * Lg
END IF
NEXT Rang

END SELECT
NEXT J

' Вычисление максимальной энтропии [HMax]
SELECT CASE ScCode

CASE 1
Lg = LOG(1 / (2 * L + 1)) / LOG(10)
CASE 2
Lg = LOG(1 / L) / LOG(10)
END SELECT
HMax = Lg

```

```

' Вычисление коэффициента согласованности [W(J)]
FOR J = 1 TO M
W(J) = 1 - H(J) / HMax
NEXT J

' Вычисление коэффициента конкордации [KofKonk]:
SumH = 0
FOR J = 1 TO M
SumH = SumH + H(J)
NEXT J
SELECT CASE ScCode
CASE 1
Lg = LOG(2 * L + 1) / LOG(10)
CASE 2
Lg = LOG(L) / LOG(10)
END SELECT
KofKonk = (M * Lg + SumH) / (M * Lg)

' Вычисление критерия Пирсона [KritPirs]
KritPirs = N * (M - 1) * KofKonk

END SUB

SUB EndProgram
COLOR 7, 0
CLS
LOCATE 24
PRINT ProgName$

PRINT CopyRight$
PRINT "Разработчики: Стегаличев Ю.Г., Поляков Р.И."
SYSTEM
END SUB

SUB ErrorMsg
FOR I% = 440 TO 1000 STEP 10

```

```
SOUND I%, I% / 20000
NEXT I%
END SUB
```

```
SUB Init
LC = 1 'крайний левый столбец экрана
RC = 79 'крайний правый столбец экрана
BlankStr$ = "" 'Пустая строка для информации и подсказок
FOR k = LC TO RC
BlankStr$ = BlankStr$ + " "
NEXT k
ProgName$ = "ЭКСПЕРТИЗА V2.0"
CopyRight$ = "(с)1995-1999, Каф. АиАПП СПб НИУ ИТМО ИХБТ"
END SUB
```

```
SUB InputData
' Ввод исходных данных с клавиатуры

DO
CLS
ShowInfo ("Выберите вид шкалы оценок")
LOCATE 3: COLOR 14, 0: PRINT "Код Описание"
PRINT STRING$(60, "—")
COLOR 15: PRINT " 1 ";
COLOR 2: PRINT "Двунаправленная шкала оценок: ";
COLOR 10, 0: PRINT "-Qmax |---| 0 |---| +Qmax"
COLOR 2, 0: PRINT " В качестве оценок допустимы целые положительные"

PRINT " и отрицательные числа (включая 0) в диапазоне (-Qmax...+Qmax)."
PRINT
COLOR 15: PRINT " 2 ";
COLOR 2: PRINT "Положительная шкала оценок: ";
COLOR 10, 0: PRINT "0 |---| +Qmax":
COLOR 2, 0: PRINT " В качестве оценок допустимы целые положительные"
```

```

PRINT "   числа в диапазоне (1...+Qmax)."
COLOR 14: PRINT STRING$(60, "—")
LOCATE CSRLIN + 1: COLOR 15
INPUT "Введите код шкалы: ", ScCode$
IF (VAL(ScCode$) <> 1) AND (VAL(ScCode$) <> 2) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(ScCode$) = 1) OR (VAL(ScCode$) = 2)
ScCode = VAL(ScCode$)

DIM Help$(3)
Help$(1) = "Допустимые значения: (2..." + LTRIM$(STR$(MaxN)) +
)"
Help$(2) = "Допустимые значения: (2..." + LTRIM$(STR$(MaxM)) +
)"
Help$(3) = "Максимальное значение: " + STR$(MaxL)
DIM S$(3)
S$(1) = "   Количество экспертов: "
S$(2) = "   Количество факторов: "
S$(3) = "Количество уровней оценки: "
DIM Min(3), Max(3), X$(3)
Min(1) = 2: Max(1) = MaxN
Min(2) = 2: Max(2) = MaxM
Min(3) = 1: Max(3) = MaxL

CLS
ShowInfo ("Введите исходные данные")

FOR k = 1 TO 3

LOCATE 10: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 10: COLOR 2: PRINT Help$(k): COLOR 15
DO
LOCATE 3 + k: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 3 + k: PRINT S$(k); : INPUT "", X$(k)
IF (VAL(X$(k)) < Min(k)) OR (VAL(X$(k)) > Max(k)) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(X$(k)) >= Min(k)) AND (VAL(X$(k)) <= Max(k))
LOCATE 3 + k: COLOR 7
PRINT S$(k); X$(k)

```

```
NEXT k
```

```
N = VAL(X$(1))
```

```
M = VAL(X$(2))
```

```
L = VAL(X$(3))
```

```
FOR J = 1 TO M 'факторы
```

```
CLS
```

```
ShowInfo ("Введите оценки экспертов")
```

```
LOCATE 16: COLOR 2: PRINT "Допустимые значения: целые числа в диапазоне";
```

```
SELECT CASE ScCode
```

```
CASE 1
```

```
MinusL = L - 2 * L
```

```
PRINT " ("; LTRIM$(STR$(MinusL)); "..."; LTRIM$(STR$(L)); "),  
включая 0"
```

```
CASE 2
```

```
PRINT " (1..."; LTRIM$(STR$(L)); ")"
```

```
END SELECT
```

```
LOCATE 3: COLOR 14: PRINT "Фактор ";
```

```
COLOR 15: PRINT LTRIM$(STR$(J))
```

```
COLOR 14: PRINT STRING$(20, "—")
```

```
COLOR 15
```

```
FOR I = 1 TO N 'эксперты
```

```
SELECT CASE ScCode
```

```
CASE 1
```

```
DO
```

```
LOCATE 4 + I: PRINT STRING$(78, " ")
```

```
LOCATE 4 + I: PRINT "Эксперт "; LTRIM$(STR$(I)); ": ";
```

```
INPUT "", Qstr$
```

```
IF (VAL(Qstr$) < MinusL) OR (VAL(Qstr$) > L) THEN ErrorMessage
```

```

LOOP UNTIL (VAL(Qstr$) >= MinusL) AND (VAL(Qstr$) <= L)
CASE 2
DO
LOCATE 4 + I: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 4 + I: PRINT "Эксперт "; LTRIM$(STR$(I)); ": ";
INPUT "", Qstr$
IF (VAL(Qstr$) < 1) OR (VAL(Qstr$) > L) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(Qstr$) >= 1) AND (VAL(Qstr$) <= L)
END SELECT

LOCATE 4 + I: COLOR 7: PRINT "Эксперт "; LTRIM$(STR$(I)); ": ";
Qstr$
Q(J, I) = VAL(Qstr$)
COLOR 15

NEXT I

NEXT J

COLOR 7, 0

END SUB

SUB PrintResult

' Вывод на принтер

LOCATE 25, 1: PRINT STRING$(70, " ");
LOCATE 25, 1: PRINT "Вывод на принтер...";

LPRINT " Экспертиза 2.0 ";
LPRINT DATE$; " "; TIME$

LPRINT "-----+-----"
LPRINT " Номер |          Оценки"
LPRINT " фактора |          экспертов"
LPRINT "-----+-----"

```

```

FOR J = 1 TO M
LPRINT USING " ## |"; J;
FOR I = 1 TO N - 1
LPRINT USING " +#"; Q(J, I);
NEXT I
LPRINT USING " +#"; Q(J, N)

NEXT J
LPRINT

LPRINT "-----+-----+-----+-----"
LPRINT " Номер | Средняя оценка | Средняя оценка | Степень"
LPRINT " фактора | (C0) | с поправкой (C1) | согл."
LPRINT "-----+-----+-----+-----"

FOR J = 1 TO M
LPRINT USING " ## |"; J;
LPRINT USING " +#.### |"; C(J);
LPRINT USING " +#.### |"; C1(J);
LPRINT USING " #.#"; W(J)
NEXT J

LPRINT "-----+-----+-----+-----"
LPRINT USING "Критерий Пирсона: ###.##"; KritPirs

END SUB

```

```

SUB ShowInfo (Info$)
' Вывод информационной строки
LOCATE 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$
LOCATE 1, LC + 1
PRINT Info$
LOCATE 1, RC - LEN(ProgName$)
COLOR 14
PRINT ProgName$

```

```
COLOR 7, 0
END SUB
```

```
SUB ShowResult
```

```
' Вывод результатов на дисплей
```

```
CLS
```

```
ShowInfo ("Результаты расчета")
```

```
'Шаблон таблицы
```

```
' Номер | Средняя оценка | Средняя оценка | Степень
```

```
' фактора | (C0) | с поправкой (C1) | согл.
```

```
'-----+-----+-----+-----
```

```
' XX | -X.XXX | -X.XXX | X.X
```

```
' 3 9 15 26 33 45 49
```

```
P = 10
```

```
T1$ = " | | |"
```

```
T2$
```

```
"■-----|-----|-----="
```

```
T3$
```

```
"■-----|-----|-----="
```

```
LOCATE 3, P + 1: COLOR 9: PRINT T1$: COLOR 14
```

```
LOCATE 3, P + 2: PRINT "Номер"
```

```
LOCATE 3, P + 11: COLOR 7: PRINT "Средняя оценка": COLOR 14
```

```
LOCATE 3, P + 29: PRINT "Средняя оценка"
```

```
LOCATE 3, P + 47: PRINT "Степень"
```

```
LOCATE 4, P + 1: COLOR 9: PRINT T1$: COLOR 14
```

```
LOCATE 4, P + 1: PRINT "фактора"
```

```
LOCATE 4, P + 16: COLOR 7: PRINT "(C0)": COLOR 14
```

```
LOCATE 4, P + 28: PRINT "с поправкой (C1)"
```

```
LOCATE 4, P + 48: PRINT "согл."
```

```
LOCATE 5, P - 1: COLOR 9: PRINT T2$
```

```

FOR J = 1 TO M
LOCATE 5 + J, P + 1: COLOR 9: PRINT T1$: COLOR 15
LOCATE 5 + J, P + 3: PRINT LTRIM$(STR$(J))

LOCATE 5 + J, P + 15: COLOR 7: PRINT USING "+#.###"; C(J):
COLOR 15
LOCATE 5 + J, P + 33: PRINT USING "+#.###"; C1(J)
LOCATE 5 + J, P + 49: PRINT USING "#.#"; W(J)
NEXT J
LOCATE CSRLIN, P - 1
COLOR 9: PRINT T3$
LOCATE CSRLIN, P + 1
COLOR 14: PRINT "Критерий Пирсона: ";
COLOR 15: PRINT USING "###.##"; KritPirs

END SUB

```

```

SUB StartScreen

```

```

SHARED LC, RC, ProgName$, CopyRight$, BlankStr$
DIM L$(11)
CLS
LOCATE 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$
LOCATE 1, LC + 1
PRINT CopyRight$
LOCATE 1, RC - LEN(ProgName$)
COLOR 14
PRINT ProgName$
COLOR 9, 0

```

```

FOR k = 1 TO 11
Raw = k + 2
Col = 41 - LEN(L$(k)) / 2
LOCATE Raw, Col
PRINT L$(k)

```

```

NEXT k
LOCATE CSRLIN + 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$;
LOCATE CSRLIN, LC + 1
PRINT "Нажмите любую клавишу"
COLOR 7, 0
WHILE INKEY$ = "": WEND
END SUB

```

Таблица 1

Результаты расчета по программе «*EXPERT-2*»

| Номер параметра | Средняя оценка (C0) | Средняя оценка с поправкой | Степень согласованности (R) |
|-----------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | -2,400 | -2,582 | 0,4 |
| 2 | -2,600 | -2,694 | 0,3 |
| 3 | -0,800 | -0,909 | 0,6 |
| 4 | +2,000 | +1,933 | 0,6 |
| 5 | -0,800 | -0,887 | 0,5 |
| 6 | -0,800 | -0,924 | 0,4 |
| 7 | +0,200 | +0,065 | 0,3 |
| 8 | -0,200 | -0,316 | 0,3 |

Критерий Пирсона – 26,81.

**Значения квантилей для критерия χ^2 в зависимости от числа степеней
свободы f и вероятности α**

| f | $1 - \alpha = 0,005$ | $1 - \alpha = 0,01$ | $1 - \alpha = 0,02$ | $1 - \alpha = 0,05$ |
|-----|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 7,88 | 6,63 | 5,41 | 3,84 |
| 2 | 10,59 | 9,21 | 7,82 | 5,99 |
| 3 | 12,84 | 11,35 | 9,84 | 7,81 |
| 4 | 14,86 | 13,28 | 11,67 | 9,49 |
| 5 | 16,75 | 15,09 | 13,39 | 11,07 |
| 6 | 18,19 | 16,81 | 15,03 | 12,59 |
| 7 | 20,28 | 18,48 | 16,62 | 14,07 |
| 8 | 21,96 | 20,09 | 18,17 | 14,79 |
| 9 | 23,59 | 21,67 | 19,68 | 16,92 |
| 10 | 25,19 | 23,21 | 21,16 | 18,31 |
| 11 | 26,76 | 24,73 | 22,62 | 18,99 |
| 12 | 28,30 | 26,22 | 24,05 | 21,03 |
| 13 | 29,82 | 27,69 | 25,47 | 22,36 |
| 14 | 31,32 | 29,14 | 26,87 | 23,69 |
| 15 | 32,8 | 30,58 | 28,26 | 24,99 |
| 16 | 34,27 | 32,00 | 29,63 | 26,69 |
| 17 | 35,72 | 33,41 | 30,99 | 27,59 |
| 18 | 37,16 | 34,81 | 32,35 | 28,87 |
| 19 | 38,58 | 36,19 | 33,69 | 30,14 |
| 20 | 39,99 | 37,57 | 35,02 | 31,41 |
| 21 | 41,4 | 38,93 | 36,34 | 32,67 |
| 22 | 42,79 | 40,29 | 37,66 | 33,92 |
| 23 | 44,18 | 41,64 | 38,97 | 35,17 |
| 24 | 45,56 | 42,98 | 40,27 | 36,42 |
| 25 | 46,93 | 44,31 | 41,57 | 37,63 |
| 26 | 48,29 | 45,64 | 42,86 | 38,89 |
| 27 | 49,65 | 46,96 | 44,14 | 40,11 |
| 28 | 50,99 | 48,2 | 45,42 | 41,34 |
| 29 | 52,34 | 49,59 | 46,69 | 42,56 |
| 30 | 53,67 | 50,89 | 47,96 | 43,77 |

Текст программы «RTMOD»

```
' Рейтмодель * (с)1999-2000 * Каф. АиАПП НИУ ИТМО ИХиБТ

DECLARE SUB Init () 'инициализация переменных
DECLARE SUB StartScreen () 'стартовый экран
DECLARE SUB InputData () 'ввод данных
DECLARE SUB ShowInput () 'проверка ввода
DECLARE SUB Calculate () 'расчет
DECLARE SUB ShowResult () 'результаты на дисплей
DECLARE SUB Primer () 'пример расчёта
DECLARE SUB PrintResult () 'результаты на принтер
DECLARE SUB EndProgram () 'завершение программы
DECLARE SUB ShowInfo (Info$) 'информационная строка
DECLARE SUB ErrorMessage () 'сообщение об ошибке при вводе
DIM SHARED MaxN AS INTEGER 'максимальное количество фак-
торов (индекс i)
DIM SHARED MaxRM AS INTEGER 'максимальное положительное
значение рейтинга
DIM SHARED MaxRL AS INTEGER 'максимальное отрицательное
значение рейтинга
MaxN = 10: MaxRM = 5: MaxRL = -5
DIM SHARED N 'количество факторов(1<=N<=MaxN)
DIM SHARED ZMAX 'максимальное значение отклика
DIM SHARED ZNOM 'номинальное значение отклика
DIM SHARED ZMIN 'минимальное значение отклика
DIM SHARED K1 'масштабный коэффициент для положительного
смещения отклика
DIM SHARED K2 'масштабный коэффициент для отрицательного
смещения отклика
DIM SHARED LC, RC, BlankStr$, ProgName$, CopyRight$
DIM SHARED R1(1 TO MaxN) 'рейтинг при положительном откло-
нении фактора
DIM SHARED R2(1 TO MaxN) 'рейтинг при отрицательном откло-
нении фактора
DIM SHARED X$(1 TO MaxN) 'обозначение фактора
```

DIM SHARED XI(1 TO MaxN) 'индекс фактора
 DIM SHARED XMAX(1 TO MaxN) 'максимальное значение фактора
 DIM SHARED XNOM(1 TO MaxN) 'номинальное значение фактора
 DIM SHARED XMIN(1 TO MaxN) 'минимальное значение фактора
 DIM SHARED dx(1 TO MaxN) 'отклонение фактора от номинала
 DIM SHARED hx1(1 TO MaxN) 'предельное положительное отклонение фактора
 DIM SHARED hx2(1 TO MaxN) 'предельное отрицательное отклонение фактора
 DIM SHARED d1(1 TO MaxN) 'коэффициент веса в суммарном влиянии на отклик 'при положительном отклонении фактора
 DIM SHARED d2(1 TO MaxN) 'коэффициент веса в суммарном влиянии на отклик 'при отрицательном отклонении фактора
 DIM SHARED c1(1 TO MaxN) 'коэффициент регрессии при положительном отклонении 'фактора (+dx(i)), вызывающем увеличение расчётного значения отклика (+z1)
 DIM SHARED c2(1 TO MaxN) 'коэффициент регрессии при отрицательном отклонении 'фактора (-dx(i)), вызывающем увеличение расчётного значения отклика (+z1)
 DIM SHARED f1(1 TO MaxN) 'коэффициент регрессии при положительном отклонении 'фактора (+dx(i)), вызывающем уменьшение расчётного значения отклика (-z2)
 DIM SHARED f2(1 TO MaxN) 'коэффициент регрессии при отрицательном отклонении 'фактора (-dx(i)), вызывающем уменьшение расчётного значения отклика (-z2)

CLS

MenuCode = 1

DO

SELECT CASE MenuCode

CASE 1

Init

StartScreen

InputData

ShowInput

```
CASE 2
Calculate
ShowResult
```

```
CASE 3
Primer
CASE 4
PrintResult
CASE 5
EndProgram
END SELECT
```

```
LOCATE 23, 1
COLOR 15: PRINT "1 "; : COLOR 3: PRINT "Повторить ввод ";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "2 "; : COLOR 3: PRINT "Расчёт";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "3 "; : COLOR 3: PRINT "Пример";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "4 "; : COLOR 3: PRINT "Печать";
COLOR 9: PRINT "■ ";
COLOR 15: PRINT "5 "; : COLOR 3: PRINT "Выход"
```

```
COLOR 14: PRINT STRING$(50, "—");
COLOR 15
```

```
DO
LOCATE 25, 1: PRINT STRING$(70, " ");
LOCATE 25, 1: INPUT ; "Ваш выбор: ", MenuCode$
```

```
IF (VAL(MenuCode$) < 1) OR (VAL(MenuCode$) > 5) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(MenuCode$) >= 1) AND (VAL(MenuCode$) <= 5)
```

```
MenuCode = VAL(MenuCode$)
```

```
LOOP
```

SUB Calculate

'Расчет

' Вычисление суммы рейтинговых оценок всех факторов, вызывающих положительное (сумма A1) и отрицательное (сумма B1) отклонения отклика

A1 = 0: B1 = 0

FOR i = 1 TO N

IF R1(i) > 0 AND R2(i) < 0 THEN A1 = A1 + R1(i)

IF R1(i) < 0 AND R2(i) > 0 THEN B1 = B1 + R1(i)

IF R2(i) < 0 AND R1(i) > 0 THEN B1 = B1 + R2(i)

IF R2(i) > 0 AND R1(i) < 0 THEN A1 = A1 + R2(i)

IF R1(i) > 0 AND R2(i) > 0 AND R1(i) > R2(i) THEN A1 = A1 + R1(i)

IF R1(i) > 0 AND R2(i) > 0 AND R1(i) < R2(i) THEN A1 = A1 + R2(i)

IF R1(i) < 0 AND R2(i) < 0 AND R1(i) < R2(i) THEN B1 = B1 + R1(i)

IF R1(i) < 0 AND R2(i) < 0 AND R1(i) > R2(i) THEN B1 = B1 + R2(i)

NEXT i

' Вычисление коэффициентов веса каждого фактора в суммарном влиянии на отклик ' при положительном (коэффициент d1(i)) и отрицательном (коэффициент d2(i)) ' отклонениях факторов

FOR i = 1 TO N

IF R1(i) > 0 THEN d1(i) = R1(i) / A1 ELSE d1(i) = R1(i) / B1

IF R2(i) > 0 THEN d2(i) = R2(i) / A1 ELSE d2(i) = R2(i) / B1

NEXT i

' Вычисление предельных значений отклонений факторов в положительную hx1(i) ' и отрицательную hx2(i) стороны

FOR i = 1 TO N

hx1(i) = (XMAX(i) - XNOM(i)) / (XMAX(i) - XMIN(i))

hx2(i) = (XNOM(i) - XMIN(i)) / (XMAX(i) - XMIN(i))

NEXT i

' Масштабирование диапазона изменения расчетных значений отклика zmin<zr<zmax.

' Рассчитывается совокупное воздействие на отклик z всех факторов при их ' предельном отклонении hx1(i) и hx2(i). Суммируется эффект

воздействия $d1(i)*hx1(i)$ или $d2(i)*hx2(i)$, вызывающий положительное отклонение z (сумма $A2$) и отрицательное отклонение z (сумма $B2$). При этом учитывается, что одновременно отклонения $hx1(i)$ и $hx2(i)$ возникать не могут, при совпадении знаков $R1(i)$ и $R2(i)$ в сумму $A2$ или $B2$ добавляется максимальный по абсолютной величине эффект

$A2 = 0; B2 = 0$

FOR $i = 1$ TO N

IF $R1(i) > 0$ AND $R2(i) < 0$ THEN $A2 = A2 + d1(i) * hx1(i)$

IF $R1(i) < 0$ AND $R2(i) > 0$ THEN $B2 = B2 + d1(i) * hx1(i)$

IF $R2(i) < 0$ AND $R1(i) > 0$ THEN $B2 = B2 + d2(i) * hx2(i)$

IF $R2(i) > 0$ AND $R1(i) < 0$ THEN $A2 = A2 + d2(i) * hx2(i)$

NEXT i

FOR $i = 1$ TO N

IF $R1(i) > 0$ AND $R2(i) > 0$ AND $d1(i) * hx1(i) > d2(i) * hx2(i)$ THEN

$A2 = A2 + d1(i) * hx1(i)$

IF $R1(i) > 0$ AND $R2(i) > 0$ AND $d1(i) * hx1(i) < d2(i) * hx2(i)$ THEN

$A2 = A2 + d2(i) * hx2(i)$

IF $R1(i) < 0$ AND $R2(i) < 0$ AND $d1(i) * hx1(i) < d2(i) * hx2(i)$ THEN

$B2 = B2 + d1(i) * hx1(i)$

IF $R1(i) < 0$ AND $R2(i) < 0$ AND $d1(i) * hx1(i) > d2(i) * hx2(i)$ THEN $B2$

$= B2 + d2(i) * hx2(i)$

NEXT i

' Расчёт масштабных коэффициентов, ограничивающих расчётное значение отклика ' при положительном его отклонении - $K1$ и при отрицательном отклонении - $K2$:

$K1 = (ZMAX - ZNOM) / A2$

$K2 = (ZNOM - ZMIN) / B2$

' Реализация модели.

' Ожидаемое численное значение отклика рассчитывают по уравнению: $z_i = z_0 + z_1 - z_2$, ' где z_1 - суммарная положительная поправка к номинальному значению отклика ' z_0 при положительных $e1(i) = +dx(i)$ или отрицательных $e2(i) = ABS(-dx(i))$ ' отклонениях факторов, z_2 - тоже отрицательная суммарная поправка.

' Поправка, увеличивающая значение отклика, определяется уравнением:

```

' z1=K1*СУММ(c1(i)*e1(i)+c2(i)*e2(i)).
' Поправка, уменьшающая значение отклика, определяется урав-
нением:
' z2=K2*СУММ(f1(i)*e1(i)+f2(i)*e2(i)).
' Определение численных значений коэффициентов модели.
FOR i = 1 TO N
IF R1(i) > 0 AND R2(i) > 0 THEN c1(i) = d1(i): c2(i) = d2(i): f1(i) = 0:
f2(i) = 0
IF R1(i) < 0 AND R2(i) < 0 THEN f1(i) = d1(i): f2(i) = d2(i): c1(i) = 0:
c2(i) = 0
IF R1(i) > 0 AND R2(i) < 0 THEN c1(i) = d1(i): f2(i) = d2(i): f1(i) = 0:
c2(i) = 0
IF R1(i) < 0 AND R2(i) > 0 THEN c2(i) = d2(i): f1(i) = d1(i): c1(i) = 0:
f2(i) = 0

NEXT i
END SUB

SUB EndProgram
COLOR 7, 0
CLS
LOCATE 24
PRINT ProgName$
PRINT CopyRight$
PRINT "Разработчики: Стегаличев Ю.Г., Поляков Р.И."
SYSTEM
END SUB

SUB ErrorMsg
FOR i% = 440 TO 1000 STEP 10
SOUND i%, i% / 20000
NEXT i%
END SUB

SUB Init
LC = 1 'крайний левый столбец экрана
RC = 79 'крайний правый столбец экрана

```

```

BlankStr$ = "" 'Пустая строка для информации и подсказок
FOR k = LC TO RC
BlankStr$ = BlankStr$ + " "
NEXT k
ProgName$ = "Рейтинговая модель"
CopyRight$ = "(с)1999-2000, Каф. АиАПП СПбУНиПТ"
END SUB

```

```

SUB InputData

```

```

' Ввод исходных данных с клавиатуры

```

```

' DO

```

```

CLS

```

```

ShowInfo ("Введите исходные данные")

```

```

PRINT STRING$(60, "—")

```

```

COLOR 15: PRINT " 1  ";

```

```

COLOR 2: INPUT "Укажите число факторов, исследованных при
экспертизе: ", N

```

```

COLOR 15: PRINT " 2  ";

```

```

COLOR 2: INPUT "Введите номинальное значение отклика zном :",
ZNOM

```

```

COLOR 15: PRINT " 3  ";

```

```

COLOR 2: INPUT "Введите максимальное значение отклика zmax :",
ZMAX

```

```

COLOR 15: PRINT " 4  ";

```

```

COLOR 2: INPUT "Введите минимальное значение отклика zmin :",
ZMIN

```

```

COLOR 14: PRINT STRING$(60, "—")

```

```

DIM Help$(7)

```

```

Help$(1) = "Допустимые обозначения: (буквы, например x,y,z)"

```

```

Help$(2) = "Допустимые обозначения: (числа от 1 до 9)"

```

```

Help$(3) = "Номинальное значение для x(i),y(i),z(i). Размерность до
###.##"

```

```

Help$(4) = "Максимальное значение для x(i),y(i),z(i). Размерность до
####.##"

```

Help\$(5) = "Минимальное значение для $x(i), y(i), z(i)$. Размерность до -
###.##"

Help\$(6) = "Рейтинг при положительном отклонении фактора
(+5>r1>-5)"

Help\$(7) = "Рейтинг при отрицательном отклонении фактора
(+5>r2>-5)"

DIM S\$(7)

S\$(1) = " Обозначение фактора на параметрической схеме: "

S\$(2) = " Индекс фактора на параметрической схеме:"

S\$(3) = " Номинальное значение фактора: "

S\$(4) = " Максимальное значение фактора: "

S\$(5) = " Минимальное значение фактора: "

S\$(6) = " Рейтинг при положительном отклонении фактора: "

S\$(7) = " Рейтинг при отрицательном отклонении фактора: "

DIM Y\$(7), Min(7), Max(7)

Min(1) = 0: Max(1) = 10

Min(2) = 1: Max(2) = 9

Min(3) = 0: Max(3) = 999

Min(4) = 0: Max(4) = 9999

Min(5) = -999: Max(5) = 999

Min(6) = -5: Max(6) = 5

Min(7) = -5: Max(7) = 5

CLS

ShowInfo ("Введите результаты экспертизы")

FOR i = 1 TO N

LOCATE 3: COLOR 14: PRINT "Фактор X("; i; ")"

DO

LOCATE 12: PRINT STRING\$(78, " ")

LOCATE 12: COLOR 2: PRINT Help\$(1): COLOR 15

LOCATE 4: PRINT STRING\$(78, " ")

LOCATE 4: PRINT S\$(1); : INPUT "", Y\$(1)

IF (ASC(Y\$(1)) < 120) OR (ASC(Y\$(1)) > 122) THEN ErrorMessage

LOOP UNTIL (ASC(Y\$(1)) >= 120) AND (ASC(Y\$(1)) <= 122)

LOCATE 4: COLOR 7

```

FOR k = 2 TO 7
DO
LOCATE 12: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 12: COLOR 2: PRINT Help$(k): COLOR 15
LOCATE 3 + k: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 3 + k: PRINT S$(k); : INPUT "", Y$(k)
IF (VAL(Y$(k)) < Min(k)) OR (VAL(Y$(k)) > Max(k)) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (VAL(Y$(k)) >= Min(k)) AND (VAL(Y$(k)) <= Max(k))
LOCATE 3 + k: COLOR 7
PRINT S$(k); Y$(k)

```

```

NEXT k

```

```

X$(i) = Y$(1)
XI(i) = VAL(Y$(2))
XNOM(i) = VAL(Y$(3))
XMAX(i) = VAL(Y$(4))
XMIN(i) = VAL(Y$(5))
R1(i) = VAL(Y$(6))
R2(i) = VAL(Y$(7))
NEXT i
COLOR 14: PRINT STRING$(20, "—")

```

```

COLOR 7, 0

```

```

END SUB

```

```

SUB Primer

```

'Контрольный пример вычисления значения отклика $z(a)$ при заданных состояниях 'факторов x, y, z .

```

CLS

```

```

ShowInfo ("Введите значения факторов")

```

```

DIM X(N), e1(N), e2(N)

```

```

FOR i = 1 TO N

```

```

LOCATE 15: PRINT STRING$(78, " ")

```

```

LOCATE 15: COLOR 2

```

```

PRINT "Допустимые значения от"; XMIN(i); "до"; XMAX(i); ""

```

```

DO
LOCATE 3 + i: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 3 + i: PRINT "Значение фактора "; X$(i); "("; XI(i); ")";
INPUT " ", X(i)
IF (X(i) < XMIN(i)) OR (X(i) > XMAX(i)) THEN ErrorMessage
LOOP UNTIL (X(i) >= XMIN(i)) AND (X(i) <= XMAX(i))
LOCATE 3 + i: COLOR 7
NEXT i

```

'Переход к отклонениям факторов.

```

FOR i = 1 TO N
dx(i) = (X(i) - XNOM(i)) / (XMAX(i) - XMIN(i))
'Анализ знака отклонения фактора, замена переменных.
IF dx(i) > 0 THEN e1(i) = dx(i): e2(i) = 0 ELSE e1(i) = 0: e2(i) =
ABS(dx(i))
NEXT i

```

'Определение положительного M1 и отрицательного M2 влияния факторов.

```

M1 = 0: M2 = 0
FOR i = 1 TO N
M1 = M1 + (c1(i) * e1(i) + c2(i) * e2(i))
M2 = M2 + (f1(i) * e1(i) + f2(i) * e2(i))
NEXT i

```

'Определение численного значения отклика z(a).

```

z = ZNOM + K1 * M1 - K2 * M2
LOCATE 16: COLOR 13
PRINT ----- "
LOCATE 17: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 17: COLOR 14
PRINT " Ожидаемое значение отклика z(a)="; USING " ###.## "; z
LOCATE 18: COLOR 13
PRINT " Пределы варьирования отклика zmin="; ZMIN, "zmax=";
ZMAX
LOCATE 20: PRINT STRING$(78, " ")
LOCATE 20: COLOR 5

```



```

LPRINT " 'Программный модуль расчета ожидаемых значений
отклика z(a), где" LPRINT " 'a - индекс отклика по параметрической
схеме."
LPRINT " 'Замена обозначений откликов."
FOR i = 1 TO N
LPRINT "x("; i; ")="; X$(i); "("; XI(i); ")",
NEXT i
LPRINT " 'Переход к отклонениям факторов."

LPRINT " FOR i=1 TO N : dx(i)=((x(i)-xnom(i))/(xmax(i)-xmin(i)) :
NEXT i"
LPRINT " 'Анализ знака отклонения фактора, замена переменных."
LPRINT " IF dx(i)>0 THEN e1(i)=dx(i) : e2(i)=0 ELSE e1(i)=0 :
e2(i)=ABS(dx(i))"
LPRINT " 'Определение положительного M1 и отрицательного M2
влияния факторов."
LPRINT " M1 = 0 : M2 = 0 : FOR i=1 TO N"
LPRINT          "           M1=M1+(c1(i)*e1(i)+c2(i)*e2(i))           :
M2=M2+(f1(i)*e1(i)+f2(i)*e2(i))"
LPRINT " NEXT i"
LPRINT " 'Определение численного значения отклика z(a)."
LPRINT " z(a)=znom(a)+K1*M1-K2*M2"
LPRINT " END"
LPRINT
"■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=■=
■=■=■=■=■=■=■=■"
LPRINT " В программу подставляют константы из приведённых ниже
таблиц."
LPRINT "Характеристики отклика znom="; ZNOM; "zmax="; ZMAX;
"zmin="; ZMIN
LPRINT "-----"
LPRINT "Результаты экспертизы, использованные в расчете"
LPRINT "+-----+-----+-----+-----+-----+-----+"
LPRINT "|Фактор|Обознач.| xnom | xmax | xmin | r1 | r2 |"
LPRINT "+-----+-----+-----+-----+-----+-----+"
FOR i = 1 TO N
LPRINT USING "| ## "; i;

```

```

LPRINT "|"; X$(i); "("; XI(i); ")";
LPRINT USING " |###.## "; XNOM(i);
LPRINT USING "|####.## "; XMAX(i);
LPRINT USING "|+###.## "; XMIN(i);
LPRINT USING "|+### "; R1(i);
LPRINT USING "|+### |"; R2(i)
NEXT i

```

```

LPRINT "-----"
LPRINT "Результаты расчета коэффициентов модели"
LPRINT "+-----+-----+-----+-----+"
LPRINT "|Фактор|Обознач.| c1 | c2 | f1 | f2 |"
LPRINT "+-----+-----+-----+-----+"
FOR i = 1 TO N
LPRINT USING "| ## "; i;
LPRINT "|"; X$(i); "("; XI(i); ")";
LPRINT USING " |#.### "; c1(i);
LPRINT USING " |#.### "; c2(i);
LPRINT USING " |#.### "; f1(i);
LPRINT USING " |#.### |"; f2(i)
NEXT i
LPRINT "-----"
LPRINT "Масштабные коэффициенты: K1=";
LPRINT USING "###.###"; K1;
LPRINT " K2=";
LPRINT USING "###.###"; K2

```

END SUB

```

SUB ShowInfo (Info$)
' Вывод информационной строки
LOCATE 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$
LOCATE 1, LC + 1
PRINT Info$
LOCATE 1, RC - LEN(ProgName$)

```

```

COLOR 14
PRINT ProgName$
COLOR 7, 0
END SUB

SUB ShowInput

' Проверка правильности ввода
CLS
ShowInfo ("Проверьте правильность ввода")
LOCATE 3: COLOR 14, 0
PRINT "Характеристики отклика znom="; ZNOM; "zmax="; ZMAX;
"zmin="; ZMIN
PRINT
PRINT
"
-----"
"
COLOR 10, 0
PRINT "Результаты экспертизы, использованные в расчете"
PRINT
"
-----"
"
PRINT "|Фактор |Обознач.| xnom | xmax | xmin | r1 | r2 |"
PRINT "+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+"
FOR i = 1 TO N
PRINT USING "| ## "; i;
PRINT "|"; X$(i); "("; XI(i); ")";
PRINT USING " | ###.## "; XNOM(i);
PRINT USING "| ####.## "; XMAX(i);
PRINT USING "| +###.## "; XMIN(i);
PRINT USING "| +#.## "; R1(i);
PRINT USING "| +#.## |"; R2(i)
NEXT i

END SUB

SUB ShowResult

```

```

' Вывод результатов на дисплей
CLS
ShowInfo ("Результаты расчёта")
LOCATE 3: COLOR 10, 0: PRINT "Результаты расчёта
коэффициентов модели"

COLOR 10, 0
PRINT
"
-----"
PRINT
PRINT "|Фактор|Обознач.| c1 | c2 | f1 | f2 |"
PRINT "+-----+-----+-----+-----+-----+-----+"
FOR i = 1 TO N
PRINT USING "| ## "; i;
PRINT "|"; X$(i); "("; XI(i); ")";
PRINT USING " | ### "; c1(i);
PRINT USING " | ### "; c2(i);
PRINT USING " | ### "; f1(i);
PRINT USING " | ### |"; f2(i)
NEXT i
PRINT
"
-----"
PRINT
COLOR 15
PRINT "Масштабные коэффициенты: K1=";
PRINT USING " ###.###"; K1;
PRINT " K2=";
PRINT USING " ###.###"; K2
END SUB

SUB StartScreen
SHARED LC, RC, ProgName$, CopyRight$, BlankStr$
DIM L$(12)
CLS
LOCATE 1, LC

```

```

COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$
LOCATE 1, LC + 1
PRINT CopyRight$
LOCATE 1, RC - LEN(ProgName$)
COLOR 14
PRINT ProgName$
COLOR 12, 0
L$(1) = "Программа реализует модель, позволяющую оценить
отклонения показателя" L$(2) = "качества, например вкуса продукта,
при изменении факторов " L$(3) = "технологического процесса.
Модель реализуется на основе результатов" L$(4) = "опроса
экспертов или анкетирования. "
L$(5) = "По результатам исследования объекта и обработки
экспертных оценок " L$(6) = "необходимо подготовить следующие
данные: "
L$(7) = "Число факторов, влияние которых рассматривалось при
экспертизе. "
L$(8) = "Номинальное значение  $z_{nom}$  и предельные значения
 $z_{max}, z_{min}$  отклика."
L$(9) = "Буквенное обозначение и индекс  $i$ -го фактора на
параметрической схеме"
L$(10) = "Номинальные  $x_{nom}(i)$  и предельные  $x_{max}(i), x_{min}(i)$ 
значения факторов."
L$(11) = "Рейтинг  $r1(i)$  при положительном отклонении каждого
фактора. "
L$(12) = "Рейтинг  $r2(i)$  при отрицательном отклонении каждого
фактора."
FOR k = 1 TO 12
Raw = k + 2
Col = 41 - LEN(L$(k)) / 2
LOCATE Raw, Col
PRINT L$(k)
NEXT k
LOCATE CSRLIN + 1, LC
COLOR 15, 1
PRINT BlankStr$;

```

```

LOCATE CSRLIN, LC + 1
PRINT "Нажмите любую клавишу"
COLOR 7, 0
WHILE INKEY$ = "": WEND
END SUB

```

Таблица 1

Результаты расчета коэффициентов модели

| Номер параметра | Обозначение | $X_{\text{ном}}$ | X_{min} | X_{max} | $r1$ | $r2$ |
|-----------------|-------------|------------------|------------------|------------------|-------|-------|
| 1 | $X(1)$ | 6,00 | 7,00 | 5,00 | +0,09 | +0,00 |
| 2 | $X(2)$ | 7,00 | 8,00 | 4,00 | -0,70 | +0,45 |
| 3 | $X(3)$ | 7,00 | 10,00 | 5,90 | +0,56 | -1,78 |
| 4 | $X(4)$ | 6,00 | 9,00 | 5,00 | +3,00 | +1,00 |
| 5 | $X(5)$ | 7,00 | 8,00 | 6,00 | +1,90 | -1,87 |
| 6 | $X(6)$ | 7,00 | 9,00 | 6,80 | -0,78 | +4,67 |
| 7 | $X(7)$ | 8,00 | 9,50 | 8,00 | +0,07 | -0,01 |
| 8 | $X(8)$ | 9,00 | 9,00 | 7,00 | +2,00 | +3,00 |

Таблица 2

Результаты расчета коэффициентов модели

| Номер параметра | Обозначение | $a1$ | $a2$ | $f1$ | $f2$ |
|-----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | $X(1)$ | 0,000 | 0,000 | 0,045 | 0,147 |
| 2 | $X(2)$ | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,153 |
| 3 | $X(3)$ | 0,479 | 0,000 | 0,000 | 0,052 |
| 4 | $X(4)$ | 0,000 | 0,005 | 0,116 | 0,000 |
| 5 | $X(5)$ | 0,000 | 0,000 | 0,116 | 0,005 |
| 6 | $X(6)$ | 0,000 | 0,000 | 0,101 | 0,052 |
| 7 | $X(7)$ | 0,000 | 0,016 | 0,103 | 0,000 |
| 8 | $X(8)$ | 0,000 | 0,000 | 0,213 | 0,018 |

Масштабные коэффициенты: $K1 = 9,830$; $K2 = 21,113$

**Параметрическая схема технологической операции
приготовления смеси мороженого**



На схеме приняты следующие обозначения:

$X(1)$ – химический состав цельного молока, % [$X(1.1)$ – количество жира; $X(1.2)$ – количество СОМО, $X(1.3)$ – количество сухих веществ, $X(1.4)$ – количество сахарозы, $X(1.5)$ – количество влаги, %]; $X(2)$ – химический состав масла сливочного, %; $X(3)$ – химический состав сгущенного молока с сахаром, %; $X(4)$ – химический состав сухого молока, %; $X(5)$ – химический состав сахарного песка, %; $X(6)$ – химический состав агароида, %; $X(7)$ – химический состав ванилина, %; $X(8)$ – химический состав воды; $Y(1)–Y(12)$ – количество соответствующего компонента в смеси [$Y(1)$ – количества цельного молока и т. д.], кг; $Z(1)–Z(5)$ – химический состав смеси [$Z(1)$ – количество жира; $Z(2)$ – количество СОМО; $Z(3)$ – количество сухих веществ; $Z(4)$ – количество сахарозы; $Z(5)$ – количество влаги]; %; $Z(6)$ – показатель вкуса готового продукта, баллы.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Общие положения..... | 3 |
| Подготовка и проведение экспертизы..... | 4 |
| Математическая обработка результатов экспертизы..... | 5 |
| Выбор вида математической модели..... | 9 |
| Реализация рейтинговой модели..... | 10 |
| Практическое использование рейтинговой модели..... | 15 |
| Содержание лабораторной работы..... | 15 |
| Содержание отчета..... | 17 |
| Список литературы..... | 17 |
| Приложения..... | 18 |

Балюбаш Виктор Александрович
Стегаличев Юрий Георгиевич
Алёшичев Сергей Евгеньевич
Абугов Михаил Борисович

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Редактор
Е.О. Трусова

Компьютерная верстка
И.В. Гришко

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 10.11.2013. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,49. Печ. л. 3,75. Уч.-изд. л. 3,56
Тираж 30 экз. Заказ № С 63

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет
информационных технологий,
механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
Институт холода и биотехнологий
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

