

УДК: 331.103.242

## Оценка вероятностной модели трудового процесса сотрудника

**Р. И. Гаджиев**

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики,  
кафедра управления знаниями и прикладной информатики в менеджменте  
Россия, 119501, г. Москва, ул. Нежинская, д. 7

E-mail: gadjievraul@gmail.com

*Получено 26 октября 2012 г.,  
после доработки 11 ноября 2012 г.*

В статье представлена математическая модель оценки трудового процесса, построенного на основе байесовской сети. Основное внимание уделено оценке качественных характеристик продукта труда. Использование описанной модели предполагается на предприятиях с системой управления трудовыми процессами.

Ключевые слова: оценка труда, моделирование трудового процесса, байесовская сеть, вероятностное моделирование

### **Estimation of probabilistic model of employee labor process**

**R. I. Gadzhiev**

*Moscow State University of Economics, Statistics and Informatics, Department of Knowledge Management and Applied Computer Science in Management, Nezhinskaya str. 7, Moscow, 119501, Russia*

**Abstract.** — The mathematical estimation model for employee labor process, built on the basis of Bayesian network is presented in the article. The great attention is given to the estimation of qualitative characteristics of labor product. Usage of described model is supposed in the companies with the management employee workflows system.

Keywords: estimation of labor, workflows modeling, Bayesian network, probabilistic modeling

Citation: *Computer Research and Modeling*, 2012, vol. 4, no. 4, pp. 969–975 (Russian).

## Введение

В современном обществе одним из главных факторов развития и повышения благосостояния предприятия является совершенствование и эффективное управление трудовыми ресурсами предприятия. И одним из факторов, позволяющих реализовать такое управление, является мониторинг трудовых процессов сотрудников предприятия. Данный процесс рассматривается автором как непрерывное наблюдение и фиксация характеристик микроэлементных компонентов трудового процесса сотрудника. Мониторинг и регистрация трудовых процессов позволяет реализовать функции исследования и анализа трудовых затрат предприятия. Существенной задачей мониторинга и анализа трудовых процессов должно быть повышение уровня информированности лиц принимающих решения. Информирование данных лиц не должно ограничиваться лишь предоставлением результатов наблюдения, помимо этого информация должна быть представлена в виде рекомендаций, основанных на анализе полученных в процессе мониторинга данных.

## Вероятностная модель трудового процесса сотрудника предприятия

Моделирование трудового процесса сотрудника строится на базе вероятностного подхода. Необходимым условием использования вероятностной модели является наличие статистической базы зарегистрированных компонентов модели и их характеристик, которые регистрируются в процессе трудовой деятельности сотрудника предприятия. Под компонентами вероятностной модели предполагаются действия сотрудника, предметы труда и их свойства.

Вероятностная модель трудового процесса сотрудника представляется следующим кортежем:

$$\lambda = \langle C, D, R, A, B, \pi \rangle, \quad (1)$$

где  $C$  — типы продуктов труда сотрудника предприятия. Ввиду возможности исполнения сотрудником разнородной трудовой деятельности, в данной модели каждый из типов производственных заданий характеризует конкретный тип продукта труда, получаемый в результате исполнения трудового процесса сотрудником предприятия. Не только разные сотрудники, но и один и тот же человек может получить одинаковый тип продукта труда в результате исполнения разнородных трудовых процессов. Множество типов продуктов труда представим в виде набора  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_K\}$ , где  $K$  — количество сотрудников предприятия. Количество продуктов труда в трудовой деятельности  $k$ -го сотрудника предприятия выразим через переменную  $L$ .

$D$  — множество трудовых действий сотрудника предприятия в ходе исполнения цели  $c_k$ . Предполагается, что действия в модели соответствуют реальным действиям исполняемым сотрудником при решении определенной задачи. Область допустимых действий по конкретному шагу в модели определяется историей исполнений действий в данном шаге и по данному типу задания. Модель предусматривает повторы одного и того же действия над определенным предметом труда. Однако одновременное исполнение двух или более действий в модели не предусматривается. Также надо заметить, что трудовые процессы сотрудника могут характеризоваться отличием не только в структуре или последовательности исполняемых действий, но также и различием в видах используемых действий. Обозначим набор действий модели множеством  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$ , где  $N$  — это количество действий в модели. Текущее действие в момент времени обозначим как  $t_z$ , где  $Z$  — это количество шагов в трудовом процессе.

$R$  — множество всех предметов труда, обрабатываемых в ходе решения задачи  $c_k$  сотрудником предприятия. Множество наблюдаемых предметов труда представим в виде  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_M\}$ , где  $M$  — количество предметов труда в модели. В контексте данной модели

предметом труда является объект, имеющий в изначальном своем виде необходимые для производства свойства или приобретший их в результате внешнего воздействия сотрудника предприятия. Представим свойства предмета труда в виде компонентов вектора  $r_u = \{x_1, x_2, \dots, x_S\}$ , где  $S$  количество свойств предмета труда  $r_u$ . Изменение значений свойств предмета труда происходит как в результате прямого воздействия сотрудника предприятия, так и посредством средств труда.

Каждый продукт труда в трудовой деятельности сотрудника характеризуется своим множеством предметов труда используемых в работе. Очевидно также, что условием разработки определенного типа продукта труда является обработка (до необходимых свойств) всех предметов труда входящих в его множество. Отметим и то, что обработка предмета труда сотрудником предприятия в момент времени  $t_z$  может происходить лишь с одним предметом труда.

Выразим через  $A = \{a_{ij}^{c_k}\}$  – матрицу вероятностей переходов, где

$$\{a_{ij}^{c_k}\} = P[d_j^{c_k} | d_i^{c_k}, z], \quad 1 \leq i, j \leq N,$$

вероятность, что сотрудник  $k$  исполнивший действие  $d_i$  на шаге  $z$ , начнет выполнять действие  $d_j$  на шаге  $z+1$  в ходе работы над типом продукта  $c$ . В случае если для всяких двух действий в модели возможен переход из одного действия в другое, то для любых  $i, j$  вероятность перехода  $a_{ij}^{c_k} > 0$ . В других случаях  $a_{ij}^{c_k} = 0$  для некоторых  $i, j$ .

$B = \{b_i^{c_k}(u)\}$  — распределение вероятностей работы с предметами труда при исполнении  $i$ -го действия, где

$$b_i^{c_k}(u) = P[r_u^{c_k} | d_i^{c_k}, z], \quad 1 \leq i \leq N, \quad 1 \leq u \leq M,$$

то есть вероятность того, что сотрудник, в момент времени  $t_z$  выполняющий действие  $d_i$ , работает с предметом труда  $r_u$ .

$\pi = \{\pi_i^{c_k}\}$ , — распределение вероятностей первоначального действия, где

$$\pi_i^{c_k} = P[d_i^{c_k} | z=1], \quad 1 \leq i \leq N,$$

вероятность того, что  $d_i$  начальное действие для сотрудника  $k$  при работе над продуктом труда  $c$ .

Таким образом, для описания трудового процесса по продукту труда  $c$  в модели определены и зарегистрированы  $N$  возможных действий, которые сотрудник  $k$  исполнял в ходе своей трудовой деятельности. Каждое действие может взаимодействовать с одним из  $M$  различных предметов труда, свойства и значения которых также были зарегистрированы в модели. Согласно вероятностной модели, начальное действие при описании трудового процесса выбирается в соответствии с максимальным значением распределения  $\max \pi_i$ . Исходя из выбранного действия  $d_i$  и по распределению вероятностей предметов труда  $b_i(u)$  определяется предмет труда  $r_u$ , при этом  $z = 1$ ,  $t_z = t_1$ . Далее, согласно матрице переходов действий  $a_{ij}$  и текущего действия  $d_i$ , происходит переход в новое действие  $d_j$ , при этом  $z = z + 1$ ,  $t_z = t_{z+1}$ . После чего вновь происходит выбор предмета труда для текущего действия, потом выбор следующего действия и т.д. Процесс длится до тех пор, пока сотрудник не достигнет цели – конечного продукта труда.

Таким образом, прогнозируемую последовательность трудового процесса сотрудника  $k$  по продукту  $c$  представим как

$$\lambda_k^c = \{O_1, O_2, \dots, O_z\},$$

где

$$O_z = (d_j, r_u) \text{ — прогнозируемое действие и предмет труда на шаге } z.$$

## Оценка вероятностной модели трудового процесса

Для проведения анализа и исследований трудовых процессов их оценка должна включать в себя различные критерии, нормативы и нормы предприятия, его пороговые значения, а также показатели определяющие уровень точности систем мониторинга и измерения характеристик трудовых процессов. Нормативная база, состоящая из описанных критериев и показателей, должна быть связана с подсистемой оценки и анализа трудового процесса — это является одним из условий эффективного управления трудовыми процессами предприятия.

Система мониторинга трудовых процессов должна оперативно фиксировать отклонения различных характеристик и показателей от их нормативных или пороговых значений. Разумеется, эта фиксация и учёт должны осуществляться отдельно по каждому сотруднику, в соответствии с нормативными показателями его трудовых процессов. Как правило, в моделях оценки труда применяется достаточно простой принцип расчета — учитываются отклонения от пороговых показателей нормативной базы. Однако в данном исследовании, автор хотел бы предложить модель, которая строит оценки не на основе абсолютных значений нормативов предприятия, а на индивидуальных показателях, отражающих эффективность отдельного трудового процесса сотрудника. Это позволит проводить оценку трудовых процессов на более глубоком уровне.

Стоит обратить внимание на необходимость внесения в модель оценок, которые бы смогли отражать качественные характеристики результата трудового процесса отдельного сотрудника. Эти качественные показатели должны дополнять количественные показатели и так же вносятся в общую информационную базу данных системы управления трудовыми процессами. Синтез качественных и количественных показателей позволит повысить точность оценок трудовых процессов, что может отразиться в расчётах системы стимулирования и мотивации персонала. Так же обеспечивается повышение эффективности управленческих решений — за счёт расширения их информационной составляющей.

Отслеживание качественных характеристик трудового процесса связано с анализом изменений прибыли, получаемой от реализации товара, который является результатом данного трудового процесса. Таким образом, анализ изменений свойств продукта труда, которые выражают его качественные характеристики, дает возможность проводить оценку трудового процесса в стоимостном выражении.

Ниже будет представлена модель оценки трудового процесса, в которой оценка происходит покомпонентно, то есть сначала оценивается каждый шаг в прогнозируемой модели (1), после чего производится их суммирование:

$$\Psi(\lambda_k^c) = \{\psi(O_1), \psi(O_2), \dots, \psi(O_z)\} = \sum_{z=1}^z \psi(O_z), \quad (2)$$

где

$$\hat{Z} = \sum_l^L z_l p_l,$$

$\hat{Z}$  — прогнозируемое количество шагов в продукте труда  $c$  сотрудника  $k$ . Данная величина рассчитывается как дискретное математическое ожидание с распределением вероятностей  $p_l$ , где  $l$  — номер трудового процесса, а  $L$  — количество исполненных трудовых процессов сотрудника по определенному типу продукта труда.

Оценка каждого шага строится из суммы прогнозируемой разницы в свойствах предмета труда и трудовых затрат по данному шагу.

$$\psi(O_z) = \text{Prof}[r_u^{\max}] \cdot \cos[\hat{r}_u, r_u^{\max}] + \text{Cost}(t[O_z]),$$

где  $\text{Prof}[r_u^{\max}]$  — стоимостное выражение прибыли предмета труда  $r_u$ , полученное при максимально качественном продукте труда. И определяется как произведение чистой прибыли от реализации продукта труда (при максимальном уровне качества) и процентной доли от общих издержек по данному продукту.

$$\text{Prof}[r_u^{\max}] = \text{Prof}[c^{\max}] \cdot \left( \frac{\text{Cost}[r_u] \cdot 100}{\text{Cost}[c]} \right),$$

где  $\text{Cost}[c]$  — себестоимость продукта труда  $c$ ,  $\text{Cost}[r_u]$  — себестоимость предмета труда  $r_u$ ,  $\text{Prof}[c^{\max}]$  — чистая прибыль реализации продукта труда  $c$  при максимальном уровне качества,  $\text{Cost}(t[O_z])$  — стоимостное выражение затрат предприятия по каждому трудовому действию сотрудника.

Определяется следующим образом:

$$\text{Cost}(t[O_z]) = \frac{\text{Pay}[k] \cdot M(t[O_z])}{\text{Tp}[k]},$$

где  $\text{Pay}[k]$  — затраты предприятия на одного сотрудника  $k$  за период работы  $\text{Tp}[k]$ ,  $\text{Tp}[k]$  — объем времени за расчетный период предприятия,  $M(t[O_z])$  — математическое ожидание длительности действия в шаге  $O_z$ ,  $\cos[\hat{r}_u, r_u^{\max}]$  — разница между ожидаемыми значениями свойств и значениями, приобретенными при максимальном уровне качества продукта труда. Соответственно, чем угол между векторами больше, тем больше между ними разница. Значение нуля подразумевает полное соответствие.

$$\cos[\hat{r}_u, r_u^{\max}] = \frac{\hat{r}_u \cdot r_u^{\max}}{\|\hat{r}_u\| \cdot \|r_u^{\max}\|},$$

где

$$\hat{r}_u = \{M(x_1), M(x_2), \dots, M(x_s)\},$$

$\hat{r}_u$  — прогнозируемые значения свойств предмета труда. Тип предмета труда и номер шага определяется согласно модели (1).  $M(x_s)$  — математическое ожидание значения одного свойства предмета труда  $r_u$ . Так как свойства предмета труда представляются в виде вектора, то математическое ожидание данного вектора определяется покомпонентно.  $S$  — количество свойств предмета труда  $r_u$ .

$$r_u^{\max} = \{M(x_1 | c^{\max}), M(x_2 | c^{\max}), \dots, M(x_s | c^{\max})\}, s = 1, 2, \dots, S,$$

$r_u^{\max}$  — значения свойств предмета труда, приобретенные при максимальном уровне качества конечного продукта труда.  $M(x_s | c^{\max})$  — математическое ожидание одного свойства предмета труда при максимальном уровне качества продукта труда  $c$ .

$$\|\hat{r}_u\| = \sqrt{\sum_{s=1}^S M(x_s)^2},$$

где  $\|\hat{r}_u\|$  — норма вектора  $r_u$ .

$$\|r_u^{\max}\| = \sqrt{\sum_{s=1}^S M(x_s | c^{\max})^2},$$

где  $\|\hat{r}_u^{\max}\|$  — норма вектора  $r_u^{\max}$  единичная оценка, которую получит сотрудник при переходе из типа действия  $i$  в  $j$ .

Таким образом, оценку перехода из типа действия  $i$  в  $j$  можно представить следующим образом:

$$\phi_{ij} = \text{Prof}[c^{\max}] \cdot \left( \frac{\text{Cost}[r_u] \cdot 100}{\text{Cost}[c]} \right) \cdot \frac{\hat{r}_u \cdot r_u^{\max}}{\|\hat{r}_u\| \cdot \|r_u^{\max}\|} + \frac{\text{Pay}[k] \cdot M(t[O_z])}{\text{Tp}[k]}.$$

Также автор хотел бы отметить, что в системе управления трудовыми процессами предприятия было бы целесообразно и полезно разработать и использовать методику определения корреляций между свойствами отдельных предметов труда и свойств конечного продукта труда, к примеру с помощью регрессионного анализа. Это бы позволило проводить еще более глубокую и точную оценку трудового процесса. Однако данный вопрос — предмет для иного исследования.

## Заключение

Таким образом, разработанная модель позволяет спрогнозировать и определить какие именно шаги трудового процесса и в каком стоимостном выражении повлияли на конечный результат труда сотрудника. Полученная информация может быть использована в качестве конкретного научного обеспечения при принятии управленческих решений. К примеру, в вопросе разделения труда — то есть декомпозиции трудовых процессов и дальнейшего их распределения среди сотрудников предприятия. Разбиение трудового процесса на элементы и дальнейшая сегментация этих элементов по стоимостным и функциональным признакам позволяет поручить данные части на группы исполнителей, которые их выполняет с меньшими издержками.

Другим примером использования разработанной модели может быть её использование в системах пассивного управления трудовыми процессами предприятия (СПУТП), в режиме реального времени. СПУТП строит процесс управления не на принципе строгого контроля и управления вышестоящим руководством (ЛПР), а на представлении решений системы и ЛПР в виде рекомендаций, которым могут следовать исполнители или от которых они могут отказаться. Примером рекомендации в режиме реального времени может быть производительность исполнителя в текущий час или определённая последовательность его трудовых действий.

Так как на исполнителей трудовых процессов возлагаются новые функции, то логично предположить, что эти функции должны дополнительно вознаграждаться. Дополнительное вознаграждение ставит своей целью стимулирование заинтересованности персонала в использовании СПУТП. И для создания объективной и точной системы мотивирования по каждому исполнителю, значение премии рассчитывается в режиме реального времени и в соответствии с моделью (2). Значение выводится в интерфейс исполнителя, что мотивирует его следовать рекомендациям СПУТП и оказывает позитивное воздействие на исполнителей.

В отличие от существующих методов оценки, разработанный автором метод строится на вероятностной модели, что позволяет осуществлять прогнозирование трудовых издержек. Также метод учитывает не только временные показатели действий, но и качественные характеристики предметов труда.

## Список литературы

- Казанов В. К. Стоимостные показатели измерения производительности труда // Вопросы экономики, 1985. — №1. — С. 103–117.
- Тулупьев А. Л., Николенко С. И., Сироткин А. В. Байесовские сети. Логико-вероятностный подход. — М.: Наука, 2006.

- 
- Миускова Р. П., Киреева Л. Е.* К вопросу разработки и обновления нормативов времени индексным методом / Труд и норма. — 2012. — №1. — С. 24–30.
- Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.* Математико-статистические методы экспертных оценок. — М.: Статистика, 1980.
- Kemeny J. G., Snell J. L.* Finite Markov chains. The University Series in Undergraduate Mathematics // Princeton: Van Nostrand, 1960.