



УДК 519.816

В. Г. Тоценко, д-р техн. наук,
В. В. Цыганок, П. Т. Качанов, кандидаты техн. наук,
Ин-т проблем регистрации информации НАН Украины
(Украина, 03113, Киев, ул. Шпака, 2,
тел.: (044) 4542137, E-mail: Vitaliy.Tsyganok@gmail.com),
А. В. Александров, канд. техн. наук
НИЦ «Новые интеллектуальные системы»
(Россия, 123056, Москва, ул. 2-я Брестская, д. 19/18,
тел.: +7-495-2517707, E-mail: AAlex@icad.org.ru)

Методы реализации систем поддержки принятия решений для оценивания персонала по количественным критериям

(Статью представил д-р техн. наук В. Д. Самойлов)

Изложены основные принципы реализации систем поддержки принятия решений, ориентированных на оценивание работы персонала при наличии объективных документальных данных об итогах деятельности каждого сотрудника. Предложена методика оценивания подразделений в рамках структур непроизводственной сферы деятельности.

Викладено основні принципи реалізації систем підтримки прийняття рішень, орієнтованих на оцінювання роботи персоналу при наявності об'єктивних документальних даних про діяльність кожного співробітника. Запропоновано методику оцінювання підрозділів у рамках структур невиробничої сфери діяльності.

К л ю ч е в ы е с л о в а: системы поддержки принятия решений, оценка персонала, показатель эффективности работы сотрудника, показатель эффективности отдела.

В практической деятельности различных государственных учреждений, организаций, бизнес-структур и структур непроизводственной сферы часто возникает проблема объективного оценивания работы персонала на некоторых определенных промежутках времени. Актуальной может стать также проблема оценивания работы структурных подразделений перечисленных учреждений. Целью такого оценивания может быть повышение производительности труда сотрудников, установление эффективных стимулов для работы, планирование реструктуризации предприятия, реорганизации работы персонала и др.

Рассмотрим некоторые аспекты, связанные с таким оцениванием.

1. Для объективности оценивания, если есть возможность, целесообразно использовать не субъективные оценки руководителей, а объективные количественные показатели.

2. Не всегда такие показатели очевидны, известны и доступны.

3. Критерии, соответствующие упомянутым показателям, в общем случае, являются взаимно зависимыми.

4. Для разных категорий сотрудников существует множество различных критериев.

Предварительный анализ задачи позволил сделать вывод о том, что для ее решения методы многокритериального оценивания, в которых подразумевается использование взвешенной суммы оценок по критериям, не могут быть применены вследствие взаимной зависимости критериев. Для решения задачи расчета обобщенных оценок сотрудников предложено использовать идеи, заложенные в методе динамического целевого оценивания альтернатив [1].

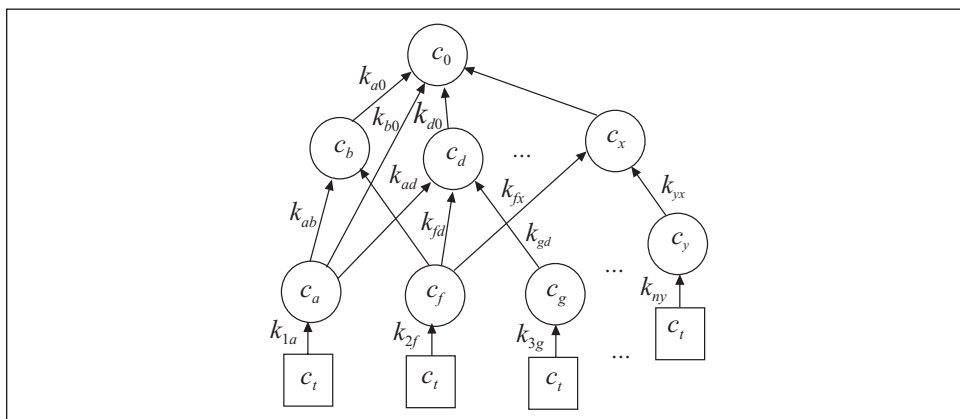
Для представления информации о важности и взаимном влиянии критериев оценивания персонала на этапе подготовки к работе используется база знаний сетевого типа — иерархия критериев. Кратко рассмотрим методику ее построения.

Нижний уровень иерархии образуют достижения сотрудников, представляющие собой документальные данные, используемые для оценивания их деятельности. На нижнем уровне находятся критерии, оценки по которым могут принимать заранее неизвестные дискретные значения. Содержание оценок по этим критериям можно назвать «итогами деятельности».

Оценки по таким критериям являются аддитивными. Кроме того, формальным признаком таких оценок является тип шкалы для их выражения. Это — абсолютная шкала [2]. Для оценок, выраженных в этой шкале, допустимы арифметические операции. Далее критерии такого типа будем называть аддитивными неопределенными.

Суть метода определения оценки эффективности работы персонала раскроем на примере системы поддержки принятия решений (СППР) «Нагляд» [3]. Бригада экспертов строит иерархию критериев, определяющих оценку эффективности работы сотрудника (отдела). Предполагается, что в рамках отдела могут быть использованы одни и те же критерии оценки. Если это не так, то отдел следует разделить на отдельные группы, для которых можно использовать одни и те же критерии. Эти группы будем также называть отделами. Таким образом, для каждого отдела строится своя иерархия критериев.

В процессе построения критерии всех уровней, за исключением последнего, раскладываются на подкритерии, каждый из которых характе-



ризуется относительным коэффициентом значимости (ОКЗ) в пределах множества подкритериев данного критерия. Этими коэффициентами на рисунке обозначены дуги графа иерархии критериев, который строится следующим образом. Вершины графа (кроме вершин последнего уровня) обозначаются критериями. Из вершины c_a исходит дуга, помеченная ОКЗ k_{ab} . Эта дуга входит в вершину c_b , если c_a есть подкритерий критерия c_b . Вершины самого нижнего уровня (терминальные) обозначаются возможными значениями оценок по тем подкритериям, которыми обозначены вершины предпоследнего уровня графа. Дуга, исходящая из терминальной вершины c_i и входящая в вершину c_a предпоследнего уровня, обозначается значением оценки k_{ja} j -го сотрудника относительно подкритерия c_a .

Таким образом, графы иерархий критериев, используемые для вычисления показателей эффективности различных сотрудников, отличаются только отметками дуг, выходящих из терминальных вершин. Каждый из этих графов есть направленный нагруженный граф типа сети. Однако каждый из таких графов имеет корневую вершину, обозначенную критерием c_0 , из которой не выходит ни одной дуги.

Введем несколько понятий.

Определение 1. Интегральная оценка σ_u по критерию c_u , имеющему p подкритериев $c_{u1}, c_{u2}, \dots, c_{up}$, определяется соотношением

$$\sigma_u = \sum_{l=1}^p x_{ul} \sigma_{ul},$$

где x_{ul} — относительный коэффициент значимости l -го подкритерия c_{ul} критерия c_u ; σ_{ul} — интегральная оценка по l -му подкритерию c_{ul} критерия c_u .

Определение 2. Значение оценки эффективности j -го сотрудника равно интегральной оценке этого сотрудника по критерию c_0 , которым обозначена корневая вершина графа иерархии критериев.

Итак, неформально способ вычисления значения коэффициента эффективности j -го сотрудника можно описать следующим образом.

Строится граф иерархии критериев, характеризующих различные аспекты деятельности сотрудника. Далее с помощью экспертов определяются коэффициенты значимости критериев. На основе анализа документальных данных j -го сотрудника определяются значения его достижений и с помощью графа иерархии критериев вычисляется обобщенная оценка j -го сотрудника по критерию c_0 , которым обозначена корневая вершина графа иерархии критериев.

Рассмотрим методы решения задач, составляющих суть определенных выше этапов.

Метод построения иерархии критериев. Иерархия критериев строится в два этапа: на первом этапе выполняется процедура продвижения сверху вниз, а на втором — процедура продвижения в обратном направлении.

Суть первой процедуры заключается в следующем. Эксперту ставится вопрос: «Какие, по Вашему мнению, критерии определяют эффективность деятельности сотрудника данного отдела?» Пусть это будут критерии c_1, c_2, \dots, c_p . По каждому из них эксперту ставится вопрос: «Увеличение оценки по этому критерию положительно или отрицательно влияет на показатель эффективности деятельности сотрудника?».

Кроме формулировки множества критериев первая процедура предполагает также определение возможности прекращения дальнейшей декомпозиции критериев. Для этого эксперту задается вопрос: «Можно ли выразить оценку сотрудника по этому критерию документально подтвержденными данными?» Если он ответил «да», то дальнейшая декомпозиция критерия не нужна, следует перейти к формулировке значений данных, определяющих оценку по этому критерию, если — «нет», то рассмотрим критерий c_1 и зададим те же вопросы, которые ставились перед ним относительно критерия «показатель эффективности сотрудника», однако теперь вместо последнего критерия в вопросе должен фигурировать критерий c_1 .

Предложим эксперту определить возможность прекращения дальнейшей декомпозиции критерия c_1 , ставя ему те же вопросы, что и относительно критерия более высокого уровня. Нетрудно видеть, что реализация описанной процедуры всегда обеспечит построение иерархии критериев за конечное число шагов.

Действительно, поскольку в такую иерархию критериев на нижнем уровне могут включаться только критерии, оценки по которым подтверж-

даются документально, появление в иерархии такого подкритерия означает прекращение декомпозиции критериев на следующем шаге. Поскольку число таких критериев конечно, то и число возможных их комбинаций, определяющих содержание критериев более высокого уровня, также конечно. Из этого следует, что любая иерархия такого типа может быть построена за конечное число шагов.

Процедура продвижения снизу вверх состоит в том, что для каждого критерия определяются все непосредственные надкритерии. Для этого, начиная с произвольно выбранного подкритерия c_j нижнего уровня, СППР предлагает определить все надкритерии критерия c_j и эксперту задается вопрос «Согласны ли Вы с составом множества надкритериев критерия c_j ?» Если эксперт не согласен (т.е. считает, например, что критерий c_h не является надкритерием критерия c_j), то ему предлагается исключить связь от вершины c_j к вершине c_h (режим «исключить влияние»). Аналогично, если несогласие эксперта заключается в том, что в иерархии критериев нет связи между надкритерием c_h и критерием c_j , то эксперту предлагается установить эту связь (режим «установить влияние»).

Понятно, что декомпозиция критериев требует специальных знаний в области, к которой относится соответствующий критерий. С целью повышения достоверности результатов оценки для построения иерархии критериев привлекается несколько экспертов, подбор которых осуществляет руководитель работы, исходя из их профессиональной подготовки и направлений деятельности. При построении структуры иерархии используется метод «мозгового штурма».

На следующем этапе построения иерархии устанавливаются связи между критериями, сформулированными разными группами экспертов. Эта работа выполняется во время общего совещания всех экспертов.

Характерная особенность метода построения иерархии заключается в том, что априори состав группы экспертов нельзя определить. Он зависит от содержания раскрываемого на очередном шаге критерия и профессиональной подготовки экспертов.

Определение коэффициентов значимости критериев. Процедура определения коэффициентов значимости критериев является следующим этапом процесса вычисления показателя эффективности сотрудника. Для ее выполнения привлекается та же группа экспертов, которая принимала участие в формулировке этих критериев на предыдущем этапе. Для определения коэффициентов значимости критериев предлагается использовать один из методов парных сравнений с обратной связью при групповом оценивании (например, изложенный в [4]).

Задачу групповой оценки значимости подкритериев сформулируем так. Дано множество $E = \{e_r\}$ экспертов, $r = (1, m)$, и множество $K' = \{c_j\}$,

$j = (1, k)$, подкритериев критерия K ; r -й эксперт характеризуется нормированным относительным коэффициентом компетентности t_{ry} по обсуждаемому вопросу P_y . Задан алгоритм получения и обработки ненормированных экспертных оценок $v_j, j = (1, k)$, значимости подкритериев относительно критерия K . Требуется определить агрегированные согласованные нормированные оценки w_j значимости подкритериев относительно этого критерия.

Определение коэффициентов значимости достижений сотрудника проводится на основе документальных данных, полученных в результате проверки его работы. Метод вычисления этих коэффициентов определяется типом подкритериев нижнего уровня.

Рассмотрим эту задачу применительно к аддитивным неопределенным подкритериям. Напомним, что оценки по этим подкритериям могут принимать дискретные значения, которые, однако, не известны. Суть операции определения оценок $e_{u1}, e_{u2}, \dots, e_{um}$ сотрудников по u -му критерию заключается в следующем. Исходя из документальных данных определяют число v_{uj} достижений j -го сотрудника. Относительная оценка e_{uj} j -го сотрудника по u -му критерию имеет вид

$$e_{uj} = v_{uj} / \sum_{i=1}^m v_{ui},$$

где v_{uj} — ненормированное значение оценки; m — число сотрудников.

Вычисление обобщенной оценки (показателя эффективности) сотрудника сводится к вычислению ненормированной интегральной оценки по критерию c_{0h} (описывающему h -го сотрудника), которым обозначена корневая вершина графа иерархии критериев, с последующим нормированием этих оценок, т.е. к вычислению интегрированных оценок по всем его подкритериям. В свою очередь, определение интегрированной оценки по каждому такому подкритерию сводится к нахождению оценок по всем его подкритериям и так далее, вплоть до подкритериев последнего (нижнего) уровня. Метод вычисления этих оценок описан выше.

По индукции нетрудно показать, что оценки o_{jh}^* по критерию c_{0h} вычисляются так:

$$o_{jh}^* = \sum_{\xi=1}^{\theta} o_{j\xi} \sum_{\beta=1}^{\tau_{\xi}} \prod_{a_{\eta\mu\beta} \in Z_{\xi\beta 0}} w_{\eta\mu}^{\beta},$$

где $w_{\eta\mu}^{\beta}$ — относительный коэффициент важности η -го подкритерия критерия c_u , который обозначает дугу $a_{\eta\mu\beta}$, принадлежащую β -му простому

пути $Z_{\xi\beta_0}$ в графе иерархии критериев от ξ -й вершины (подкритерия) нижнего уровня до корневой вершины; τ_ξ — число простых путей в графе иерархии критериев от ξ -й вершины (подкритерия) нижнего уровня до вершины самого верхнего уровня (корневой вершины графа); $o_{j\xi}$ — относительная оценка j -го сотрудника по ξ -му подкритерию нижнего уровня; θ — число подкритериев нижнего уровня.

Таким образом, для вычисления ненормированного значения показателя эффективности необходимо найти множество простых путей в графе иерархии критериев, которые соединяют вершину c_i нижнего уровня с вершиной c_0 наивысшего уровня. Известно много алгоритмов решения этой задачи. Учитывая, что граф иерархии критериев — ориентированный и не имеет циклов, наиболее приемлемым представляется модифицированный алгоритм К. Бержа [5, 6].

Суть алгоритма заключается в следующем. Отмечаем вершину c_i пометкой 0, а вершины, являющиеся ее однопреемниками, — пометкой 1. Далее отмечаем пометкой 2 каждую вершину c_a , удовлетворяющую условиям:

- а) вершина c_a не имела до этого пометки 2;
- б) вершина c_a является однопреемником хотя бы одной вершины, у которой пометка 1 — первая.

После этого отмечаем пометкой 3 все вершины, еще не имеющие этой пометки и являющиеся однопреемниками какой-нибудь вершины с пометкой 2, которая у нее первая и т.д.

Учитывая, что граф иерархии критериев — направленный и не имеет циклов, этот процесс заканчивается, когда исчерпаны все возможности увеличить число пометок вершины c_0 . Нетрудно видеть, что это условие выполняется, когда множество вершин, для которых изменено множество пометок, содержит единственную вершину c_0 . Это утверждение следует из того, что поскольку по условию c_a является вершиной самого высокого уровня, из нее не выходит ни одна дуга, и поэтому нельзя продолжить пути, если множество пометок изменено только для этой вершины. Следует заметить, что множество пометок конечной вершины c_a содержат значения длины путей в эту вершину из начальной вершины c_i .

После завершения процесса разметки вершин начинается построение простых путей из c_i в c_0 . Пути строятся в обратном порядке, начиная с конечной вершины c_0 . Для этого записывают конечную вершину и анализируют множество ее пометок с целью определения вершин, которые в простых путях могут предшествовать конечной вершине c_0 . Такими являются вершины, удовлетворяющие следующим условиям:

- они отличны от конечной вершины, которая для них есть однопреемник;

первая (но не какая-либо!) пометка вершины равна одному из чисел $j_1 - 1, j_2 - 1, \dots, j_k - 1$, где j_1, j_2, \dots, j_k — пометки конечной вершины.

Для продолжения построения простых путей обобщим упомянутые условия на произвольный случай, когда уже построен конечный отрезок пути, оканчивающийся вершиной c_γ , имеющей пометки $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_b$. Вершина c_d может предшествовать c_γ в простом пути, если она удовлетворяет таким условиям:

имеет c_γ в качестве однопреемника и отличается от всех вершин, уже включенных в путь;

первая пометка вершины c_d равна одному из чисел $\gamma_1 - 1, \gamma_2 - 1, \dots, \gamma_b - 1$.

Последней операцией, не требующей дополнительных пояснений, является нахождение непосредственно по графу последовательности дуг, соответствующей полученной последовательности вершин.

Учитывая, что определение множества простых путей от вершины наинизшего уровня в вершину наивысшего уровня не есть самоцелью, а лишь этапом вычисления интегрированной оценки по множеству критериев, модернизируем изложенный алгоритм. Модернизация заключается в объединении процесса пометки вершин и вычисления интегрированных оценок по подкритериям, а также использовании этих оценок в качестве отметок вершин.

Алгоритм вычисления интегрированной оценки.

1. С помощью описанных методов вычислить оценки достижений сотрудника по аддитивно неопределенным критериям.

2. $i := 1$.

3. Определить множество K_i критериев, для каждого из которых вычислены оценки по всем его подкритериям.

4. Определить значения интегрированных оценок по всем критериям $c_a \in C_i$.

5. Если $c_0 \in K_i$, где c_0 — критерий, которым помечена вершина наивысшего уровня графа иерархии критериев, то перейти к п. 7, иначе — к п. 6.

6. $i := i + 1$, перейти к п. 3.

7. Конец.

Нетрудно доказать, что вследствие отсутствия циклов в графе иерархии критериев изложенный алгоритм за конечное число шагов позволяет вычислить интегрированную оценку по критерию c_0 .

Вычисление показателя эффективности отдела. Эффективность работы отдела определяет эффективность работы каждого сотрудника этого отдела. В связи с этим возникает задача определения показателя эффективности отдела, если известны все данные, позволяющие описанными выше методами определить показатели эффективности сотрудников отдела.

В реальной жизни коллектив, в данном случае — отдел, не простое объединение людей. Совместная работа в одном коллективе имеет много как положительных, так и отрицательных моментов. Однако учет их — скорее психологическая проблема, решение которой выходит за рамки данной статьи. В связи с этим задача определения показателя эффективности отдела решается в предположении, что отношения между членами отдела не влияют на величину показателя эффективности отдела.

Сформулируем задачу. Дано:

иерархия критериев, определяющих деятельность отдела и всех его членов;

значения $v_{11}, v_{12}, \dots, v_{1n}, v_{21}, v_{22}, \dots, v_{2n}, \dots, v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{kn}$ оценок по критериям нижнего уровня иерархии критериев, определяющих деятельность отдела и всех его членов (результаты плановой и внеплановой проверки);

n — число критериев нижнего уровня иерархии критериев;

k — число сотрудников в отделе.

Найти показатель эффективности деятельности отдела.

Решение задачи сводится к выполнению следующих действий.

1. Находят обобщенные по отделу значения частных коэффициентов влияния $w_i, i = (1, n); j = (1, k)$ критериев нижнего уровня иерархии критериев деятельности отдела:

$$\forall 1 \leq i \leq n \left[w_i = \text{sing}(v_i) \left(v_i / \sum_{j=1}^k v_{ij} \right) \right].$$

Значение функции $\text{sing}(v_i)$ определяется как 1 или -1 , в зависимости от того, положительное или отрицательное влияние оказывает i -й критерий на критерий верхнего уровня.

2. В соответствии с алгоритмом вычисления интегрированной оценки находят значение показателя эффективности отдела, соответствующее полученным обобщенным частным коэффициентам влияния w_i .

Выводы. 1. Предложенные методы и алгоритмы могут быть использованы при практической реализации СППР, предназначенных для оценки персонала.

2. Изложенные подходы и методы реализованы в разработанной авторами СППР «Нагляд» [3].

3. Дальнейшим развитием изложенной методики может быть применение приема сравнения вычисленной эффективности сотрудника с таким же показателем «эталонного» сотрудника.

Basic construction principles are described for decision support systems aimed to assess the work efficiency of a staff member, if the objective documented data about each worker's activity results are present. The methods of assessment of departments in the non-productive sphere structures is presented.

1. *Totsenko V. G.* One approach to the decision making support in R&D planning. Part 2. The method of goal dynamic estimating of alternatives// *Journal of Automation and Information Sciences.* — 2001. — Vol. 33, No. 4. — P. 82—90.
2. *Литвак Б. Г.* Экспертная информация. Методы получения и анализа. — М. : Радио и связь, 1982. — 184 с.
3. *Свідоцтво* про реєстрацію авторського права на твір №23927 Державного департаменту інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України від 11/03/2008р. / Тоценко В. Г., Цыганок В. В., Качанов П. Т., Александров О. В. Комп'ютерна програма «Система оцінки персоналу за кількісними критеріями «Нагляд»».
4. *Zgurovsky M. Z., Totsenko V. G., Tsyganok V. V.* Group incomplete paired comparisons with account of expert competence// *Mathematical and Computer Modelling.* — 2004. — V. 39, № 4—5. — P. 349—361.
5. *Берж К.* Теория графов и ее применения. — М. : Иностранная литература, 1962. — 319 с.
6. *Зыков А. А.* Теория конечных графов. — Новосибирск : Наука, 1969. — 543 с.

Поступила 30.05.08

ТОЦЕНКО *Виталий Георгиевич*, д-р техн. наук, зав. отделом Ин-та проблем регистрации информации НАН Украины. В 1958 г. окончил Киевское высшее инженерное авиационное военное училище военно-воздушных сил. Область научных исследований — системы поддержки принятия решений.

ЦЫГАНОК *Виталий Владимирович*, канд. техн. наук, и.о. зав. отделом Ин-та проблем регистрации информации НАН Украины. В 1989 г. окончил Киевское высшее инженерное радиотехническое училище противовоздушной обороны. Область научных исследований — системы поддержки принятия решений.

КАЧАНОВ *Петр Тимофеевич*, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. Ин-та проблем регистрации информации НАН Украины. В 1953 г. окончил Киевское высшее инженерное авиационное военное училище военно-воздушных сил. Область научных исследований — системы поддержки принятия решений.

АЛЕКСАНДРОВ *Александр Владимирович*, канд. техн. наук, директор НИЦ «Новые интеллектуальные системы», г. Мытищи, (Россия). В 1978 г. окончил Киевское высшее инженерное радиотехническое училище противовоздушной обороны. Область научных исследований — системы поддержки принятия решений.