

УДК 519.816

Н.М. Кораблев

## ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Исследуются вопросы формирования экспертных групп, в которых эксперт рассматривается как измерительный прибор. Построена математическая модель выбора множества экспертов в соответствии с методом «снежного кома», использование которого требует больших затрат времени и средств на проведение опроса. Получена приближенная оценка количества экспертов при однотуровом опросе, которая позволяет существенно упростить экспертную процедуру.*

**неопределенность, количество экспертов, модель, оценка, признак**

**Введение.** Проблема принятия решений в условиях неопределенности составляет в настоящее время одно из важнейших направлений исследования методов решения слабо структурированных и плохо формализованных задач [1, 2]. Выбор наилучшего варианта в таких условиях усложняется отсутствием формализованной связи между объектами и их признаками, а также недостаточной объективной информацией о количественных значениях исходных данных, часто носящих только качественные оценки. Вследствие этого, в системах поддержки принятия решений недостаток объективной информации восполняется субъективной оценкой характеристик, данной экспертом на основе его опыта, знаний, интуиции.

Исследуемые объекты можно опознавать или различать на основе признаков. Уровень одних признаков может быть выражен количественно (амперы, часы, минуты и т.д.), уровень других нельзя точно выразить с помощью числа, они являются качественными. Часто оказывается, что признаки, определяющие конечные результаты, не поддаются непосредственному измерению. В этих условиях принятие

решений сводится к задаче выбора на множестве альтернатив. Процедура принятия решения в условиях выбора при наличии нескольких объектов, которые характеризуются набором признаков, содержит в себе элементы экспертных суждений.

Сбор экспертных данных понимается как этап процесса принятия решений, на котором эксперт рассматривается как измерительный прибор. Несмотря на разнообразие типов экспертной информации и экспертиз, можно говорить о проблемах общего характера, с которыми приходится сталкиваться при организации и проведении любой экспертизы. Это проблемы подбора экспертов, комплектования экспертных групп, сбора у экспертов информации, ее анализа и обработки [3, 4].

**Формирование экспертных групп.** Понимается как проблема выбора из некоторого множества специалистов (кандидатов в эксперты) лиц, наиболее компетентных в рассматриваемом круге вопросов, и составления из них экспертных групп. Эту проблему целесообразно рассматривать как специфический вид профессионального отбора, в котором под сте-

пенью професійної придатності розуміється ступінь компетентності кандидата [5]. Однак існують аспекти, не розроблені теорією професійного відбору.

Во-перших, в останній не ставиться питання про пошук кандидатів, так як в профотборі розглядаються складні професії і посади, вимоги до яких вже сформувалися. В експертизі ж, скоріше, правило, ніж виключення, постановка таких нових, складних питань, що раніше не ясно, хто це фахівці, на які вони повинні відповісти. Тому пошук фахівців, здатних (з певною або іншою ступенем компетентності) надавати інформацію по поставленому питанню, стає самостійною задачею.

Во-других, в експертному відборі змінюється завдання оцінювання компетентності кандидатів. Якщо в традиційних завданнях профотбору достатньо чітко позначені як характеристики компетентності, так і тести для їх вимірювання, то в відборі фахівців це зазвичай не так. Нове питання зазвичай вимагає нового підходу до визначення компетентності людей в даному питанні. Крім того, експерт – це не тільки фахівець високого класу, але і людина, здатна на основі професійних знань надавати інформацію по певним вимогам і правилам.

Во-третьих, в відміння від складної теорії профотбору в експертному відборі з'являється, як правило, необхідність в комплектуванні груп фахівців. Причина в тому, що експертиза дуже рідко організується для відповіді на простий індивідуальний питання. Частіше це комплекс взаємопов'язаних питань або один такий складний, відповідь на який можна, тільки розбивши його на більш прості.

Визначити можливо повне множини фахівців по розглядаваному питанню не завжди просто, особливо в нових або в межових областях знань, де априорно не ясно не тільки наявний склад фахівців, але і змістовне наповнення поняття «фахівець».

На практиці використовуються спрощені способи складання списків фахівців-кандидатів. Відомий спосіб, заслуговує уваги як один з ефективних можливих підходів до рішення поставленої задачі: – спосіб «сніжний ком». [6]. Спосіб виходить з передумовки, що дослідник, який займається організацією експертизи, раніше знає хоча б декілька осіб, які певно будуть фахівцями в потрібному розумінні. Кожен з цих осіб просить назвати відомих їм фахівців в даному питанні. Названих нових осіб просить, в свою чергу, зробити те ж саме і т.д. Цей процес повинен завершитися на певній ітерації, в результаті якої наявний на той момент список не поповниться ні одним новим особою.

**Модель вибору множини фахівців методом**

«сніжного кома». Нехай  $M_0$  – кількість початкових, відомих раніше осіб. Перший опитаний з них назвав  $m(1)$  нових осіб, всього кандидатів стало  $M_0 + m(1)$ . Після опитування  $k$ -го особи з  $M_0$  виявлених осіб стане

$$M_0 + \sum_{j_1=1}^k m(j_1), \tag{1}$$

а в результаті першого туру

$$M_1^0 = M_0 + M_1, \tag{2}$$

де  $M_1$  – кількість нових осіб, названих після першого туру, рівно

$$M_1 = \sum_{j_1=1}^{M_0} m(j_1). \tag{3}$$

Во другому турі опитуються тільки нові кандидати, т.е. входять в  $M_1$ . Після другого туру загальна кількість виявлених осіб  $M_2^0$  рівно

$$M_2^0 = M_0 + M_1 + M_2, \tag{4}$$

де  $M_2 = \sum_{j_2=1}^{M_1} m(j_2)$ .

Таким чином,

$$M_2^0 = M_0 + \sum_{j_1=1}^{M_0} m(j_1) + \sum_{j_2=1}^{m_{\Sigma}} m(j_2), \quad m_{\Sigma} = \sum_{j_1=1}^{M_0} m(j_1). \tag{5}$$

І в загальному вигляді після  $r$ -го туру будемо мати:

$$M_r^0 = \sum_{i=0}^r M_i = \sum_{i=0}^r \sum_{j_i=1}^{M_{i-1}} m(j_i). \tag{6}$$

Звичайно, що в початковий момент не відомо, на якій ітерації завершиться процедура. Ідеальний варіант доведення її до того моменту, коли не з'явиться ні одна нова особа. Однак за це доводиться платити великими витратами часу і коштів на проведення опитування, особливо тоді, коли зв'язок з опитуваними не встановлюється миттєво. При цьому треба врахувати, що за логікою опитування на більш пізніх турах з'являлося все менше осіб.

**Одноступеневе оцінювання кількості фахівців.**

Отримаємо оцінку кількості фахівців після одного туру опитування. Для цього побудуємо стохастичну модель досліджуваного процесу. Нехай, що  $N+1$  – загальна кількість кандидатів;  $M_0$  – кількість априорно відомих кандидатів;  $m$  – кількість осіб, названих кожним опитуваним кандидатом;  $m^*$  – кількість нових, не входять в  $M_0$  осіб, названих опитаним. Допустимо, що кожен опитаний з  $M_0$  називає  $m$  відомих йому осіб з  $N$  (з  $N^* = (N+1)$ , виключаючи опитаного). Будемо розглядати випадок повної невизначеності: опитаний з однаковою ймовірністю називає будь-які  $m$  осіб з  $N$ . Нарешті, будемо трактувати  $m^*$  як випадкову величину, приймає значення від 0 до  $m$ . Тоді

вероятність того, що какой-то опрошенный из  $M_0$  назовет  $l$  новых лиц, равна [7]:

$$P(m=l) = C_{N+1-M_0}^{m-l} / C_N^m \quad (7)$$

где величина  $l$  изменяется от 0 до  $m$ ;  $C$  – знак сочетания.

Пусть, к примеру, каждый кандидат из  $M_0$  называет только одного человека, т.е.  $m=1$ , тогда  $l$  может принимать два значения - 0 или 1:

$$\begin{aligned} P(m(1)=0) &= \frac{(M_0-1)}{N}; \\ P(m(1)=1) &= \frac{(N+1-M_0)}{N}. \end{aligned} \quad (8)$$

Распределение  $P(m^*=l)$  есть гипергеометрическое распределение [7], из чего можно получить математическое ожидание  $m^*$  и другие моменты. В данном случае нас интересует математическое ожидание случайной величины  $m$ , равно:

$$e(m) = \frac{N+l-M_0}{N}. \quad (9)$$

Для получения искомой оценки приравняем математическое ожидание к выборочному среднему по данным первого тура:

$$e(m) \approx \frac{1}{M_0} \sum_{i=1}^{M_0} f(i), \quad (10)$$

где

$$f(i) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й кандидат из } M_0 \text{ называет лицо,} \\ & \text{не входящее в } M_0, \\ 0, & \text{в противоположном варианте,} \end{cases}$$

отсюда следует, что

$$N \approx mM_0(M_0-1) / \left( mM_0 - \sum_{i=1}^{M_0} f(i) \right). \quad (11)$$

Искомая приближенная оценка возможного числа кандидатов  $N^*$  на единицу больше и равна:

$$N^* \approx mM_0(M_0-1) / \left( mM_0 - \sum_{i=1}^{M_0} f(i) \right) + 1. \quad (12)$$

При использовании полученной оценки  $N^*$  необходимо иметь в виду ее приближенный характер.

**Пример оценки количества экспертов.** В рамках экспертизы по выработке основных показателей множества признаков, характеризующих принятие решений в стоматологии, было известно только два несомненных специалиста в данном вопросе. Каждому из них было предложено назвать еще по четыре специалиста. Опрос выявил шесть новых лиц, не входящих в начальную двойку. При этих условиях оценка  $N^*$ , исчисленная по формуле (12), равна девяти. Реальное число выявленных лиц:

$$M_0 + \sum_{i=1}^{M_0} f(i) = 2 + 6 = 8.$$

Полученное число мало отличается от  $N^*$ , исходя из чего можно считать, что последующие итерации не являются необходимыми. Однако они были проведены. На второй итерации был проведен аналогичный опрос шести выявленных лиц, который позволил добавочно выявить только двух новых экспертов. На третьей итерации опрашивались эти двое, и в числе названных ими лиц не оказалось ни одного нового. В данном случае оценка  $N^*$  «сработала»:

$$M_0 + \sum_{i=1}^{M_0} f(i) = 2 + 6 + 2 = 10.$$

Известны случаи, когда при проведении подобных экспериментов небольшое число новых лиц, появившихся после первых туров, выявлялось посредством многих итераций (по 1 – 2 лица на каждой итерации). В этих случаях применение оценки  $N^*$  особенно актуально.

В результате проведенных трех итераций осуществлен отбор десяти специалистов по выработке основных показателей множества признаков, характеризующих принятие решения в той или иной ситуации, возникающей при лечении заболевания пародонта с помощью электрофореза.

**Выводы.** Извлечение качественных экспертных данных предполагает организацию и проведение экспертизы, реализация которой сопряжена с формированием экспертных групп. Использование для этих целей метода «снежного кома», для которого была получена математическая модель, предполагает многотуровый опрос экспертов, что требует больших затрат времени и средств. Для упрощения процедуры экспертного опроса была получена приближенная оценка числа экспертов при однотуровом опросе, эффективность которой была подтверждена на конкретном примере.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.
2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002. – 215 с.
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 357 с.
4. Герман О.В. Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний. – Минск: Дизайнпро, 1995. – 412 с.
5. Гуревич К.М. Профессиональная пригодность и основные свойства нервной системы. – М.: Наука, 1970. – 288 с.
6. Добров Г.М., Ершов Ю.В., Левин Е.И., Смирнов Л.П. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. – К.: Наук. думка, 1974. – 268 с.
7. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Сов. радио, 1972. – 551 с.

Поступила 3.04.2006

**Рецензент:** канд. техн. наук, доц. А.Б. Егоров, Харківський національний університет радіоелектроніки.