

исключается. Хотя в рабочих программах оставлены некоторые проверки (в основном качества ввода), основная работа по контролю сосредоточена в программах подсистемы обеспечения. Конечно, существует естественная граница развития программ подсистемы обеспечения — длительность их работы должна быть меньше времени, которое может быть бесполезно потеряно основными рабочими программами из-за недоброкачественности исходной информации. С другой стороны, заблаговременная проверка информации позволяет привести последнюю в надлежащее состояние к моменту начала реального счета по основным работам ч.м.с.п. Надо сказать, что никакая система проверок не может гарантировать упорядоченность информации, хранящейся на перфокартах. Анализ показал, что к числу важнейших сервисных программ следует отнести следующие подпрограммы: 1) ввода разнообразных массивов информации с перфокарт; 2) «упаковки» нескольких чисел в одну ячейку, «распаковки» чисел из ячеек и «распаковки» с последующей «упаковкой» (это связано с необходимостью уплотнения обширной исходной информации в связи с недостаточным объемом оперативной памяти и емкости магнитных барабанов); 3) записи и считывания с магнитных барабанов массивов информации или отдельных чисел с обеспечением соответствующих мер контроля правильности записи — считывания и защиты зон, отведенных для хранения других массивов; 4) поиска каких-либо чисел или признаков среди упорядоченных и неупорядоченных массивов; 5) упорядочения разнообразных массивов, в том числе хранящих информацию в уплотненном виде; 6) уплотнения таблиц числовых данных (например, нормировочных таблиц) и выборки из уплотненных таблиц; 7) выдачи на печать текстов и чисел и т. п.

Несмотря на значительное преимущество метода стандартных подпрограмм, нельзя считать, что их использование всегда возможно и целесообразно. Любая стандартная подпрограмма из-за относительной универсальности является более сложной, а значит в общем случае и более громоздкой, чем программа, рассчитанная на специфические условия. Поэтому при малой емкости оперативной памяти целесообразно очень тщательно взвешивать все доводы «за» и «против» того или иного решения проблемы «пространства и времени», т. е. потребного количества ячеек и времени программирования, отладки и реального счета при использовании стандартных подпрограмм или при индивидуальном программировании для каждой отдельной задачи. Эти же соображения являются доминирующими и при определении степени универсальности подобных стандартных подпрограмм, а значит и их количества.

Рассматривая взаимосвязь программ и ЭВМ, следует отметить, что переход к новой, более мощной машине является неизбежным результатом усложнения и интеграции программ и исчерпания технических возможностей паличной машины. Наступает момент, когда затрачивается больше времени на то, чтобы выяснить, как задачу запрограммировать на данной машине, чем на то, как вообще решить задачу на ЭВМ. Достаточно приспособленная ЭВМ к потребностям ч.м.с.п. должна была бы обладать как минимум следующими характеристиками: оперативная память — 16—32 тысячи ячеек переменной длины (или с возможностью непосредственного обращения к отдельным частям ячеек, например к каждому байту); внешняя память на магнитных дисках или в крайнем случае на магнитных барабанах емкостью несколько сот тысяч слов со скоростью записи — считывания порядка 10—20 тысяч слов в секунду; внешняя память на магнитных лентах со скоростью обращения порядка 5—8 тысяч слов в секунду; устройство алфавитно-цифровой печати со скоростью 1000—2000 строк в минуту по 150—180 знаков в строке и наличием заглавных и прописных знаков; устройство для вычерчивания графиков и чертежей на бумагу, устройство ввода и вывода информации с помощью электроннолучевой трубки; развитая система команд и мощное программное обеспечение, ориентированное на решение логических задач при больших объемах исходной и результирующей информации.

Поступила в редакцию  
6 V 1969

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВОВ ПО ТРУДУ

В. Ф. ВАСИЛЬЕВ  
(Москва)

Методы математической обработки цифровых исходных данных при нормировании труда используются главным образом при разработке нормативов. В ряде случаев они применяются в том виде, в каком изложены в теории корреляции без учета особенностей нормирования труда. Практически это, как правило, приводит к ошибочным результатам, нормативы оказываются неточными, а иногда даже неправильными. Причиной этого является следующее.

В теории корреляции при математической обработке учитывается общая для всех точек исходных данных теснота связи их с линией (плоскостью) регрессии. При нормировании же труда необходимо учитывать процент их отклонения от этой линии (плоскости), причем для каждой точки в отдельности. Линия или плоскость регрессии в этом случае является нормативной. С помощью формулы этой линии (плоскости) составляются таблицы нормативов. Процент отклонения каждой цифры исходных данных, соответствующих определенной величине факторов (признаков), от которых зависит эта цифра, не должен превышать определенной допускаемой величины. В противном случае нормативы окажутся неточными, не соответствующими результатам наблюдений за выполнением элементов работы (операции), на которые устанавливаются нормативы. Так как общая теснота связи точек с линией регрессии такого процента не отражает, то ограничение математической обработки исходных данных выводом формул и определением коэффициентов корреляции, как это делается в теории корреляции, приводит к неточности нормативов, причем эта неточность может быть большой.

Рассмотрим этот вопрос подробнее.

Допустим, что точки исходных данных времени  $t$  выполнения элемента операции в зависимости от фактора  $x$  на графике расположены так, как показано на рис. 1. Зависимость между  $t$  и  $x$  будет выражаться

$$t = a_1 + a_2 x, \quad (1)$$

а процент отклонения каждой точки от нормативной —

$$\Delta t \% = \frac{\Delta t}{t} 100, \quad (2)$$

где  $\Delta t$  — отклонение точки от нормативной линии по вертикали;  $t$  — норматив времени при данном значении фактора  $x$ .

Коэффициент корреляции (в данном случае парный), характеризующий тесноту связи, для сравнения выражается

$$R = a_2 \frac{\sigma_t}{\sigma_x},$$

где  $a_2$  — коэффициент регрессии при факторе  $x$ , или расчетный тангенс угла наклона линии регрессии;  $\sigma_t$  — среднеквадратическое отклонение исходных данных о времени  $t$  от их средней;  $\sigma_x$  — среднеквадратическое отклонение исходных данных о величине фактора  $x$  от их средней.

Как видно, коэффициент корреляции не учитывает отклонений от линии регрессии каждой точки в отдельности, а дает только общее представление об их отклонении или общую тесноту связи с линией регрессии. При  $R = 1$  все точки будут расположены вдоль этой линии, при  $R < 1$  они будут отклоняться от нее, причем чем меньше  $R$ , тем больше будет отклонение. Кроме того, коэффициент корреляции не учитывает время  $t$ , подсчитываемое по (1) для определения процента отклонения исходных данных от нормативных. Следовательно, с помощью коэффициента корреляции нельзя установить, будут ли нормативы соответствовать заданной точности. Это относится не только к парным, но и к частным коэффициентам корреляции, поскольку они определяются через парные. Данный вывод справедлив и при получении больших коэффициентов корреляции (порядка 0,8—0,9), так как при одном и том же коэффициенте процент отклонения исходных данных от нормативных может быть различным: он зависит от места расположения данной точки на графике и угла наклона нормативной линии. Например, при равном отклонении точек 1 и 2 (рис. 1) от нормативной линии процент отклонения точки 2, подсчитанный по (2), будет примерно в два раза больше, чем для точки 1.

Необходимость определения процента отклонения нормативных величин от исходных данных вызывается тем, что каждая цифра времени в исходных данных есть среднее время выполнения данного элемента работы при определенных факторах, характеризующих объем работы при одинаковых организационно-технических условиях. Это время получено в результате необходимого числа наблюдений, соответствующего заданной их точности. Поэтому эти цифры не должны иметь больших отклонений от соответствующих им нормативных, подсчитанных по окончательной формуле корреляционной зависимости между временем и факторами.

Так как для разработки нормативов исходные данные определяются не на одном, а на нескольких предприятиях, не исключена возможность некоторого разли-

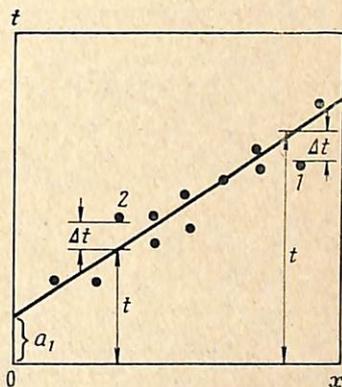


Рис. 1

чия в интенсивности труда во время проведения наблюдений, а также в условиях выполнения работы, несмотря на то что, согласно заданию на подготовку исходных данных, они должны быть одинаковыми. В связи с этим нормативное время может не совпадать точно с полученным на разных предприятиях. Однако несовпадение должно быть небольшим (в пределах 10% для массового и крупносерийного производства). Для единичного и мелкосерийного производства процент может быть увеличен, но не более чем до  $\pm 20\%$ . Превышение заданного процента вызывается недостатками в выборе факторов или в определении характера зависимости, а также возможной неточностью исходных данных.

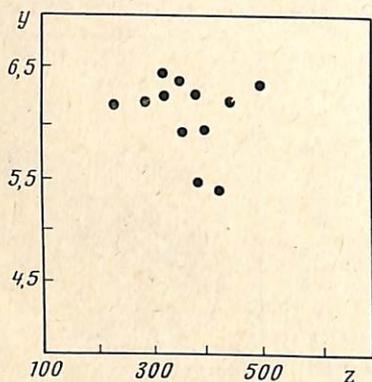


Рис. 2

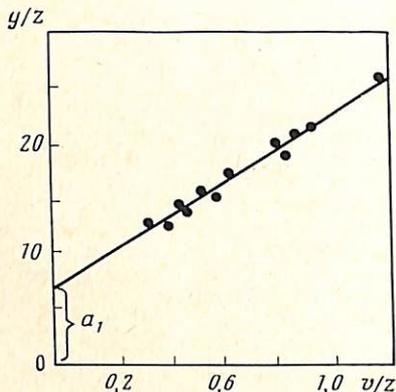


Рис. 3

Практика расчетов, произведенных в НИИТруда, показала, что к большим отклонениям нормативных данных от исходных приводит неучет в окончательных формулах одного или нескольких основных факторов, влияющих на трудоемкость работ. Рассмотрим причины этого на конкретном примере. На рис. 2 дан график зависимости между трудоемкостью работ  $y$  в чел. часах по уборке производственных помещений в механических цехах и площадью пола  $z$  (при ручной уборке) в  $m^2$ . График составлен по данным фотографий рабочего времени уборщиков. Пользуясь им, установить зависимость между трудоемкостью работ и площадью пола не представляется возможным, так как мешает разброс исходных данных. Нетрудно убедиться, что причиной разброса является отсутствие на графике второго фактора — веса убранных отходов  $v$ . Например, при площади, близкой к  $400 m^2$ , трудоемкость уборки оказалась неодинаковой, потому что вес убранных с такой площади отходов был разным. При наименьшем их весе трудоемкость оказалась равной 5,5 чел. час, а с увеличением веса отходов увеличилась и трудоемкость (до 6 и более чел. часов). Это, как видно из графика, и вызвало разброс точек.

Исключить влияние второго фактора на таком графике невозможно. Однако если построить новый график, на котором нанесены точки отношений трудоемкости работ и веса отходов к площади пола (см. рис. 3), это станет вполне вероятным. Влияние фактора, находящегося в знаменателе, в этом случае исключается. В связи с этим разброс точек на графике ликвидируется, причем их расположение показывает, что зависимость между отношениями  $y/z$  и  $v/z$  линейная. Кроме того, процент отклонения точек исходных данных от соответствующих им точек на нормативной линии (по вертикали) нигде не будет превышать более 10%. Из графика также следует, что в конечной формуле зависимости трудоемкости уборки от обоих факторов не будет свободного члена. В этом можно убедиться следующим образом. Нормативная линия на рис. 3 может быть выражена

$$y/z = a_1 + a_2 v/z. \quad (3)$$

Умножив ее на  $z$ , получим

$$y = a_1 z + a_2 v. \quad (4)$$

Свободный член  $a_1$  в (3) оказался коэффициентом регрессии при факторе  $z$ . Формула (3) или (4) может быть выведена с помощью таблицы исходных данных методом наименьших квадратов.

Изложенное подтверждает, что при линейной зависимости отклонения точек от линии регрессии вызываются неучетом других факторов, характеризующих объем работ и влияющих на их трудоемкость. Кроме этого, из изложенного следует, что при учете всех основных факторов в окончательной формуле свободный член исче-

зает, а отклонения нормативных величин от исходных данных оказываются для каждой точки в допустимых пределах. Отсутствие свободного члена в окончательной формуле является также особенностью математических методов при разработке нормативов. Наличие этого члена указывает на то, что в нормативной формуле учтены не все факторы. Однако нельзя предполагать, что этот член в окончательной формуле может заменить неучтенные факторы, так как количественные факторы, как правило, — переменные величины, тогда как свободный член — постоянный. Расчеты показывают, что вследствие этого формулы со свободным членом приводят к большим отклонениям нормативных величин от исходных данных.

Нельзя смешивать окончательные формулы с предварительными, например с (3), или с формулами, аналогичными (1), но полученными в результате наблюдений за влиянием на время одного фактора при постоянных других факторах. В последнем случае постоянство неучтенных факторов устанавливается искусственно. Например, если на время  $t$  влияют диаметр и длина деталей, то наблюдение за временем, зависящим от диаметра, производится при постоянной длине. В этом случае свободный член в формуле будет отражать влияние постоянной длины. Но эта формула не будет окончательной, так как фактически длина — тоже переменная величина, ее влияние на время устанавливается на следующем этапе наблюдений, но уже при постоянном диаметре, после чего выводится окончательная формула с учетом влияния обоих факторов, где свободный член исчезает.

Большая неточность окончательных формул со свободным членом объясняется тем, что при факторах, равных нулю, т. е. при отсутствии работы, расчет дает время, равное свободному члену. Например, при расчете по (1) при  $x = 0$  время  $t = a_1$ . Это значит, что при других величинах фактора  $x$  свободный член будет искажать нормативное время выполнения элемента работ. Оставлять свободный член в окончательной нормативной формуле нецелесообразно, его надо заменить дополнительным, ранее неучтенным фактором. Наличие свободного члена можно допустить в формуле только при условии, что его величина незначительна. Все сказанное относится не только к установлению нормативов времени, но к другим видам нормативов — нормативов численности и норм обслуживания.

При разработке нормативов времени практически применяются два способа вывода нормативных формул, с помощью которых составляются таблицы нормативов. В первом случае предварительно выводятся формулы корреляционной зависимости времени от каждого фактора в отдельности при постоянной величине других факторов, а затем — окончательная формула. Во втором — окончательная формула выводится сразу при переменном значении всех факторов, т. е. без вывода предварительных формул. Первый способ требует специальной группировки исходных данных и применяется тогда, когда можно ее провести в процессе наблюдений за временем выполнения нормируемого элемента операции. Например, если на время влияют два фактора  $x$  и  $z$ , то проводится две серии наблюдений: первая при переменном факторе  $x$ , но постоянном  $z$ , вторая — при переменном  $z$ , но при постоянном  $x$ . В каждой серии наблюдения проводятся при различных значениях  $x$  и  $z$ . После обработки результатов наблюдений в процессе которых устанавливается среднее время выполнения работы при каждом значении  $x$  и  $z$ , составляются корреляционные таблицы зависимости времени  $t_x$  и  $t_z$  от  $x$  и  $z$  и устанавливается характер зависимости, после чего способом наименьших квадратов выводятся предварительные формулы. В случае линейной зависимости они имеют вид  $t_x = a_1x + b_1$ ,  $t_z = a_2z + b_2$ .

Если факторы выбраны правильно, то окончательная формула будет

$$t_n = a_1x + a_2z. \quad (5)$$

Свободные члены  $b_1$  и  $b_2$  в (5) не вошли потому, что они отражают влияние на время  $t_x$  и  $t_z$  неучтенных в предварительных формулах факторов. Так,  $b_1 = a_2z_0$ ,  $b_2 = a_1x_0$ , где  $z_0$  и  $x_0$  — постоянные величины факторов  $z$  и  $x$ , при которых проводились наблюдения. Так как в (5) учитывается влияние обоих факторов при любых значениях  $x$  и  $z$ , включая  $x_0$  и  $z_0$ , то  $b_1$  и  $b_2$  оказываются лишними.

В случае ошибок в выборе факторов (например, учтены не все основные факторы) в общей формуле свободный член не исчезает: он будет равен  $b_0 = (b_1 - a_2z_0 + b_2 - a_1x_0) / 2$ . Большая величина  $b_0$  указывает на необходимость введения третьего фактора, без которого отклонения нормативных данных от исходных окажутся больше допустимых. Если  $b_0$  невелико, то может быть принята формула со свободным членом при условии, что отклонения находятся в допустимых пределах.

При разработке нормативов по второму способу наблюдения проводятся при различных сочетаниях переменных значений факторов. Необходимость в постоянстве некоторых факторов отпадает. В этом случае с помощью корреляционной таблицы исходных данных сразу же выводится окончательная формула. Вывод формул производится также по способу наименьших квадратов, например, при выводе (5) путем решения нормальных уравнений определяются коэффициенты регрессии  $a_1$ ,  $a_2$ . Так как свободный член в (5) отсутствует, то нормальные уравнения находятся с учетом этого

обстоятельства. Например, при определении коэффициентов  $a_1$  и  $a_2$  решаются два уравнения

$$a_1 \sum x^2 + a_2 \sum xz = \sum tx, \quad a_1 \sum xz + a_2 \sum z^2 = \sum tz,$$

где  $\sum x^2$ ,  $\sum xz$ ,  $\sum z^2$  — итоговые данные граф в таблице исходных данных, содержащих их квадраты и произведения (см. табл.).

Исходные данные и вспомогательные величины для вывода формулы вида

$$t_H = a_1 x + a_2 z$$

№№ исходных данных по порядку	Время выполнения элемента операции, $t$	Факторы						Норматив времени $t_H$	% отклонения $t_H$ от $t$
		$x$	$z$	$tx$	$tz$	$x^2$	$xz$		
1									
2									
3									
4									
...									
...									
...									
Итого									

При разработке нормативов численности, например вспомогательных рабочих, вместо времени  $t$  в формулы входит скорректированная численность  $r$ . Она представляет собой явочную численность, установленную в процессе нормативно-исследовательской работы на каждом предприятии или цехе, необходимую для выполнения данной группы вспомогательных работ при условии рациональной организации труда.

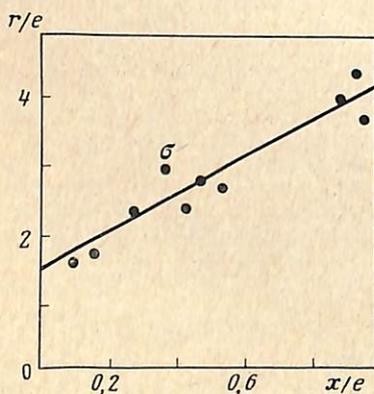


Рис. 4

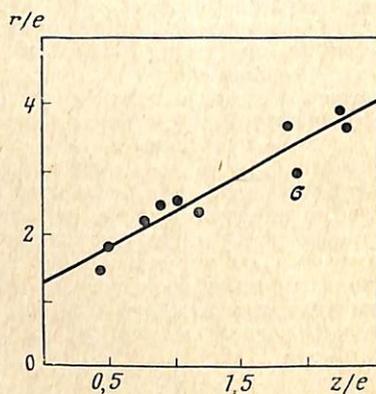


Рис. 5

В этом случае формулы нормативной численности устанавливаются только по второму способу, т. е. при переменных величинах как скорректированной численности, так и факторов, характеризующих объем каждой группы вспомогательных работ.

Окончательная проверка правильности выбора факторов всегда проводится нахождением процента отклонения нормативных величин при помощи окончательных формул с подставлением в них величин факторов из таблицы исходных данных и сравнением с исходными данными времени или скорректированной численностью. Процент отклонения должен быть в допустимых пределах. В целях сокращения объема работ предварительная проверка правильности выбора факторов производится графически (рис. 3). Если факторов больше двух (о чем свидетельствуют большие отклонения некоторых точек на графиках от линии регрессии), то строятся несколько таких парных графиков. Для того чтобы можно было их сравнить, в знаменателе отношений нормативных величин и исследуемых факторов должен быть один и тот же фактор. Например, при влиянии на численность  $r$  трех факторов  $x$ ,  $z$  и  $e$  строится два графика зависимости: первый между  $r/e$  и  $x/e$ , второй между  $r/e$  и  $z/e$  (рис. 4 и 5).

В этом случае каждой точке рекомендуется присваивать порядковый номер предприятия (цеха) по таблице исходных данных. Если среднеарифметическая отклонений (по оси ординат) точек под одним номером на всех графиках будет небольшой, то следует ожидать, что расчетное отклонение будет также небольшим. Отклонения вверх берутся со знаком «плюс», вниз — со знаком «минус». Если значительно отклоняющихся точек немного, то можно нумеровать только их. Например, на рис. 4 и 5 заметное отклонение имеет точка  $\sigma$ ; на рис. 4 она отклоняется вверх, а на рис. 5 — вниз. Величина отклонений примерно одинакова. Следовательно, расчетное отклонение будет небольшим. Другие точки с большими отклонениями (рис. 4) расположены в зоне больших расстояний от оси абсцисс до линии регрессии, поэтому ожидать, что расчетное отклонение их будет большим, нельзя.

Характер зависимости устанавливается при помощи этих же графиков. Многочисленные расчеты показали, что в большинстве случаев она линейна. При нелинейной (степенной) зависимости предварительный графический анализ производится с использованием логарифмической шкалы. Изложенные особенности анализа и разработки нормативов справедливы и в этом случае, включая вопросы о свободном члене (в окончательной формуле он также должен быть равен нулю). Характерным здесь является то, что при нанесении на график с равномерными шкалами точек отношений времени и количественных выражений одного из факторов к другому степенная зависимость может быть ясно выражена только в частном случае: когда кривая соответствует  $t/x = c(z/x)^k$ , где  $c$  — постоянная,  $k$  — показатель степени. Если показатели степени при  $x$  и  $z$  разные, то на графике с равномерными шкалами может иметь место большой разброс точек отношений. В таких случаях дальнейшее изучение характера зависимости следует производить на графиках с логарифмическими шкалами.

Изложенный способ графического анализа исходных данных приближенный, но на практике он оправдывает себя: в несколько раз сокращает объем работ по выбору факторов. Математической точности нормативов он не нарушает, так как вывод формул и определение процентов отклонений нормативных данных от исходных производится путем точных расчетов с учетом всех выбранных при графическом анализе факторов. Методы разработки нормативов времени, численности и норм обслуживания со всеми особенностями математической обработки исходных данных уже находят свое применение и рекомендованы в [1, 2].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Методика разработки нормативов численности вспомогательных рабочих. М., 1967 (НИИТруда).
2. Основные методические положения по нормированию труда рабочих в народном хозяйстве. М., 1970 (НИИТруда).

Поступила в редакцию  
24 IV 1970