

# МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ «ЛИЧНОСТЬ–ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ–ЭФФЕКТИВНОСТЬ» НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

А. Л. Тулупьев<sup>1</sup>, А. С. Горшков<sup>2</sup>, А. В. Сироткин<sup>3</sup>, Т. В. Тулупьева<sup>4</sup>,  
А. Е. Пащенко<sup>5</sup>, ЧЖЕН ЖИЧАН<sup>6</sup>

<sup>1,3,4,5</sup> Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<sup>2,4</sup> Северо-Западная академия государственной службы

СЗАГС, Средний пр. ВО, д. 57, Санкт-Петербург, 199178

<sup>6</sup> Research Department of China 14-я линия Executive Leadership Academy Pudong (CELAP),  
Shanghai

<sup>1</sup> <alt@iiias.spb.su>

---

УДК 004.8

Тулупьев А. Л., Горшков А. С., Сироткин А. В., Тулупьева Т. В., Пащенко А. Е., Чжен Жичан. **Моделирование систем «личность–деятельность–эффективность» на основе байесовских сетей: постановка проблемы** // Труды СПИИРАН. Вып. 6. — СПб.: Наука, 2008.

**Аннотация.** Математические модели систем «Личность–Деятельность–Эффективность», позволяющие на основе статистических данных прогнозировать эффективность деятельности личности по ее психологическим особенностям, востребованы в современной сфере управления. Возможность прогнозирования эффективности сотрудника по результатам его тестирования позволяет оптимизировать расходы учреждения или предприятия и уменьшить издержки, связанные с неудачными решениями в области кадровой политики. В настоящей работе рассмотрены предпосылки для применения аппарата байесовских сетей в моделировании систем указанного типа. — Библ. 7 назв.

UDC 004.8

Tulupyev A. L., Gorshkov A. S., Sirotkin A. V., Tulupyeva T. V., Paschenko A. E., Zheng RiChang. **Modeling of "Personality–Activity–Efficiency" Systems Based on Bayesian Networks: a Position Statement** // SPIIRAS Proceedings. Issue 6. — SPb.: Nauka, 2008.

**Abstract.** Mathematical models of systems "Personality-Activity-Effectiveness" based on statistical data and allows to predict the effectiveness of the activities of the identity and its psychological features, demanded in modern management. Ability to predict the effectiveness of staff on the results of his testing allows to optimize costs agencies or enterprises and reduce the costs associated with failed solutions in the area of personnel. In this paper, considered a prerequisite for the application of the Bayesian networks approach in modeling systems of such type. — Bibl. 7 items.

---

## 1. Введение

Существует ряд тестовых методик, которые позволяют оценить те или иные психологические особенности личности. Эти психологические особенности, так или иначе, влияют на любую деятельность индивидуума. Более того, используя методы математической статистики, можно выявить некоторые стохастические закономерности, представимые, например, как таблицы сопряженности и корреляций, корреляционные плеяды, обобщенные линейные регрессионные модели, характеризующие связи между деятельностью и особенностями личности. Цель работы — сформулировать проблему построения байесовских сетей, позволяющих хранить и использовать для прогнозирования эф-

фективности деятельности личности выявленные статистические связи (закономерности).

## 2. Психологические основы

В определенных ситуациях, когда накоплена база данных результатов психологического тестирования, а также оценок эффективности деятельности испытуемых, хочется заранее предсказать, будет ли некий новый кандидат обладать необходимыми для данной деятельности характеристиками. Конечно, сказать, что кандидат именно такой, какой требуется, невозможно, но вполне реально, проведя определенное тестирование, прийти к заключению, что данный индивид относится к той категории, для которой проявление необходимого уровня эффективности (или других атрибутов) наиболее характерно.

Одним из таких атрибутов может быть «успешность» руководящей деятельности кандидата. Проблема априорной оценки (возможно, сразу по нескольким параметрам) успешности кандидата на роль руководителя остро стоит в органах государственной службы, кадровых подразделениях предприятий, академиях, готовящих слушателей к государственной службе или иной руководящей деятельности.

Несмотря на существование разнообразных психологических методик, следует заметить, что в большинстве своем они представляют собой тесты, состоящие из большого числа вопросов (например: 560 в ММРІ или 187 в опроснике Кеттелла (форма А)). Из-за таких объемов тестов зачастую сложно провести полноценное тестирование; более того, тесты в большинстве своем предназначены для оценки некоторого числа параметров (например, уровней выраженности всех видов психологических защит). В ситуации же, когда интересны оценки лишь небольшого числа конкретных параметров, которые могут быть связаны с агрегированными результатами тестирования, но напрямую тестами не измеряются (например, будет ли кандидат эффективным руководителем), можно попытаться отследить не связь рассчитанных по сырым данным психологических характеристик с нужными оценками, а связь непосредственно исходных вопросов и наборов вопросов, входящих в соответствующие психологические тесты и подразумевающих бинарные ответы «да–нет», с интересующими исследователя или ЛПР параметрами.

Важно отметить, что не все вопросы могут быть связаны с интересующими нас характеристиками. В таком случае, если удастся выделить ряд вопросов, которые вносят существенный вклад в оценку этих характеристик, можно будет составить уменьшенный по объему (числу вопросов) тест, который по-прежнему будет давать достаточно точный прогноз искомых параметров.

Такое сокращение объемов опросников не менее актуально в других областях исследований, так как их применение может дать важную информацию. Например, замечено, что психологические особенности индивидуумов тесно связаны со склонностью к употреблению наркотиков, к употреблению именно внутривенных наркотиков, к «незащищенному» сексуальному поведению, что вносит свой вклад в риск заражения и передачи ВИЧ-инфекции.

Чем короче опросник, тем дешевле и правдоподобнее результаты исследования, поскольку чем больше испытуемый тратит времени на прохождение теста, тем сложнее мотивировать его к этой деятельности.

Методы выявления таких релевантных «нашей цели» вопросов, а также оценка их «значимости» и отбора с точки зрения конечного ответа на вопрос

«подходит—не подходит», и есть первый из ключевых моментов предлагаемого исследования.

### 3. Требования к математическим основам

Заметим, что недостаточно знать, ответы на какие вопросы наиболее тесно связаны с интересующей нас характеристикой. Во-первых, существенно сохранить те вопросы, которые в рамках того или иного традиционного математического описания зависимости не связаны напрямую с интересующей нас характеристикой или их влияние возникает только в контексте определенного набора других ответов. Во-вторых, отобранные вопросы и ответы необходимо как-то организовать — предложить некоторую математическую структуру, которая способна представить как непосредственные, так и опосредованные связи, а также зависимость связи от контекста. В-третьих, нас интересуют бинарные ответы на вопросы. Перечисленные три аспекта позволяют предположить, что для сохранения указанного вида данных будет целесообразно использовать байесовские сети (байесовские сети доверия или алгебраические байесовские сети) в рамках логико-вероятностного подхода.

Байесовские сети предоставляют возможность хранить «стохастические» зависимости между ответами на вопросы и при наличии ответов на ряд вопросов могут быть использованы для прогнозирования ответов на другие вопросы. В плане выразительной силы они заметно сильнее обобщенных линейных регрессионных моделей и тем более набора таблиц сопряженности, которые традиционно используются специалистами социогуманитарной сферы для анализа данных обсуждаемого бинарного типа.

Отдельным ключевым моментом является непосредственно выявление наиболее значимых вопросов, оценки их вклада и связи с другими вопросами. Здесь планируется исследовать результаты применения двух основных подходов: экспертный — когда эксперт в предметной области указывает на непосредственные связи разных вопросов, и автоматическое обучение — на основе накопленных данных проводится анализ (как традиционный статистический, так и более современный интеллектуальный [data mining]), выявляющий связи существенной силы.

Еще одним ключевым моментом является то, что и в том и в другом случае мы получаем «стохастические» взаимосвязи ответов на вопросы, что позволяет при условии представления этих связей в байесовской сети заниматься непосредственно прогнозированием. То есть, выделив существенно меньший класс вопросов, от которых зависит ответ на ключевой вопрос, и построив соответствующую математическую модель на основе байесовских сетей, можно на основе ответов на все или часть «ключевых» вопросы прогнозировать эффективность данного сотрудника/руководителя.

Наконец, последний ключевой момент состоит в том, что и структуры получающихся байесовских сетей, и оценки, характеризующие силы связи между переменными в них, можно сравнивать (проводить сравнительный анализ). Причем предполагается, что для разных социокультурных общностей можно обнаружить как существенные сходства, так и существенные различия. Выявление сходств—различий позволяет психологам установить, какие черты являются типическими для данных людей, а какие специфическими для данной конкретной общности; это также является основным моментом их кросс-культурных исследований. Таким образом, возникает потребность в развитии

методов сравнительного анализа байесовских сетей, отображающих связь психологических характеристик, деятельности и ее результата в различных социокультурных общностях, и интерпретации результатов этого анализа.

Еще один аргумент в пользу применения байесовских сетей — это то что бинарность большинства тестовых вопросов может быть адекватно учтена в рамках логико-вероятностного подхода, основанного на работах Нильссона [1] и развитого в [2] в применении к байесовским сетям.

#### 4. Особенности байесовских сетей

В данном разделе опишем основные особенности байесовских сетей (как алгебраических, так и доверия), и покажем, почему их можно применить при решении обсуждаемой проблемы.

Начнем с определения байесовской сети доверия (БСД). БСД — это направленный ациклический граф, в котором каждой вершине соответствует переменная (утверждение, событие), ребра соответствуют «причинно-следственной» связи и каждому узлу сопоставлен тензор условных вероятностей, определяющий условную вероятность каждого состояния узла при всех возможных состояниях родителей этого узла. Более подробно об аппарате байесовских сетей доверия можно прочитать в [2–4]. Важной особенностью байесовской сети доверия является то, что при определенных предположениях (условие  $d$ -разделимости), которые согласуются с традиционным пониманием причинно-следственной связи, заданные тензоры условных вероятностей однозначно определяют совместное распределение над всеми переменными, присутствующими в сети. Эта особенность приводит к возможности проведения априорного и апостериорного выводов в байесовских сетях доверия, что в свою очередь, в контексте поставленной задачи, позволит прогнозировать *показатель эффективности* по набору бинарных признаков.

Второй вид байесовских сетей, который может быть применен для поставленной задачи, — алгебраическая байесовская сеть (АБС). АБС — представляет собой ненаправленный граф (граф смежности), в узлах которого находятся фрагменты знаний ( $\Phi Z$  — наборы переменных с совместными оценками), при этом для любых узлов, содержащих общие переменные, между ними (узлами) существует путь, каждая вершина которого тоже содержит эти общие переменные. Для более точного определения АБС следует описать  $\Phi Z$  АБС. Фрагмент знаний, заданный над набором переменных  $\{x_1, \dots, x_n\}$ , представляет собой идеал конъюнкций этих элементов, то есть множество вида

$$\{x_{i_1} \wedge \dots \wedge x_{i_k} \mid k \leq n; 1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n\},$$

с оценками вероятности истинности каждого из элементов этого идеала. Здесь следует подчеркнуть важную особенность АБС, дающую этому аппарату большую выразительную силу. В качестве оценок вероятности истинности элементов идеала конъюнкций могут быть заданы как стохастические оценки вида  $p(x_1 x_3) = 0.4$ , так и интервальные оценки вида  $0.3 \leq p(x_1 x_3) \leq 0.4$ . Но подобное увеличение выразительной силы приводит к необходимости дополнительных проверок, так в отличие от байесовских сетей доверия произвольно заданные оценки для АБС не обязательно будут непротиворечивы. Подробно метод про-

верки непротиворечивости АБС, а также более широко развернутое определение можно найти в [2, 5, 6].

Как и в случае БСД, АБС имеют хорошо развитый аппарат проведения априорного и апостериорного выводов, что в свою очередь необходимо для решения поставленной задачи [7].

## 5. Заключение

В данной статье мы подняли проблему о возможности создания прогностической системы на основе модели «Личность–Деятельность–Эффективность», представленной в виде байесовских сетей, связывающих особенности личности и деятельности индивидуума, а также уровень эффективности его деятельности. Байесовские сети активно применяются в различных диагностических и прогностических системах; представляется правдоподобным, что и в обсуждаемой области они окажутся полезными. Мы дали определения двум видам байесовских сетей и указали возможный путь их применения. Остаются открытыми ряд технических вопросов об эффективности применения описанных аппаратов, а также ключевой вопрос о методе построения байесовских сетей для решения обсуждаемой проблемы и их компаративного анализа. Именно эти вопросы планируется исследовать в ближайшем будущем.

## Литература

1. Nilsson N. J. Probabilistic Logic // Artificial Intelligence. 1986. Vol. 47. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1986. P. 71–87.
2. Тулупьев А. Л., Николенко С. И., Сироткин А. В. Байесовские сети: логико-вероятностный подход. СПб.: Наука, 2006. 607 с.
3. Pearl J. How to Do with Probabilities what People Say You Can't // Artificial Intelligence Applications / Ed. Weisbin C. R., IEEE, North Holland, 1985.
4. Jensen F. V. Bayesian Networks and Decision Graphs. NY.: Springer-Verlag, 2002.
5. Городецкий В. И. Алгебраические байесовские сети — новая парадигма экспертных систем // Юбилейный сборник трудов институтов Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации РАН. М.: РАН, 1993. Т. 2. С. 120–141.
6. Тулупьев А. Л. Алгебраические байесовские сети: глобальный логико-вероятностный вывод. СПб.: Анатолия, 2007. 40 с.
7. Сироткин А. В., Тулупьев А. Л. Локальный априорный вывод в алгебраических байесовских сетях: комплекс основных алгоритмов // Труды СПИИРАН. Вып. 5. 2007. СПб.: Наука, 2007.