

НЕЯВНЫЙ МАТРИЧНЫЙ АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ НОРМИРОВАНИЯ ВЫРАБОТКИ РАБОЧИХ-СДЕЛЬЩИКОВ

Н.А. Калмакова, А.А. Шаров

Представлен метод матричного анализа при неявных взаимосвязях начальных данных. Разработанный алгоритм раскрыт авторами на примере нормирования выработки рабочих сдельщиков, приведены иные способы использования разработанного алгоритма, а также проанализирована его эффективность в условиях реально действующего предприятия.

Ключевые слова: неявные вычисления, матричный анализ, математический анализ, нормирование, сдельная оплата труда.

В аналитической деятельности часто приходится сталкиваться со статистической информацией больших объемов, качество сбора которой сложно установить, при этом каждому исследователю хочется получить истинные выводы. Точность данных особенно важна в условиях реального производства, когда объёмы деятельности обеспечивают заметность даже незначительных неточностей.

При этом, что касается экономики, учёт ведётся недостаточно точно, и главным образом направлен на обеспечение требований бухгалтерского учёта, в то время как для аналитических действий приходится организовывать дополнительные акции.

Организация дополнительных функций учёта привлекает к себе внимание работников, тем самым повышая вероятность искажения данных, например, по причине стремления работников во время учётных акций сделать больший (или меньший, в зависимости от объяснения целей акции со стороны менеджмента) объём работы. Так или иначе, часть информации, которая попадает в выборку для анализа, может быть сфальсифицирована, а степень влияния такой информации сложно оценить.

Применение математического аппарата требует точных данных и даёт теоретически верный ответ, также имея возможность указать точность данного ответа. При этом точность значительно зависит от качества исходных данных и, при наличии серьёзных погрешностей учёта, стремительно падает с каждым математическим действием.

Первоначально потребность получать точный ответ из данных заведомо значительно искажённых была сформулирована при задаче получения выработки работников на одном из предприятий Челябинской области. Позднее была адаптирована для решения других прикладных задач (анализ производственного процесса, анализ влияния различных факторов на производство, нормирование расхода ресурсов, определение проблемных участков на производстве, планирование потоков сырья и материалов на производстве).

Нормы выработки работников являются одной из основополагающих при расчёте ряда показателей, таких как: производственная мощность

предприятия, заработная плата работников, себестоимость конкретных видов продукции...

В научной и учебной литературе представлено множество способов и формул для расчёта большого разнообразия подобных показателей, однако на вопрос о получении конкретных показателей выработки ответ даётся всегда один – фотография рабочего дня. При этом фотография рабочего времени отнимает значительные силы административных работников, что доказывает её относительную дороговизну, а в соответствии с рекомендациями фотография рабочего времени должна проводиться многократно для выявления норм, объективных для всех работников, а не для конкретных индивидов.

Ряд таких негативных свойств основополагающего этапа – выявления норм выработки – превращают все дальнейшие научные изыскания и рекомендации в сложно применимую систему администрирования, которую могут позволить себе применять лишь крупные хозяйствующие комплексы.

Касательно вопроса расчёта заработной платы работников сказано немало, как и о плюсах, минусах и последствиях выбора того или иного способа начисления заработной платы – все эти формулы можно без труда найти в учебной литературе. Обратим внимание на саму основу этих методов – норму выработки, а также на способ её получения при помощи метода неявного матричного анализа.

Каждое предприятие, планирующее использовать сдельную оплату труда для работников, неизбежно будет вести учёт информации о том, сколько и каких операций выполнил конкретный рабочий. Сбор такой информации не вызовет интереса со стороны рабочих, так как подразумевается как рутинная неотъемлемая часть учёта, которая может быть объяснена работникам стремлением менеджмента контролировать этапы производства (что важно при начальном введении сдельной формы оплаты на производстве). Полученной при таком учёте информации вполне хватит для обеспечения выявления норм выработки по конкретным операциям.

В основе метода положено логическое рассуждение следующего вида: целью нормирования выработки является получение некоторого среднего значения количества операций, которое может выполнить работник из качественно однородной совокупности всех работающих, выполнявших ранее данную операцию. Полноправно предположить следующее: если один работник выполняет за смену количество операций «А», равное $N+/-n$, где $n \ll N$, то любой другой работник из этой совокупности выполнит такое же количество операций «А» равное $N+/-n$, за смену; соответственно, если работник из этой совокупности работников выполняет $M+/-m$ операций «В» за смену, то любой работник из этой совокупности работников в состоянии выполнить $(N+/-n) * [tA/T]$ операций «А» (где tA – время, потраченное на выполнение операций «А»; T – длительность смены) и $(M+/-m) * [(T-tA)/T]$ операций «В» за одну смену.

Это достаточно общее для большинства операций (за исключением операций, требующих более одной смены или более одного работника на выполнение) условие позволяет выражать длительность одной конкретной операции в виде длительности других операций.

Таким образом, информацию о фактически произведенных операциях за период возможно использовать для выведения норм выработки, рассматривая каждый период как отдельное нестрогое неравенство в котором сумма произведений длительности выполнения операции на количество повторений операции меньше или равно длительности периода, что учитывает то, что фактически работник может простаивать некоторую часть времени:

$$\sum t * n \leq T, \quad (1)$$

где t – время выполнения конкретной операции; n – количество выполнений операции работником; T – длительность отчетного периода времени.

Рассмотрение данных в таком ключе позволяет построить следующую матрицу (рис. 1).

В представленной матрице в столбцах операций представлено количество раз выполнения операции, а в столбце «длительности периода» – время за которое были выполнены операции из одной строки (480 минут, что соответствует 8 часам, или одной производственной смене).

Дальнейшая логика выявления нормы сводится к стандартным математическим действиям, применяемым к строкам математических матриц. При этом следует обратить внимание, что каждая результирующая строка (строка полученная сложением двух строк, помноженных на рациональные числа множества Q) учитывает собой данные двух исходных строк, а следовательно, обе исходные строки могут быть исключены из матрицы.

Проводить действия над матрицей следует со стремлением привести её к виду, когда числовые значения, отличные от нуля, останутся лишь в столбце нормируемой операции и в столбце дли-

тельности периода, за который выполнены операции.

Для получения нормы выработки следует рассчитать произведение числа в столбце операции на отношение длительности периода выполнения нормы на значение в столбце времени:

$$N = n' * \frac{T}{t'}, \quad (2)$$

где N – норма выработки за период; T – длительность периода; n' – значение в столбце «Операция n »; t' – значение в последнем столбце.

Получаемые значения по различным начальным данным значительно варьируются, это связано с большим количеством отклонений производственных факторов при выполнении операций, таких как индивидуальные особенности рабочих, настроение работников, качество сырья и т. д.

В связи с этим следует множество полученных норм для облегчения анализа преобразовать в график количества полученных норм на некоторой окрестности n множества всех возможных норм Q от количества выполненных операций, что обеспечит наглядное представление всего множества полученных результатов. Как правило, искомая величина соответствует координате на оси абсцисс пикового значения графика.

Наличие дополнительных пиков на графике свидетельствует о наличии значительного влияния факторов, вызывающих отклонения в фактической выработке конкретных работников в определенный период времени, отраженный в учёте.

Также появление дополнительных пиков может быть объяснено искажениями в ведении первичного учёта.

Следует обратить внимание, что график не падает до нулевого значения, а держится в районе 150–300 показателей на значение в пределах значительно превышающих область пика – в котором достигается максимум, образуя некий «уровень шума». Это связано с тем, что при наличии двух различных норм (например, фактической выработки двух разных рабочих) происходит постепенное выражение новых норм следующим образом:

1) из рабочего времени вычитается время на операцию, согласно норме 1, оставшееся время делится на время согласно норме 2;

2) получаем новое значение нормы по формуле

$$N_3 = (T - T/N_1)/N_2 + 1, \quad (3)$$

где N_1 – норма операций выполняемых за день; T – длительность смены.

При проведении действий над матрицей анализируемых данных важно учитывать, что в столбцах операций матрицы, приводимых к нулевым значениям, могут сложиться следующие ситуации:

1. В столбце содержится единственное значение, отличное от нуля – строку с таким значением следует исключить из матрицы, так как получение полезных данных из неё затруднительно.

Операция 1	Операция 2	Операция 3	Операция 4	Операция N	Длительность периода, мин
50	10	100	1	5	480
0	100	8	7	3	480
9	5	8	50	20	480
0	4	0	0	65	480
80	0	100	0	0	480
0	80	0	20	0	480
0	80	0	0	20	480
200	0	0	0	8	480
100	70	0	0	0	480
20	0	40	50	4	480
80	10	40	20	5	480

Рис. 1. Матрица неравенств

2. В столбце два значения, отличных от нуля – следует разделить всю строку, содержащую значение, отличное от нуля, на данное значение, а затем отнять из одной строки другую (также деленную на соответствующее значение). Результирующую строку добавить в матрицу, а две исходных исключить из матрицы. Таким образом, столбец будет преобразован, так что в нём не будет содержаться чисел, отличных от нуля.

3. В столбце содержится 3 и более значений – действуем со строками попарно, при этом учитываем, что из 3 исходных строк получится 3 результирующих строки, из 4 строк – 6 результирующих строк, далее соответственно: из n строк $n!$ – n результирующих строк (рис. 2).

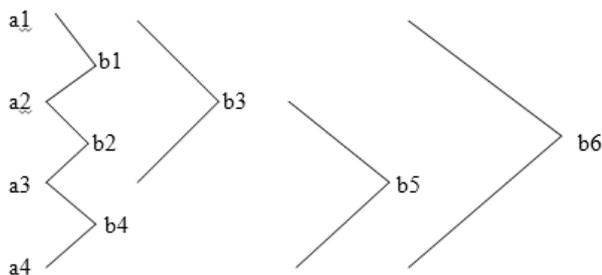


Рис. 2. Новые строки матрицы

Таким образом, матрица значений быстро меняет объём, из прямоугольной матрицы получается матрица из 2 столбцов с огромным количеством строк. Во время обработки следует учитывать, что первые шаги происходят очень быстро, так как количество ненулевых элементов в исключаемом столбце мало, но каждая вновь образованная строка заполнена более плотно, а значит, увеличивает время обработки последующих столбцов.

Предельное время, которое потребуется, если все элементы матрицы не являются нулевыми, на выполнение анализа можно рассчитать по формуле:

$$t = ((nd!(no)) * 5) / v,$$

где nd – количество периодов в учётных данных, no – количество нормируемых операций, v – частота обработки данных [Гц]. В этой формуле конструкцию вида $(nd!(no))$ следует обрабатывать

следующим способом: $(nd!(no)) = nd!(no-1)$, например: $nd!(3) = (((nd!)!))$.

Как показывает практика, фактическое время на анализ примерно равно 2/3 от предельного расчётного времени. Современный уровень развития вычислительной техники позволяет полностью автоматизировать представленный процесс анализа.

Сокращать время, требующееся на обработку данных, целесообразно за счёт снижения количества нормируемых операций, так как снижение количества учётных периодов может сделать собранные данные несодержательными по отдельным операциям или в целом по всем операциям. Под «несодержательностью» здесь понимается такое свойство массива данных, при котором выявление нормы согласно представленному методу невозможно, например: при наличии в каждом отчётном периоде конкретной нормируемой операции иной операции нигде вторично не используемой, а, следовательно, будет просто не из чего выразить норму для сопоставления.

Важно отметить, что один и тот же массив учётных данных может одновременно быть содержательным по одним операциям и не содержательным по другим, для ускорения анализа целесообразно проводить проверку на содержательность до запуска основного алгоритма анализа.

Массив, являющийся содержательным по конкретной операции, содержит количество строк больше, чем количество столбцов, после исключения строк, не связанных с анализируемой операцией, и строк, содержащих иные нигде более не учтённые операции (за исключением случая, когда нигде более неучтённая операция и является нормируемой).

Представленный способ позволяет анализировать не только сами значения операций. В область операций матрицы вводились значения, отражающие использование при работе дополнительные механизмы (транспортные устройства). Что позволяет получить данные по влиянию использования тех или иных технологий в производстве, при этом анализ следует проводить относительно введенного столбца, отвечающего за анализируемую технологию. Отрицательные значения ре-

зультатов свидетельствуют о экономии времени, положительные – о отрицательном влиянии технологии на объём производства. Важно понимать, что технология, влияющая на объём производства отрицательно, не всегда должна быть исключена, так как она может облегчать тяжесть выполняемых операций для работников или обеспечивать безопасность труда. Однако такой анализ позволяет выявить неудачные инженерные решения в организации производства и помочь оптимизировать производственные потоки.

Наравне с введением дополнительных столбцов в область операций матрицы возможно осуществлять введение численно измеряемых факторов в область времени или даже замещать столбец времени.

Так, при введении таким способом столбца использованных ресурсов (выявленных путём нахождения разницы между фактическими остатками ресурсов) возможно определение количества затрачиваемых ресурсов в привязке к конкретной операции или продукции.

Разность между выявленным значением и нормой расходования следует рассматривать в качестве потерь, которые по факту анализа будут явно привязаны к какой-либо операции, а значит к конкретному производственному участку, что позволит быстрее разрешить проблемные моменты при перерасходе ресурсов.

Как отмечалось выше, график не падает до нулевого значения и образует некий постоянный уровень – «уровень шума», который поддерживается достаточно отдалённо от пикового значения и при расположении пика захватывает отрицательную область значений выявляемой нормы.

Интересно отметить то, что уровень шума возрастает вблизи нулевой отметки нормируемой величины приблизительно в 2–3 раза, что может осложнить выявление норм операций с низкими числовыми значениями. Эта особенность связана с конкретным способом реализации алгоритма расчёта и, вероятно, может быть устранена оптимизацией алгоритма анализа.

Таким образом, в статье представлен разработанный алгоритм анализа данных, который был успешно реализован и успешно апробирован на реально действующем промышленном предприятии.

Представленный алгоритм доказал свою надёжность и точность получаемых данных на практике. На графике (рис. 3), полученном при обработке фактических учётных данных одного из производственных предприятий Челябинска, видно, что пиковое значение соответствует 240 операциям за смену (первая операция из таблицы на рис. 1), что соответствует действительности, и было зафиксировано с помощью фотографии рабочего времени на предприятии.

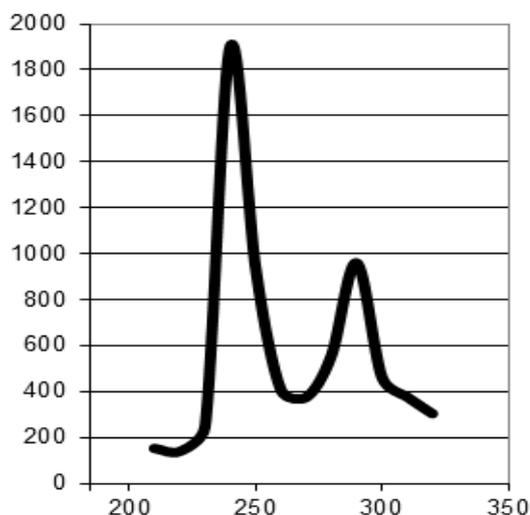


Рис. 3. График количество результирующих значений по значениям нормы.

Таким образом, в статье представлен аналитический алгоритм, позволяющий выявлять значения параметров многофакторных моделей аддитивного вида. Алгоритм устойчив к искажению исходных данных, что позволяет успешно использовать его на практике для выявления норм выработки работников, норм расходования ресурсов, оценки иных факторов производства.

Основным достоинством представленного алгоритма является его способность заменить рутинные операции по сбору учётных данных, требующих участия административного персонала, на автоматизированный анализ стандартных форм отчётности, позволяющий получить более актуальные результаты.

Реализация алгоритма современными вычислительными средствами позволяет сократить численность персонала, занятого расчётом сдельной заработной платы, сбором учётной информации, а также её анализом.

Литература

1. Дерябина, Е.В. *Практикум по дисциплине «Организация, нормирование и оплата труда на промышленных предприятиях»: учеб. пособие / Е.В. Дерябина, Д.Г. Загуляев; под ред. Н.Ф. Ревенко.* – Екатеринбург: Изд-во Института экономики УрО РАН, 2010. – 162 с.
2. Крамор, В.С. *Алгебра и начало анализа (система проведения занятий на подготовительных отделениях вузов): учеб. пособие / В.С. Крамор.* – М.: Высшая школа, 1981. – 336 с.
3. Пауто, В.П. *Организация, нормирование и оплата труда на предприятии: учеб.-практ. пособие / В.П. Пауто.* – 4-е изд., стер. – М.: КноРус, 2008. – 320 с.
4. *Расчеты по оплате труда / под ред. И.Э. Гузиной.* – М.: ФБК-Пресс, 2003. – 312 с.

5. Кулаева, Д. Правильный выбор: чтобы зарплатой жизнь не латать: Перед анализом систем оплаты труда необходимо разобраться в их определениях и отличиях / Д. Кулаева // Ваш партнер – консультант. – 2007. – № 42. – С. 31.

6. Лутовинов, П.П. Тенденции в организации оплаты труда / П.П. Лутовинов // Социально-экономическое развитие России в нестабильном мире: национальные, региональные и корпоративные особенности: материалы XXVI Междунар. науч.-практ. конф. / УрСЭИ (фил.) АТусО [и др.]. – Челябинск, 2009. – Ч. II. – С. 186–193.

7. Волков, О.И. Экономика предприятия: курс лекций / О.И. Волков, В.К. Складенко. – М.:

ИНФРА-М, 2009. – 280 с. – (Высшее образование).

8. Красс, М.С. Математика для экономических специальностей: учеб. для студ. вузов / М.С. Красс. – М.: Инфра-М, 1998. – 464 с. – (Высшее образование).

9. Кремер, Н.Ш. Математика для экономистов: от Арифметики до Эконометрики: учеб.-справ. пособие / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко, И.М. Тришин; под ред. Н.Ш. Кремера. – М.: Высшее образование, 2007. – 646 с. – (Основы наук).

10. Общий курс высшей математики для экономистов: учеб. для вузов / под ред. В.И. Ермакова. – М.: Инфра-М, 2001. – 656 с. – (Высшее образование).

Поступила в редакцию 21 сентября 2012 г.

Калмакова Надежда Анатольевна. Кандидат экономических наук, доцент кафедры финансового менеджмента и бухгалтерского учета, Уральский социально-экономический институт (филиал) Образовательного учреждения профсоюзов высшего профессионального образования «Академия труда и социальных отношений» (г. Челябинск). Область научных интересов – экономика промышленного предприятия. Контактный телефон: +7-909-071-60-22, e-mail: nakalmakova@mail.ru

Nadezhda A. Kalmakova is a candidate of economic sciences, associate professor of economics and finance department, Ural Social-Economic Institute, the affiliate of educational trade union establishment of higher professional education the Academy of Labour and Social Relations (Chelyabinsk). The area of academic interests – industrial organizations economics. Contact telephone number: +7(909) 071-60-22, e-mail: nakalmakova@mail.ru

Шаров Антон Александрович. Студент очной формы обучения кафедры экономики и финансов, Уральский социально-экономический институт (филиал) Образовательного учреждения профсоюзов высшего профессионального образования «Академия труда и социальных отношений» (г. Челябинск). Область научных интересов – экономика, математический анализ. Контактный телефон: +7-902-619-77-55, e-mail: Contemplation@mail.ru

Anton A. Sharov is a full-time student of economics and finance department, Ural Social-Economic Institute, the affiliate of educational trade union establishment of higher professional education the Academy of Labour and Social Relations (Chelyabinsk). The area of academic interests – economics, mathematical analysis. Contact telephone number: +7 (902) 619-77-55, e-mail: Contemplation@mail.ru