УДК 519.866

АНАЛИЗ ВРЕМЕНИ ДОСТИЖЕНИЯ КОНСЕНСУСА В РАБОТЕ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМИТЕТОВ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© И. З. Аронов[1], О. В. Максимова[2]

Статья поступила 25 мая 2016 г.

Представлены результаты статистического моделирования, характеризующие зависимость времени достижения консенсуса от числа членов технических комитетов по стандартизации (ТК) и их авторитарности. Использована математическая модель обеспечения консенсуса в работе ТК, основанная на модели, предложенной ДеГроотом. Проведен анализ основных проблем достижения консенсуса при разработке консенсусных стандартов в условиях предложенной модели. Показано, что увеличение числа экспертов ТК и их авторитарности негативно влияет на время достижения консенсуса и способствует разобщенности группы.

Ключевые слова: технические комитеты по стандартизации; консенсус; регулярные марковские цепи; время достижения консенсуса.

В настоящее время деятельность по стандартизации, связанная с разработкой национальных стандартов, предполагает проведение экспертизы проектов национальных стандартов в рамках соответствующих добровольных объединений заинтересованных организаций, которые (объединения) называются техническими комитетами по стандартизации (ТК). Перечень ТК приведен на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта) http://www.gost.ru.

Росстандарт утверждает стандарт только тогда, когда в отношении проекта этого документа обеспечен консенсус членов ТК. Здесь под консенсусом согласно Руководству ИСО/МЭК 2 понимается отсутствие принципиальных разногласий у большинства членов ТК применительно к положениям стандарта. Таким образом, обеспечение консенсуса в рамках ТК является важнейшей задачей при разработке стандарта. Переход к принятию решения на основе консенсуса связан с перестройкой деятельности Росстандарта, чему предшествовала содержательная критика работы Госстандарта (предшественника Росстандарта), например, в работе [1].

Принцип принятия решения на основе консенсуса в настоящее время широко используется в рамках различных диалогов (двусторонних или многосторонних переговоров), в работе международных организаций (например, АТЭС), в деятельности движений или партий. Сравнивая консенсус как способ принятия решений с голосованием, можно отметить, что голосование исходно порождает соперничество (а не сотрудничество), не учитывает возможность компромисса, вынуждает меньшинство подчиниться мнению большинства (чего на самом деле не происходит, потому что меньшинство, как правило, остается при своем мнении), нарушает сплоченность общества или группы [2]. Вопросы достижения консенсуса в ТК, в основе которого лежит, как правило, возможность и способность его членов к компромиссу, в настоящее время практически не исследованы. Недаром отмечено [3], что «Искусство компромисса — одно из самых сложных …».

В работе [4] была продемонстрирована принципиальная возможность описания процесса достижения консенсуса на основе регулярных цепей Маркова [5]. В последнее время эта модель нашла применение в разных приложениях, например, при управлении в социальных сетях [6], управлении автоматами [7], переговорном процессе [8].

Работа ТК оценивается с точки зрения времени достижения консенсуса [9], поэтому на практике так важен вопрос оценки скорости сходимости мнений экспертов в зависимости от параметров, характерных для ТК (числа членов и их авторитарности), который до настоящего времени не проанализирован. Цель работы — исследование влияния отмеченных факторов на время достижения консенсуса с использованием аппарата регулярных марковских цепей, удовлетворительно описывающего процесс достижения консенсуса.

Описание модели обеспечения консенсуса на основе регулярных цепей Маркова

Обозначим через n число членов ТК, участвующих в обсуждении. Пусть $\mathbf{S}(0) = (s_0^1; \ldots; s_0^n)$ — вектор начальных мнений членов ТК, где s_0^i — мнение i-го

[1] МГИМО МИД РФ, Москва, Россия; e-mail: aiz@gost.ru
[2] Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия;
e-mail: omaksimova@hse.ru

эксперта. Члены ТК (эксперты) обмениваются между собой мнениями относительно значений вектора **S** в рамках заседания ТК. При этом мнение каждого из экспертов может меняться в зависимости от степени (уровня) доверия этого эксперта к мнению другого члена ТК, а также от степени уверенности (доверия) эксперта к своему мнению.

Наряду с активностью участников обсуждения консенсус часто требует гибкости в принятии решений. В связи с этим зададим вероятность доверия i-го эксперта к мнению j-го эксперта строгим неравенством $0 < p_{ij} < 1$ ($i = 1, ..., n$; $j = 1, ..., n$, $i \neq j$). При этом также предположим, что i-й эксперт доверяет и себе с определенной вероятностью $0 < p_{ij} < 1$. Ее можно интерпретировать и как уровень авторитарности[3] экспертов: чем больше значение p_{ij}, тем выше авторитарность члена ТК. Вопросы авторитарности личности исследованы достаточно подробно, что позволяет ввести соответствующую шкалу [10]. Это важно для практических рекомендаций по управлению ТК.

Таким образом, для моделирования деятельности ТК будем учитывать именно лояльность экспертов [11], отказавшись от абсолютно авторитарных членов и абсолютно безответственных в принятии решений. В результате моделирования формируется квадратная матрица доверия $\mathbf{P}_{n\times n} = (p_{ij})$, которая задает последовательный процесс согласования мнений членов ТК. Сумма вероятностей p_{ij} в каждой строке матрицы равна единице, т.е.

$$\forall i \in \overline{1,n} \left[\sum_{j=1}^{n} p_{ij} = 1 \right].$$

На первом шаге согласования мнений экспертов вектор мнений членов ТК вычисляется по формуле

$$\mathbf{S}^{\mathrm{T}}(1) = \mathbf{P}_{n\times n}\mathbf{S}^{\mathrm{T}}(0) = (s_1^1, \ldots, s_1^n)^{\mathrm{T}},$$

где $\mathbf{S}^{\mathrm{T}}(\cdot)$ — вектор-столбец размерности $n \times 1$. После k-го шага согласований вектор мнений

$$\mathbf{S}^{\mathrm{T}}(k) = (s_k^1, \ldots, s_k^n)^{\mathrm{T}} = \mathbf{P}_{n\times n}\mathbf{S}^{\mathrm{T}}(k-1) = \mathbf{P}_{n\times n}^{k}\mathbf{S}^{\mathrm{T}}(0). \quad (1)$$

Итерационный процесс прекращается на m-м шаге, если все строки матрицы $\mathbf{P}_{n\times n}^{m}$ становятся одинаковыми.

Математически это означает, что матрица доверия $\mathbf{P}_{n\times n}$ после m итераций достигла финальной матрицы **F**. Поскольку финальная матрица **F** при последующих итерациях уже не изменяется, то, соответственно, останется прежним и вектор мнений экспертов $\mathbf{S}(m) = \mathbf{S}(0)\mathbf{P}_{n\times n}^{m} = (s_m^1, \ldots, s_m^n)$. Это согласуется с известным положением теории групповой динамики, описывающей процессы, происходящие в социальных группах [12]: «...в конце концов группа находит точки соприкосновения, соединяя все полезные идеи воедино».

Из теории марковских цепей [5] следует, что необходимым и достаточным условием сходимости начальной матрицы **P** к финальной матрице **F** (необходимым и достаточным условием достижения консенсуса) при любом векторе исходных мнений является регулярность[4] матрицы **P**. Другими словами, необходимо и достаточно, чтобы суммы по строкам матрицы **P** были равны единице и при этом для каких-либо вероятностей p_{ij} выполнялось строгое неравенство $0 < p_{ij} < 1$. Как было написано выше, в терминах деятельности ТК важно, чтобы эксперты были лояльными.

Таким образом, если матрица доверия **P** регулярна (т.е. имеются не амбициозные эксперты с выраженным мнением), то каковы бы ни были начальные мнения членов ТК, консенсус достижим, хотя может и за значительное число итераций (обсуждений в рамках ТК).

Это означает, что в некоторых случаях даже при лояльных экспертах требуются значительные временные затраты для его достижения.

Частные случаи в модели обеспечения консенсуса в работе ТК

О том, что представленная модель работоспособна, свидетельствует анализ ситуаций, в которых нарушается условие лояльности экспертов [9].

Доминирование. Если в группе имеется один авторитарный эксперт ($\exists i = \overline{1,n}\ p_{ii} = 1$), то его мнение в результате согласований (итераций) не изменяется (в финальной матрице **F** именно элемент p_{ii} остается равным единице). Присутствие в ТК как авторитарного эксперта, так и эксперта с уровнем доверия к себе, близким к единице, надолго затягивает принятие консенсуса. Действительно, такого члена ТК сложно переубедить. Поэтому включение амбициозного члена в ТК должно пресекаться, так как мнение именно этого эксперта будет превалировать. По этой причине, например, представители органов власти должны входить в ТК только как рядовые члены комитетов.

Наличие нескольких лидеров. Ситуация, когда в ТК имеются несколько лидеров, характеризуется матрицей **P**, в которой на главной диагонали расположено несколько единиц. Матрицы подобного вида и соответствующие им марковские цепи называются разложимыми [5][5]. В этой ситуации консенсус не достижим

[3] Авторитарность [от лат. autoritas — влияние, власть] — социально-психологическая характеристика личности, отражающая ее стремление максимально подчинить своему влиянию партнеров по взаимодействию и общению.

[4] Матрицы, суммы элементов всех строк которых равны единице, называются стохастическими. Если при некотором n все элементы матрицы $\mathbf{P}^n$ не равны нулю, то такая матрица переходов называется регулярной.

[5] Матрица **A** называется разложимой, если перестановкой рядов она может быть приведена к виду $\widetilde{\mathbf{A}} = \begin{pmatrix} \mathbf{B} & 0 \\ \mathbf{C} & \mathbf{D} \end{pmatrix}$, где **B** и **D** квадратные матрицы.

никогда (для любого $n > 2$). В литературе по групповой динамике даются аналогичные выводы: «работу группы часто парализуют личности или фракции, которые придерживаются строго противоположных позиций» [12].

Наличие нескольких лидеров в ТК принципиально отличает эту ситуацию от предыдущей. Присутствие одного лидера в группе обеспечивает консенсус, правда, может быть, невысокого качества в смысле необходимого для консенсуса количества согласований, тогда как присутствие в ТК нескольких лидеров приводит к принципиальной невозможности консенсуса. Это подтверждается большим числом наблюдений за работой различных групп: чем больше в ТК амбициозных членов, тем сложнее обеспечить консенсус в группе.

В работе [12] отмечается, что «сильнее всего продуктивную работу нарушает присутствие неформальных лидеров, которые тянут одеяло на себя», поэтому доминирование должно пресекаться руководителем ТК, так как оно исключает консенсус.

Глобальное доминирование. Если в ТК все эксперты обладают высокой самооценкой (т.е. можно положить, что $\forall i = \overline{1, n}\; p_{ii} = 1$), то матрица доверия $\mathbf{P}$ в этом случае становится единичной $\mathbf{E}$. Поскольку для любого числа m итераций (обсуждений в ТК) $\mathbf{P}^m = \mathbf{E}^m = \mathbf{E}$, то матрица $\mathbf{P}$ не сходится к финальной и, следовательно, консенсус в этом случае принципиально не достижим.

Перенос ответственности. Ситуация, в которой каждый эксперт полностью перекладывает ответственность на другого члена ТК, снимая с себя ответственность за принятие решения: эксперты присоединяются к мнению группы, считая его правильным, а свою оценку — ошибочной. В этом случае соответствующая переходная матрица является разложимой. В теории марковских цепей показано, что такая переходная матрица не сходится к финальной матрице [5]. Следовательно, для такой группы консенсус не достижим. На самом деле достаточно в группе иметь хотя бы двух «безответственных» экспертов, чтобы достижение консенсуса стало невозможным.

Анализ групповой динамики показывает, что такая ситуация распространена в жизни, так как «групповая деятельность ... дает возможность «спрятаться за чужие спины», переложить ответственность .... Выделяется своеобразный тип людей, которых можно назвать безбилетниками» [13].

Коалиции. Еще один случай невозможности достижения консенсуса связан с формированием коалиций в ТК. Соответствующие матрицы являются разложимыми, в этой ситуации консенсус не может быть достигнут для любого $n > 2$. В литературе по групповой динамике рассмотрены подобные ситуации, даются выводы [12]: «нередко в состав общей группы входят более мелкие образования, между которыми существуют разного рода коалиции и альянсы. Это осложняет процесс выработки консенсуса». Задача руководителя ТК — устранить сложившиеся коалиции в ТК за счет выбора компромиссных решений.

Анализ общего случая в модели обеспечения консенсуса

Оценим влияние числа членов ТК и их авторитарности на время достижения консенсуса путем статистического моделирования. В качестве зависимой переменной примем m — число заседаний технического комитета до достижения консенсуса, при котором выполняется условие

$$\det \mathbf{P}^m < \varepsilon. \qquad (2)$$

Моделирование включало несколько этапов.

Первый этап — выбор уровней фактора № 1 (числа n членов ТК) из практических соображений: 5; 10; 20; 30; 40; 50. Представляется, что выбранные границы параметров моделирования корректно описывают реальную ситуацию: на практике число членов ТК варьируется от 5 до 100 человек, однако основная масса ТК включает до пятидесяти экспертов.

Второй этап — выбор уровней фактора № 2 (вероятностей p_{ii}, характеризующих доверие эксперта к себе): 0,20 – 0,30; 0,45 – 0,55; 0,65 – 0,75; 0,85 – 0,95; 0,90 – 1,00. На практике члены ТК сочетают поведенческие черты всех групп (от авторитаристов до конформистов), что нашло отражение в условиях моделирования $0{,}2 < p_{ii} < 1$.

Третий этап — проведение для каждого уровня n моделирования диагональных элементов p_{ii} матрицы $\mathbf{P}$ по равномерному закону распределения; параметрами равномерного закона служили границы соответствующего уровня фактора p_{ii}. В каждой строке матрицы $\mathbf{P}$ промоделированы оставшиеся вероятности p_{ij} $(i \in j)$ также по равномерному закону с параметрами 0 и 1 с последующим нормированием их таким образом, чтобы сумма вероятностей в рамках каждой строки равнялась единице, т.е. чтобы матрица $\mathbf{P}$ стала стохастической.

Точность моделирования элементов матрицы составляла 0,01, что обусловлено рассматриваемыми границами числа членов n в ТК. Значения ε в неравенстве (2) определялись точностью моделирования элементов матрицы $\mathbf{P}$ и ее размером n:

$$\varepsilon = \left(\frac{0{,}01}{n-1}\right)^n, \; n \geq 2.$$

Такой вид зависимости ε от числа членов n обусловлен изменением точности $(n-1)$ элемента в каждой строке матрицы в условиях нормировки, а также степенной зависимостью в условиях техники расчета определителя n-го порядка.

Для получения устойчивых выводов в отношении среднего числа m согласований при изменении других

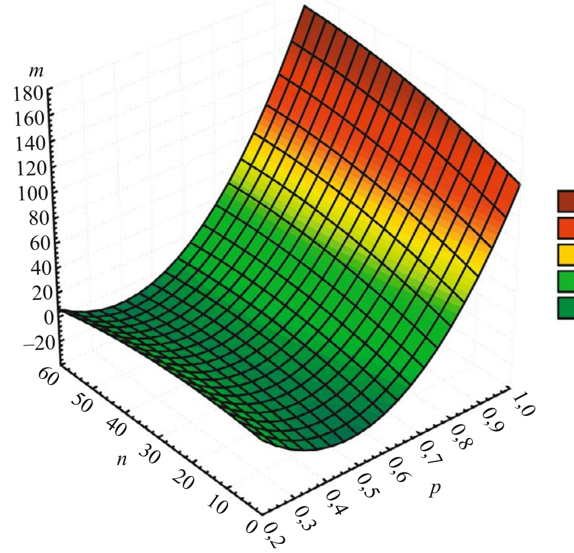

Рис. 1. Регрессионная модель зависимости числа согласований m до достижения консенсуса от числа членов n и уровня авторитарности членов p

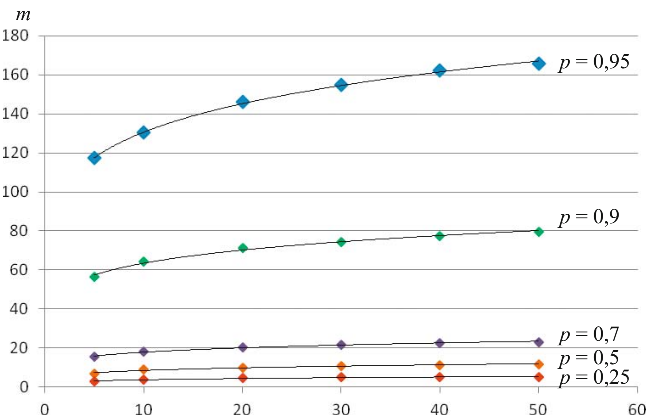

Рис. 2. Зависимость числа согласований m от числа членов n в ТК (рядом с кривыми указаны соответствующие средние значения уровня авторитарности $p = p_{ii}$)

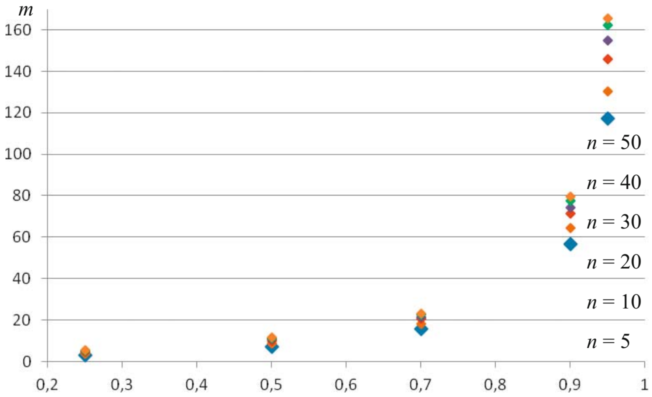

Рис. 3. Зависимость числа согласований m от авторитарности членов при фиксированном числе n членов ТК

параметров на каждом фиксированном уровне факторов n и p_{ii} проводили 100 моделирований в среде Excel [14].

Анализировали влияние как авторитарности членов ТК, так и их числа на число необходимых заседаний для достижения консенсуса. Трехмерная модель зависимости представлена на рис. 1, а двумерные зависимости — на рис. 2 и 3.

Наиболее наглядной оказалась связь числа согласований от уровня авторитарности p_{ii} членов ТК при фиксированном числе членов ТК (см. рис. 3). Графики явно иллюстрируют высокую чувствительность числа согласований m к росту авторитарности, особенно начиная с p_{ii}, близкого к значению 0,8.

С ростом же числа членов комитета наблюдается степенной рост числа согласований (см. рис. 2). Анализ модели подтвердил не только визуальное, но и теоретическое хорошее совпадение с данными (для каждой кривой $R^2 \approx 0{,}97$). Исследования показали, что с ростом числа членов ТК (при фиксированном уровне авторитарности членов ТК) увеличивается число итераций m для достижения консенсуса (см. рис. 2). При этом в случае невысокого уровня авторитарности ($p_{ii} < 0{,}5$) ее влияние уменьшается.

Обращает на себя внимание еще один особенный факт: с ростом числа членов ТК и авторитарности его членов в среднем увеличивается разброс (относительно среднего) числа согласований m для обеспечения консенсуса, что свидетельствует о повышении разобщенности группы экспертов.

Управление работой ТК со стороны национального органа по стандартизации

Управление достижением консенсуса. Увеличение числа членов ТК и (или) авторитарности членов ТК ведет к росту числа m шагов (итераций), необходимых для сходимости матрицы доверия $\mathbf{P}_{n \times n}$ к финальной матрице $\mathbf{F}$, другими словами, — к росту времени до достижения консенсуса. Это, естественно, не может устроить национальный орган по стандартизации (центр). Следовательно, необходимо ввести управление со стороны центра. Целевую функцию центра применительно к этой ситуации можно записать следующим образом:

$$Z(m) = m < M, \quad (3)$$

где M — плановое число итераций. Если связать каждое согласование в ТК с единицей времени, то неравенство (3) можно интерпретировать в терминах выполнения планового задания центра.

Рассмотрим, каким образом центр может управлять временем достижения консенсуса m техническим комитетом в рамках построенной модели с целью обеспечения неравенства (3).

Введем некоторые дополнительные определения. Пусть дана регулярная матрица $\mathbf{P}_1$ размером $n \times n$, которая сходится к финальной матрице $\mathbf{F}_1$ за m_1 итераций. Сходимость в данном случае понимается как выполнение неравенства

$$\det \mathbf{F}_1 \le \varepsilon,$$

где ε — заданная погрешность в оценке финальной матрицы.

Будем считать регулярную матрицу $\mathbf{P}_2$ размером $n \times n$ быстрее сходимой по сравнению с матрицей $\mathbf{P}_1$ того же размера, если неравенство $\det \mathbf{F}_2 \le \varepsilon$ для того же значения ε выполняется через m_2 итераций, при этом $m_1 > m_2$, где $\mathbf{F}_2$ — финальная матрица для матрицы $\mathbf{P}_2$.

Свяжем действия соответствующего ТК с регулярной матрицей $\mathbf{P}_1$, которая фактически описывает поведение членов этого ТК при обсуждении проекта стандарта. Если матрица $\mathbf{P}_1$ характерна тем, что для нее $m_1 > M$ (нарушается плановое время обсуждения проекта стандарта), то в этом случае разумной стратегией центра является организация перехода к более сходимой матрице $\mathbf{P}_2$, для которой $m_2 < M$. Переход от матрицы $\mathbf{P}_1$ к матрице $\mathbf{P}_2$ может быть осуществлен путем введения аддитивного управления — матрицы $\mathbf{U}$ такой, что выполняется условие

$$\mathbf{P}_2 = \mathbf{P}_1 + \mathbf{U}. \qquad (4)$$

Для элементов матрицы $\mathbf{U}$ должны быть выполнены определенные условия, которые обеспечивают сохранение регулярности матрицы $\mathbf{P}_2$:

$$\forall\, i, j = \overline{1, n} \quad 0 < p_{ij}^1 + u_{ij} < 1, \text{ т.е. } -p_{ij}^1 < u_{ij} < p_{ij}^1,$$

$$\forall\, i = \overline{1, n} \quad \sum_{j=1}^{n} (p_{ij}1 + u_{ij}) = 1, \text{ т.е. } \sum_{j=1}^{n} u_{ij} = 0,$$

где p_{ij}^1 и u_{ij} — соответственно элементы матриц $\mathbf{P}_1$ и $\mathbf{U}$.

Поскольку увеличение уровня авторитарности экспертов негативно сказывается на времени достижения консенсуса и при этом уровни авторитарности (элементы p_{ii}) указываются на главной диагонали матрицы доверия $\mathbf{P}_1$, то любая матрица $\mathbf{P}_2$, которая образована из матрицы $\mathbf{P}_1$ путем уменьшения значения элемента $p_{ii}^0 = \max\{p_{ii}\}$ с последующей перенормировкой элементов i-й строки матрицы $\mathbf{P}_1$, может рассматриваться как более сходимая по сравнению с $\mathbf{P}_1$. Назовем эту процедуру «прополкой» главной диагонали матрицы $\mathbf{P}_1$.

Может оказаться, что значение m_2, рассчитанное для матрицы $\mathbf{P}_2$, не обеспечивает выполнение неравенства (4). В этом случае целесообразно с точки зрения обеспечения неравенства (4) на главной диагонали матрицы $\mathbf{P}_2$ выбрать новый элемент $p_{ij}^1 = \max\{p_{ij}\}$ с последующей перенормировкой элементов i-й строки матрицы $\mathbf{P}_2$, которая является более сходимой по сравнению с матрицей $\mathbf{P}_2$, и т.д. В этом и заключается смысл управления — оптимизировать или сократить число итераций в целях обеспечения неравенства (4). На практике это выражается заменой одного или нескольких членов ТК. И решение для оптимизации или сокращения числа итераций (замещения некоторого числа экспертов) должно приниматься с учетом человеческого фактора.

Более того, можно показать, что за счет выбора управления $\mathbf{U}$ математически можно за один раз получить матрицу доверия $\mathbf{P}_2$, равную финальной, т.е. обеспечить консенсус сразу. Для этого достаточно, например, ввести управление вида

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \Delta_{21} & \Delta_{22} & \Delta_{23} & \dots & \Delta_{2n} \\ \Delta_{31} & \Delta_{32} & \Delta_{33} & \dots & \Delta_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{n1} & \Delta_{n2} & \Delta_{n3} & \dots & \Delta_{nn} \end{pmatrix},$$

в котором $\Delta_{ij} = p_{1j} - p_{ij}\ \forall i = \overline{2, n}, j = \overline{1, n}$. Тогда в матрице $\mathbf{P}_2 = \mathbf{P}_1 + \mathbf{U}$ все строки равны первой строке матрицы $\mathbf{P}_1$, т.е. матрица $\mathbf{P}_2$ является финальной.

Введение центром управления, формально связанного со сменой матрицы доверия, фактически означает смену членов ТК (нескольких экспертов или всех). Похожий прием рассматривался в работе [3]: «Возникновение ссор и раздоров в команде сильно снижает ее эффективность. Поэтому зачинщиков ссоры целесообразно удалить из команды, даже если их профессионализм весьма высок».

В принципе подход, связанный со сменой отдельных членов группы, рекомендуется применять в целях достижения консенсуса. Так, например, описывает эту ситуацию теоретик консенсуса [15]: «Если на собрания начинает приходить какой-то случайный придурок, и после серьезного разговора по душам ситуация не меняется, такого человека следует исключить из группы .... Если кто-то является источником проблем, с ним стоит поговорить.... Если человек не пойдет навстречу, исключите его из группы».

На практике такая ситуация наблюдалась, например, в Комитете ИСО/КАСКО при разработке международного стандарта «Оценка соответствия. Требования к органам по сертификации продукции, процессов и услуг». За три года разработки проекта стандарта экспертам не удалось в полной мере сблизить свои позиции, что привело к введению управления со стороны ИСО. Это выразилось в замене в 2010 г. руководителя рабочей группы (РГ) и частичной смене экспертов. В результате за четыре месяца в рамках РГ консенсус был обеспечен и в 2012 г. стандарт был принят в установленном порядке.

Качество консенсуса. Сформулируем требование, которое целесообразно предъявить к консенсусному решению.

Консенсус будем считать качественным, если каждый из экспертов внес одинаковый «вклад» в окончательное решение, т.е. никто «не перетягивал одеяло на себя».

В рамках модели консенсуса (1) это условие означает, что каждая строка в финальной матрице **F** имеет вид

$$1/n;\ 1/n;\ ...;\ 1/n.$$

Из свойства умножения симметричных матриц следует, что для этого достаточно иметь симметричную матрицу доверия **P**, такую, чтобы уровень авторитарности всех членов ТК совпадал ($p_{11} = p_{22} = ... = p_{nn} = p_0$) и при этом уровень доверия к остальным экспертам

$$p_{ij} = \frac{1-p_0}{n-1},\ i \neq j.$$

Интуитивно это понятно: так как все члены ТК равноавторитарны и при этом одинаково доверяют друг другу, то их окончательное мнение полностью сбалансировано. Этот аспект отмечается также в [16]: «Ключ к достижению консенсусного решения — обеспечение сбалансированного участия каждого». Этот результат полностью согласовывается с позицией влияния лояльности участников бизнеса на работу организаций [11].

Второй аспект качества консенсуса связан с введением управления **U** со стороны центра и переходом от матрицы $\mathbf{P}_1$ к более сходимой матрице $\mathbf{P}_2$. Поскольку эти матрицы сходятся к разным финальным матрицам $\mathbf{F}_1$ и $\mathbf{F}_2$, то, естественно, возникает вопрос: насколько далеки консенсусные решения в первом и втором случаях? Ответ на него дает следующее утверждение.

Пусть дан вектор-столбец $\mathbf{S}^{\text{т}}(0) = (s_0^1, \ldots, s_0^n)^{\text{т}}$, в котором элементы вектора находятся в промежутке $s_a^i \le s_0^i \le S_b^i$, тогда элементы вектора-столбца $\mathbf{S}^{\text{т}}(1) = \mathbf{P}_{n\times n}\mathbf{S}^{\text{т}}(0)$ также находятся в этом же промежутке, т.е. для них справедливо условие $s_a^i \le s_0^i \le S_b^i$. Это утверждение следует из теоремы 4.1.3 работы [17], согласно которой справедлива оценка

$$S_1^i - s_1^i \le (1-2\varepsilon)(S_b^i - s_a^i),$$

где ε — наименьший элемент начальной матрицы доверия $\mathbf{P}_{n\times n}$, а S_1^i и s_1^i — наибольший и наименьший элементы $\mathbf{S}^{\text{т}}(1)$ соответственно. При этом $S_1^i \le S_b^i$ и $s_1^i \ge s_a^i$.

Продолжая цепочку неравенств, для элементов вектора $\mathbf{S}^{\text{т}}(m)$ получим

$$S_m^i - s_m^i \le (1-2\varepsilon)^n (S_b^i - s_a^i) \le S_b^i - s_a^i,$$

где $S_m^i \le S_b^i$ и $s_m^i \ge s_a^i$, что и доказывает первоначальное предположение.

Поскольку на матрицу доверия не накладывались никакие условия, кроме регулярности, очевидно, что при одинаковых начальных мнениях членов ТК консенсусные решения для матриц $\mathbf{P}_1$ и $\mathbf{P}_2$ лежат в одном и том же промежутке. Это свойство позволяет надеяться, что на практике консенсус при введении управления со стороны центра не будет значительно отличаться от того согласованного мнения членов ТК, которое могло быть достигнуто без введения управления, но за более длительное время обсуждений.

Выводы и интерпретация результатов

Увеличение числа членов ТК, так же как и рост их авторитарности, отрицательно сказывается на времени достижения консенсуса и, следовательно, на эффективности деятельности ТК. Этот аспект должен быть принят во внимание национальным органом по стандартизации для повышения результативности управления деятельностью технических комитетов.

Для обеспечения консенсуса в рамках рассматриваемой модели необходимо вводить управление (со стороны как национального органа по стандартизации, так и руководителя ТК). Оно должно заключаться в том, чтобы устранить ситуации (глобальное доминирование, наличие нескольких лидеров, перенос ответственности, коалиции), при которых консенсус принципиально недостижим или для его достижения требуются значительные временные затраты.

Полученный результат свидетельствует также еще об одном глубинном отличии ТК (как сообщества экспертов) от социальной сети: ценность последней оценивается ростом числа ее членов [6], в то время как увеличение числа членов ТК отрицательно сказывается на качестве его деятельности.

Следует отметить, что полученный результат можно распространить на любые организационные структуры, в которых решение принимается на основе консенсуса: рост числа членов в этих структурах и увеличение авторитарности их членов существенно усложняют достижение консенсуса.

В этом смысле настоящая работа дополняет результаты исследования [18], в котором показано (с использованием другого подхода), что «для маленьких правительств консенсус достигается всегда — все министры являются ближайшими соратниками и рано или поздно принимают точку зрения большинства. В более крупных властных органах ... чем больше министров, тем меньше вероятность консенсуса».

Следует отметить, что «прополка» главной диагонали матрицы $\mathbf{P}_1$ можно интерпретировать как переход к принятию решения по методу консенсус минус один, консенсус минус два и т.д. [9], что применяется в практике работы зарубежных ТК при разработке документов «неполного консенсуса».

Подводя итоги, можно сказать, что число n членов ТК является одним из факторов, оказывающих влияние на эффективность деятельности ТК, на что обратил внимание авторов рецензент.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Орлов А. И.** Сертификация и статистические методы / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1997. Т. 63. № 3. С. 55 – 62.
2. **Агитон К.** Альтернативный глобализм. Новые мировые движения протеста. — М.: Гилея, 2004. — 204 с.
3. **Орлов А. И.** Теория принятия решений: Учебник. — М.: Экзамен, 2006. — 576 с.
4. **DeGroot M. H.** Reaching a consensus / J. Am. Stat. Assoc. 1974. Vol. 69. N 345. P. 6 – 10.
5. **Гантмахер Ф. Р.** Теория матриц. — М.: Физматлит, 2004. — 560 с.
6. **Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г.** Модели репутации и информационного управления в социальных сетях / Управление большими системами. 2009. Вып. 26.1. С. 209 – 234.
7. **Чеботарев П. Ю., Агаев Р. П.** Об асимптотике в моделях консенсуса / Управление большими системами. 2013. Вып. 43. С. 55 – 77.
8. **Мазалов В. В., Токарева Ю. С.** Репутация арбитров в моделях проведения переговоров / Труды Карельского научного центра РАН. 2012. № 5. С. 61 – 67.
9. **Аронов И. З., Зажигалкин А. В., Максимова О. В.** Анализ времени достижения консенсуса в рамках деятельности ТК / Стандарты и качество. 2015. № 6. С. 16 – 18.
10. **Денисова Д. М.** Шкала F как инструмент исследования авторитарного потенциала личности / Тр. СПИИРАН. 2012. Вып. 21. С. 228 – 237.
11. **Орлов А. И.** Методология моделирования процессов управления в социально-экономических системах. — Краснодар: КубГАУ, 2014. № 101(07). С. 166 – 196.
12. **Рогов Е. И.** Психология группы. — М.: Владос, 2005. — 335 с.
13. www.pro-psixology.ru/socialno-psixologicheskie-fenomeny/145-dinamicheskie-processy-v-gruppe.html.
14. **Эфрон Б.** Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. — М.: Финансы и статистика, 1988. — 263 с.
15. **Гелдерлоос П.** Консенсус: принятие решений в свободном обществе. https://we.riseup.net/assets/64520/consensus.pdf.
16. http://book.od.ua/i/rekomendatsii-dlya-prinyatiya-resheniy-po-metodu-konsensusa.
17. **Кемени Д. Д., Снел Д. Л.** Конечные цепи Маркова. — М.: Физматлит, 1970. — 272 с.
18. **Klimek P., Hanel R., Thurner S.** To how many politicians should government to be left? / arXiv: 0804.2202 [physics.soc-ph]. P. 3939 – 3947.

REFERENCES

1. **Orlov A. I.** Sertifikatsiya i statisticheskie metody [Certification and statistical methods (generalizing paper)] / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 1997. Vol. 63. N 3. P. 55 – 62 [in Russian].
2. **Agiton K.** Al’ternativnyi globalizm. Novye mirovye dvizheniya protesta [An alternative globalism. New global protest movement]. — Moscow: Gileya, 2004. — 204 p. [in Russian].
3. **Orlov A. I.** Teoriya prinyatiya reshenii: Uchebnik [Decision theory]. — Moscow: Ékzamen, 2006. — 576 p. [in Russian].
4. **DeGroot M. H.** Reaching a consensus / J. Am. Stat. Assoc. 1974. Vol. 69. N 345. P. 6 – 10.
5. **Gantmakher F. R.** Teoriya matrits [The theory of matrices]. — Moscow: Fizmatlit, 2004. — 560 p. [in Russian].
6. **Gubanov D. A., Novikov D. A., Chkhartishvili A. G.** Modeli reputatsii i informatsionnogo upravleniya v sotsial’nykh setyakh [Models of reputation and information control in social networks] / Upravl. Bol’sh. Sist. 2009. Issue 26.1. P. 209 – 234 [in Russian].
7. **Chebotarev P. Yu., Agaev R. P.** Ob asimptotike v modelyakh konsensusa [On the asymptotic behavior in the consensus model] / Upravl. Bol’sh. Sist. 2013. Issue 43. P. 55 – 77 [in Russian].
8. **Mazalov V. V., Tokareva Yu. S.** Reputatsiya arbitrov v modelyakh provedeniya peregovorov [Arbitrators reputation in models of negotiations] / Tr. Karel’. Nauch. Tsentra RAN. 2012. N 5. P. 61 – 67 [in Russian].
9. **Aronov I. Z., Zazhigalkin A. V., Maksimova O. V.** Analiz vremeni dostizheniya konsensusa v ramkakh deyatel’nosti TK [Analysis of time to reach a consensus within the TC activity] / Standarty Kach. 2015. N 6. P. 16 – 18 [in Russian].
10. **Denisova D. M.** Shkala F kak instrument issledovaniya avtoritarnogo potentsiala lichnosti [Scale F as the authoritarian personality potential research tool] / Tr. SPIIRAN. 2012. Issue 21. P. 228 – 237 [in Russian].
11. **Orlov A. I.** Metodologiya modelirovaniya protsessov upravleniya v sotsial’no-ékonomicheskikh sistemakh [The methodology of modeling control processes in the socio-economic systems]. — Krasnodar: Izd. KubGAU, 2014. N 101(07). P. 166 – 196.
12. **Rogov E. I.** Psikhologiya gruppy [Group psychology]. — Moscow: Vlados, 2005. — 335 p. [in Russian].
13. www.pro-psixology.ru/socialno-psixologicheskie- fenomeny/145-dinamicheskie-processy-v-gruppe.html.
14. **Éfron B.** Netraditsionnye metody mnogomernogo statisticheskogo analiza [Nontraditional methods of multivariate statistical analysis]. — Moscow: Finansy i statistika, 1988. — 263 p. [in Russian].
15. **Gelderloos P.** Konsensus: prinyatie reshenii v svobodnom obshchestve [Consensus: decision-making in a free society]. https://we.riseup.net/assets/64520/consensus.pdf.
16. http://book.od.ua/i/rekomendatsii-dlya-prinyatiya-resheniy-po-metodu-konsensusa.
17. **Kemeni D. D., Snel D. L.** Konechnye tsepi Markova [Finite Markov chains]. — Moscow: Fizmatlit, 1970. — 272 p. [in Russian].
18. **Klimek P., Hanel R., Thurner S.** To how many politicians should government to be left? / arXiv: 0804.2202 [physics.soc-ph]. P. 3939 – 3947.