

8. THE FUNCTION OF DESIRABILITY AND THE HARRINGTON PREFERENCE SCALE IN PSYCHOLOGICAL STUDIES

Nella Alexeevna Shchukina, researcher, Military Medical Academy, Russia, St.Petersburg, Akademika Lebedeva str., house 6, BOX 194044, tshukina.nella@gmail.com.

Annotation. *In the field of professional selection, the problem of integral assessment of the psychological profile of respondents and forecasting the success of their professional activity remains open. The complexity consists in the formation of a complex indicator from test indicators of different semantic and psychophysical nature. In this paper, an integral indicator based on the desirability function and the Harrington preference scale is modeled to assess the psychological profile of respondents. The article describes the stages of design, evaluation criteria and application rules.*

Keywords. *Psychological profile, prediction, scale, metric, criterion.*

ФУНКЦИЯ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ И ШКАЛА ПРЕДПОЧТЕНИЙ ХАРРИНГТОНА В ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Нэлла Алексеевна Щукина, научный сотрудник, Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова, Россия, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6, индекс 194044, tshukina.nella@gmail.com.

Аннотация. *В области профессионального отбора остаётся открытой проблема интегральной оценки психологического профиля респондентов и прогнозирования успешности их профессиональной деятельности. Сложность состоит в формировании комплексного показателя из тестовых показателей разной смысловой и психофизической природы. В работе для оценки психологического профиля респондентов моделируется интегральный показатель, основанный на функции желательности и шкале предпочтений Харрингтона. В статье описаны этапы конструирования, критерий оценки и правила применения.*

Ключевые слова. *Психологический профиль, прогнозирование, шкала, метрика, критерий.*

Введение

Профессиональный отбор кандидатов на обучение в военном вузе включает: медицинский отбор (оценку медико-биологических показателей) и психологический отбор (оценку профессионально важных психологических качеств, далее — ПВК).

С проблемой оценки ПВК связаны задачи, стоящие перед специалистами групп профессионального психологического обеспечения военных вузов и охватывающие не только мероприятия профессионального психологического отбора (далее — ППО) кандидатов на обучение, но также психологическое сопровождение учебной деятельности курсантов (слушателей) и рациональное распределение выпускников вузов [8.10].

На эффективность перечисленных мероприятий в значительной мере влияют решающие правила, используемые специалистами вуза по оценке уровня развития ПВК кандидатов (курсантов, слушателей), оценке и прогнозированию их успешности обучения в военном вузе, оценке соответствия выпускников вуза требованиям, предъявляемым специальностью (должностью).

В медико-биологических исследованиях наиболее востребованными классическими инструментами для выработки решающих правил являются регрессии и классификация, в частности, логистическая регрессия, представляющая один из статистических методов классификации. Без логистической регрессии и ROC-анализа (анализа чувствительности и специфичности модели классификации) сегодня немыслимо проведение медико-биологических исследований и построение моделей. И хотя данный метод обладает несомненным достоинством в виде ROC-кривой (Receiver Operator Characteristic) для анализа качества построенной модели, однако логистическая регрессия не производит предсказание значения отклика (y) по исходным значениям предикторов $X = \{x_i\}$, $i = \overline{1, n}$. Вместо этого определяется вероятность принадлежности значения отклика одному из классов, обуслов-

ленных двумя градациями исследуемой номинативной переменной (здоров, нездоров).

Однако в психологических исследованиях применение бинарных оценок недостаточно, так как эти исследования сопряжены с изучением психологического профиля личности, который представлен показателями различной смысловой и психофизической природы. Это делает оценку психологического профиля респондентов одним из сложных вопросов, не имеющих универсального решения [8.10].

Совершенствование методического обеспечения профессионального отбора и сопровождения кандидатов на обучение в военном вузе, курсантов и слушателей — это научно-методическое направление, связанное с исследованиями медико-биологических и психологических данных методами машинного обучения.

Настоящая работа посвящена наиболее трудному этапу в решении задач профессионального отбора, а именно, этапу разработки комплексного интегрального показателя из тестовых показателей разной смысловой и психофизической природы. В работе для оценки психологического профиля респондентов моделируется интегральный показатель, основанный на функции желательности и шкале предпочтений Харрингтона.

Объективно существует два направления, по которым наиболее активно развивается данная проблематика:

- одно направление сопряжено с выводом индуктивных логических правил типа «если ..., то ...» применительно к имеющимся данным. Так, в работе [8.12] дан пример применения индуктивного вывода правил для оценки интеллектуального развития кадет в форме хороших диагностических тестов на основе применения аппарата теории алгебраических решеток;
- другое направление сопряжено с разработкой формализованного критерия, основанного на интегральном (комплексном) показателе и способе его оценки.

Для эксперта-психолога способ оценки уровня развития ПВК с помощью интегрального (комплексного) показателя привлекателен, так как с его точки зрения обладает определённой конкретностью и завершённой «хорошо

распознаваемого образа». Однако этот способ вызывает значительные трудности у разработчиков (математиков) на этапе формализации. Главный, иногда непреодолимый, порог сложности при этом представляет для разработчиков разнородность измеряемых показателей, как по их смысловому содержанию, так и по применяемым измерительным шкалам. Данный этап до сих пор требует поиска подходов к обобщению разнородных показателей для выработки единого заключения в рамках профессионально-психологической экспертизы [8.6; 8.15].

В настоящей работе предлагается новый подход к формированию комплексного показателя с помощью функции желательности и шкалы предпочтений Харрингтона, применённых для комплексной оценки психологического профиля респондентов.

Одна из основных трудностей состояла в предварительном кодировании тестовых оценок респондентов. Был разработан ряд специальных алгоритмов кодирования на большом объёме экспериментальных данных методами управляемого машинного обучения. Для конструирования метрики интегрального показателя предложен алгоритм свёртки исходного пространства признаков (показателей ПВК).

Для исследования особенностей индивидуального психологического профиля разработано его геометрическое представление в единицах шкалы предпочтений Харрингтона.

Глава структурирована следующим образом.

В двух первых разделах показано принципиальное значение возможностей измерительной шкалы для решения задач оценки и прогнозирования на примере оценки успешности обучения курсантов. Приведены релевантные способы формирования соответствующего комплексного показателя.

В третьем разделе представлена шкала предпочтений Харрингтона, ее преимущества и особенность применения, связанная с преобразованием (кодированием) исходных данных.

В четвёртом разделе приведено описание эксперимента по целевому применению функции желательности и шкалы предпочтений Харрингтона, включающее:

- разработку правил кодирования тестовых оценок методами машинного обучения;
- разработку алгоритма свёртки пространства признаков ПВК в интегральный показатель;
- пример применения разработанных правил и уточнение модели интегральной оценки ПВК респондентов;
- геометрическую форму представления индивидуального психологического профиля респондента в единицах шкалы предпочтений Харрингтона.

В пятом разделе дано описание решающего правила обобщённой оценки уровня развития ПВК респондентов и его применение.

8.1. Базовый принцип построения интегрального показателя

Чтобы объединить (интегрировать) различные показатели (общее интеллектуальное развитие, психологические свойства, адаптационные способности, экспертные оценки успешности профессиональной деятельности), каждый из которых несёт свой психофизический смысл и имеет собственную размерность, необходимо ввести единую для всех показателей искусственную метрику и поставить ее в соответствие с неким стандартным аналогом — безразмерной шкалой.

Однако не всякая шкала допускает конструирование комплексного показателя: всё зависит от вычислительных способностей шкалы. То есть первым вопросом, на который предстоит ответить при моделировании обобщенной оценки уровня развития ПВК, является вопрос о выборе шкалы. При этом необходимо руководствоваться определением шкалы в теории измерений.

По классическому определению, которое в 1967 году было дано П. Супесом и Дж. Зинесом [8.17] и использовалось до недавнего времени, шкалой называется упорядоченная тройка $\langle A; R; f \rangle$, где A — эмпирическая система с соотношениями, R — полная числовая система с соотношениями, f — функция, которая гомоморфно отображает A в подсистему R . Иными словами по некоторому правилу f каждому объекту из совокупности измеряемых объектов A приписывается определённое число из числовой системы R . Обычно в

качестве числовой системы R выбирается система действительных чисел или ее подсистема.

Однако, в приведённом определении не отражены в явном виде особенности и вычислительные возможности шкалы, они скорее подразумеваются. Возможно потому, что множество действительных чисел (как и иные известные числовые множества) имеет собственное определение, уже содержащее перечень операций, выполнимых на этом множестве. Так или иначе, но это большой недостаток определения. Он являлся и часто до сих пор остаётся причиной прижившихся парадоксов, речь о которых пойдёт ниже.

В современной трактовке [8.3] шкалу рассматривают как четвёрку $\langle A; R; f; G \rangle$, где множество A понимается не только как числовая система, но и как любая формальная знаковая система, которая может быть поставлена в соотношение гомоморфизма с эмпирической системой, группа G (допустимых преобразований) выступает внутренней характеристикой возможностей шкалы, f является лишь привязкой шкалы к конкретной ситуации измерения. Исследователь, работая с числовой структурой, привязанной к шкале определённого типа, не может применять математические операции, не предусмотренные G -группой преобразований этой шкалы. Таким образом, G -группа преобразований характеризует мощность шкалы и регулирует право исследователя на выбор вида анализа: более сложного, либо менее сложного.

Наиболее распространённой ошибкой исследователей (разработчиков) до сих пор остаётся бесконтрольное использование для интегрирования (объединения) признаков тех операций, которые в принципе неприменимы. Так, для однородных данных, измеренных в метрических шкалах (интервальной и относительной), агрегирование, как правило, осуществляется путём вычисления среднего арифметического, что вполне корректно. В то время как для неметрических шкал (стены, табельные оценки) использование усреднения для получения агрегированных или комплексных оценок не только математически бессмысленно, но и создаёт серьёзные трудности при статистическом анализе и интерпретации результатов исследования в плане обоснования их достоверности и корректности [8.14; 8.15].

Поясним это на примере экспертной оценки успешности профессиональной (в частности, учебной) деятельности респондентов.

Пример 8.1. Сопоставим успешность обучения трёх курсантов (К-1, К-2, К-3), имея результаты их успеваемости по дисциплинам: хирургия, терапия, организация тактики медицинской службы (далее — ОТМС), см. таблицу 8.1.

Таблица 8.1

Табельные оценки курсантов

Курсант	Дисциплины			Усреднённая оценка
	Хирургия	Терапия	ОТМС	
К-1	5	4	3	4
К-2	4	4	4	4
К-3	3	4	5	4

Прежде всего, определимся со шкалой, метрикой (интегральным показателем) и критерием оценки успешности обучения. Шкала: порядковая шкала измерения знаний (табельные оценки). Метрика: усреднённый результат успеваемости (усреднённая оценка). Критерий: чем больше «средний балл», тем более успешен курсант в обучении.

По данным таблицы 8.1 усреднённая оценка у курсантов одинакова. Она не отражает различий, но также не даёт никакого аргументированного основания для сходства в уровне успешности обучения, т.е. порождает неопределённость. Принять обоснованное решение, руководствуясь усреднённой оценкой, в этой ситуации не представляется возможным. Усреднённая оценка как метрика лишена объективности.

В приведённом примере операция вычисления усреднённой оценки оказалась не только бесполезной, но произведена с нарушением. Суть нарушения состоит в том, что порядковая шкала измерения знаний не имеет нулевой точки и не является интервальной. Поэтому в G -группе преобразований этой шкалы нет операции усреднения [8.14]. В подобном нарушении кроется в ряде случаев причина *неполучения* вполне, казалось бы, очевидных и ожидаемых результатов некоторых психологических исследований. В частности, по этой причине порой не удаётся выявить существенную статистически значимую корреляцию между успешностью обучения курсантов и их психологическими (психофизиологическими) свойствами. К распространённым приме-

рам некорректного преобразования показателей, измеренных в неметрических (чаще всего порядковых) шкалах, относится также усреднение степеней (порядковых номеров стандартных интервалов). Особую остроту это приобретает в исследовательских задачах по оценке и прогнозированию эффективности деятельности респондентов, когда необходимо обеспечить внешний критерий при разработке решающего правила методами управляемого машинного обучения. При этом до сих пор в качестве метрики для внешнего критерия исследователи применяют среднюю табельную оценку успеваемости у курсантов (среднюю оценку служебной деятельности у выпускников военных вузов), что неотвратимо снижает информативность внешнего критерия и качество разработанной модели.

То есть измерительная шкала, метрика и критерий находятся в неразрывной связи и определяют результативность построения и последующего применения интегрального показателя. Поэтому принцип целостности «шкала – метрика – критерий» — это основной стратегический принцип при разработке интегрального показателя сложного качества респондентов.

Поиск адекватных и теоретически обоснованных методов конструирования интегрального показателя (метрики) сложного качества обязательно связан с преобразованием исходных измерений.

8.2. Преобразование измерительных шкал и конвертация данных

Введение единой для всех разнородных показателей искусственной метрики и разработка соответствующей шкалы сопряжены с преобразованием (конвертацией) экспериментальных данных (измерений), то есть с преобразованием первоначальных измерительных шкал^{8.1}.

Возможны два варианта шкальных преобразований: повышение мощности шкалы и понижение мощности шкалы. Понижение мощности шкалы является достаточно тривиальной процедурой. При понижении мощности шкалы мы существенно ограничиваем себя в выборе последующих методов

^{8.1}Читателя, интересующегося теорией измерений, мы отсылаем к пособию по квалиметрии (Азгалдов Г.Г., 1973).

анализа и тем самым обрекаем на потерю ценной эмпирической информации.

Так, например, перевод «сырых» значений (тестовых оценок) психологического показателя в стеньки допускает грубую прикидку положения испытуемого в континууме респондентов (либо первый стень, либо пятый стень и т.д.), но исключает последующее ранжирование и другие методы анализа для получения информации об *индивидуальных* различиях [8.18].

Повышение мощности шкалы требует более тонких, специальных подходов ^{8.2}, которые частично рассмотрены далее.

Различные типы измерительных шкал, выбор шкал и соответствующих методов обработки, а также подходы к конвертации данных из неметрических в метрические шкалы освещены в работах многих авторов, в частности в работах [8.4; 8.7; 8.18].

Как отмечалось выше (см. определение шкалы), под измерением признака допускается понимать конструирование любой функции, которая отображает эмпирическую структуру в символическую. И если некоторый объект рассматривается в пространстве признаков $Y = \{y_i\}, i = \overline{1, n}$, то допускается также изоморфная замена одной символической структуры на другую, более подходящую (рисунок 8.1).

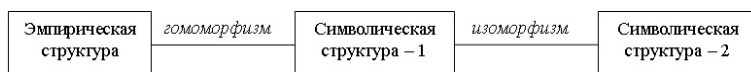


Рис. 8.1. Принцип подбора символической структуры изучаемого объекта

В случае числового представления свойств объекта — это могут быть переходы от одной измерительной шкалы к другой посредством некоторого функционального отношения. На данном принципе основано формирование ин-

^{8.2} Например, переход от номинативной шкалы к порядковой шкале требуется упорядочения классов. При этом, во-первых, для каждого элемента должен существовать модальный класс, вероятность принадлежности к которому значимо выше, нежели к другим классам. Во-вторых, для каждого элемента должна существовать только одна функция вероятностной принадлежности к множеству классов, позволяющая упорядочить эти классы единственным образом: когда у каждого класса есть только два соседа — слева и справа. Порядок соседства определяется эмпирической частотой попадания элементов в различные классы: каждый элемент наиболее часто попадает в свой класс, реже — в соседние со своим классом (слева и справа), ещё реже — в остальные (отдалённые) классы. То есть должна осуществляться эмпирическая проверка каждой тройки классов на стохастическую транзитивность.

тегральных показателей. В качестве функциональных отношений широкое употребление получили аддитивная y^A (8.1) и мультипликативная y^M (8.2) функции полезности [8.10; 8.11; 8.19]:

$$y^A = \sum_{i=0}^n \frac{\omega_i y_i}{s_i}, \quad (8.1)$$

$$y^M = \prod_{i=1}^n \left(1 - \frac{\omega_i y_i}{s_i}\right), \quad (8.2)$$

где $\{y_i\}, i = \overline{1, n}$ – символьная структура как отображение эмпирической структуры;

y^A и y^M – аддитивная и мультипликативная функция перехода к новой структуре;

s_i – нормирующий коэффициент i -го показателя;

ω_i – весовой коэффициент i -го показателя. Весовые коэффициенты ω_i должны нормироваться, т.е. $\sum_{i=0}^n \omega_i = 1$.

Нормирующий коэффициент s_i является расчётной величиной. Роль нормирующего коэффициента заключается в следующем:

- он переводит абсолютные значения показателей в относительные, обеспечивая возможность сопоставления разнородных по своей природе показателей;
- он переводит показатели в абсолютную интервальную шкалу $[0, 1]$, на которой выполнимы все математические операции, что является необходимым условием для агрегирования показателей.

Чаще всего [8.11] в качестве s_i принимается эмпирический размах выборки по i -тому показателю, то есть разность $(y_i)_{max} - (y_i)_{min}$. Хотя эту же роль может выполнять, например, теоретически возможное максимальное значение показателя, либо некоторое значение, планируемое исследователем из субъективных соображений. Теоретический и субъективный варианты используются при необходимости оценки единственного кандидата или в случае выборки, которая не может считаться представительной.

Весовой коэффициент ω_i является назначаемой величиной (результатом экспертной оценки), пропорциональной значимости i -го показателя. Роль

веса коэффициента состоит в том, чтобы придать каждому показателю соответствующий вес и, таким образом, усилить влияние более важных качеств на принятие решения.

Следовательно, коэффициенты s_i и ω_i выполняют различные функции: первый обеспечивает возможность создания интегрального показателя (свёртки критериев), а второй способствует повышению адекватности принимаемого решения.

Использование функции полезности может совершенно изменить картину сравнительной оценки объектов [8.14].

Ниже приведены варианты аддитивной и мультипликативной функций полезности, используемые далее для определения обобщённой оценки успешности обучения респондентов по данным таблицы 8.1.

$$y^A = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \frac{y_i - (y_i)_{\min}}{(y_i)_{\max} - (y_i)_{\min}}, \quad (8.3)$$

$$y^A = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \frac{y_i}{(y_i)_{\max}}, \quad (8.4)$$

$$y^M = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - \omega_i \cdot \frac{y_i}{(y_i)_{\max}}\right), \quad (8.5)$$

где y^A и y^M – обобщённая оценка успешности обучения респондента;

i – порядковый номер дисциплины;

ω_i – весовой коэффициент i -той дисциплины;

$(y_i)_{\max}$ и $(y_i)_{\min}$ – соответственно наибольшая и наименьшая из оценок по i -той дисциплине среди респондентов.

Так, в случае с курсантами К-1, К-2, К-3 (см. пример 8.1), имеющими одинаковую усреднённую оценку успешности обучения, вариант применения функций полезности при одинаковой значимости дисциплин демонстрирует фактическую неоднородность их успешности обучения. Соответствующие результаты расчётов приведены в таблице 8.2.

Итоги агрегирования в таблице 8.2 интерпретируются в соответствии с выбранным нормирующим коэффициентом.

Аддитивная свёртка (8.3) настроена на демонстрацию максимальных достижений кандидатов благодаря тому, что нормирующий коэффициент s_i =

Варианты обобщённой оценки успеваемости у курсантов

Курсант	Обобщенная оценка знаний по формуле		
	(8.3)	(8.4)	(8.5)
К-1	0,667	0,867	0,356
К-2	0,500	0,867	0,359
К-3	0,333	0,850	0,367

$(y_i)_{max} - (y_i)_{min}$. Согласно этой свёртке кандидаты упорядочиваются по знаниям в следующей последовательности: К-1, К-2, К-3. Эта свёртка выявила доминирование успехов курсанта К-1 над остальными: у курсанта К-1 две оценки совпадают с максимальными из представленных оценок по соответствующим показателям (хирургия, терапия), а у курсантов К-2 и К-3 таких совпадений только по одному (терапия и ОТМС). Превосходство успехов курсанта К-2 над успехами курсанта К-3 объясняется тем, что у него меньше (точнее ни одной) оценок, совпадающих с минимальными значениями соответствующих показателей (у курсанта К-3 таких нежелательных совпадений два — по хирургии и терапии). Следовательно, свёртка (8.3) чувствительна к приближению признаков к лучшим значениям, она отдаёт предпочтение объектам (субъектам) с наибольшим числом приближений к экстремальным значениям признаков.

Аддитивная свёртка (8.4), в которой используется в качестве нормирующего коэффициента $s_i = (y_i)_{max}$, настроена на учёт минимальных достижений.

Мультипликативная свёртка (8.5), как правило, отдаёт предпочтение объектам (субъектам) с наиболее равномерными значениями показателей, согласуясь с принципом энтропии [8.11].

Из приведённого в таблице 8.2 примера видно, что наиболее существенное различие успехов выявляется с помощью аддитивной свёртки типа (8.3). При использовании этой формулы в большей мере проявляется соотношение между неравными экстремальными значениями показателей.

Введение весовых коэффициентов (коэффициентов значимости дисциплин) отличающихся от значения $\omega_i = \frac{1}{n}$, изменяет результат сравнительной оценки. Так, если принять значимость дисциплин (хирургия, терапия,

ОТМС), например, $\omega_1 = 0,45$, $\omega_2 = 0,30$ и $\omega_3 = 0,25$ соответственно, то при агрегировании показателей с использованием любой из приведённых формул будут получены результаты, которые позволяют упорядочить курсантов по важности их экзаменационных достижений, хотя у курсантов по-прежнему сохраняется одинаковое количество приближений признаков (показателей) к экстремальным значениям. Результаты расчётов для случая различной значимости дисциплин приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3

Варианты обобщённой оценки знаний курсантов при различной значимости дисциплин

Курсант	Обобщённая оценка знаний по формуле		
	(8.3)	(8.4)	(8.5)
К-1	0,450	0,600	0,468
К-2	0,350	0,560	0,512
К-3	0,250	0,520	0,548

Весовые коэффициенты (коэффициенты значимости), как уже отмечалось, являются результатом экспертной оценки. Существуют следующие способы их задания:

- прямое задание нормированных весов;
- задание ненормированных весов;
- задание мер предпочтения в процентной шкале;
- задание матрицы парных сравнений критериев без учёта интенсивности предпочтения, с учётом интенсивности предпочтения или турнирным приёмом.

Эти способы достаточно подробно освещены в литературе [8.9; 8.11]. В более сложных случаях вес i -го показателя может быть представлен не просто независимой переменной ω_i , а некоторой функцией внешних аргументов. Из сказанного вытекает, что выработка экспертных оценок является отдельной самостоятельной задачей^{8.3}.

^{8.3}Решение этой задачи равносильно разработке частной методики или руководства по выработке экспертных оценок, в которых нуждаются специалисты многих предметных областей.

Подчеркнём следующее обстоятельство: если в пространстве признаков объект (субъект) характеризуется вектором $Y = \{y_i\}, i = \overline{1, n}$, то при использовании функции полезности любого из рассмотренных выше типов происходит переход от векторной оценки к многокритериальной скалярной оценке, которая носит абстрактный характер, так как измеряется в абсолютной шкале от 0 до 1.

Скалярная оценка может, в свою очередь, переводиться в балльную шкалу (ещё одна замена символьной структуры) с сохранением свойств, важных для сравнительного анализа. Принцип такого перевода подробно описан в [8.11]. В таблице 8.4 мы избирательно приводим лишь результаты расчёта балльных эквивалентов для формулы (8.3) из таблицы 8.3.

Таблица 8.4

Переход от скалярной формы оценок к балльной форме

Курсант	Формула (8.3)	
	скалярная оценка	балльный эквивалент
К-1	0,450	4,2
К-2	0,350	3,3
К-3	0,250	3,0

Из таблицы 8.4 видно, что балльные результаты соблюдают те же закономерности упорядочения кандидатов, что и относительные нормированные (скалярные) оценки, то есть *они никак не совпадают с усредненной оценкой*.

Следует отметить, что вновь полученные балльные эквиваленты всегда будут отражать выполнение условия, налагаемое ранее применённой расчётной формулой функции полезности.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что уточнение шкал, в которых будет представлено пространство признаков изучаемого объекта, — это важный стратегический момент подготовки исходных данных к разработке оценочных, а также прогностических правил методами машинного обучения.

Так если интегральную оценку успешности обучения респондентов (как метрику внешнего критерия) представить в скалярной форме, то для прогнозирования успешности (эффективности) профессиональной деятельности методами машинного обучения рекомендуется индивидуальные тесто-

вые оценки ПВК также перевести в интервальную шкалу $[0,1]$ *каким-либо подходящим способом*.

Но если использовать исходную балльную форму индивидуальных тестовых оценок ПВК, то интегральную оценку успешности обучения респондентов рекомендуется представить в виде балльного эквивалента предварительно рассчитанной скалярной формы.

8.3. Шкала предпочтений Харрингтона и особенности ее применения

В примере 8.1 было рассмотрено применение функций полезности (аддитивной и мультипликативной) в качестве функций соответствия для преобразования исходной измерительной шкалы в непрерывную интервальную шкалу $[0; 1]$, которая обладает:

- упорядоченностью;
- наличием атрибута равной интервальности (единичного отрезка);
- наличием нулевой точки (естественного нуля).

Данные свойства теоретически обеспечивают числовой шкале $[0; 1]$ G -группу преобразований без каких-либо ограничений, налагаемых на множество выполняемых операций.

При этом, как было сказано, агрегирование однородных показателей с помощью функций полезности, а также перевод (при необходимости) полученных скалярных оценок в балльную шкалу, существенно повышают информативность обобщённой оценки и расширяют исследовательские возможности.

Но это не решает проблему для ПВК с различной смысловой и психофизической природой (таких как показатели общего интеллектуального развития, психологические свойства, адаптационные способности).

С одной стороны, в отличие от экспертных оценок успешности обучения, представленных в порядковой шкале измерения знаний, умений и навыков, ПВК кандидатов на обучение, курсантов и слушателей военного вуза уже представлены в интервальной шкале, на которой хотя и номинально, но все-таки существует «0» (это обусловлено методиками их измерения [8.5; 8.13; 8.16]). Тем не менее, агрегирование с помощью аддитивной и мультиплика-

тивной функций полезности для конструирования интегрального показателя здесь явно неуместно в связи с корреляцией между отдельными ПВК.

Поэтому для разнородных ПВК необходимо подобрать релевантную однотипную шкалу и установить правило их обобщения.

Подбор шкалы. Помимо формальных свойств, присущих интервальной шкале, в которой измерены ПВК, *искомая шкала должна позволять различать полученные результаты по степени их ценности.* Под этим свойством шкалы подразумевается не только возможность ранжирования, но и возможность фазсификации, т.е. преобразования исходных величин в распределения, соответствующие терминам лингвистической переменной, что означает переход от непрерывной числовой переменной к дискретной лингвистической шкале термов [8.19].

Точные значения исходных переменных преобразуются в значения лингвистических переменных посредством применения некоторых положений теории нечётких множеств, а именно — при помощи определённых функций принадлежности. Вид функции принадлежности может быть треугольным, трапециевидным, колоколообразным и т.п. Сформировалось понятие о так называемых стандартных функциях принадлежности, а именно — Z, П, Л и S — функциях (рисунок 8.2).

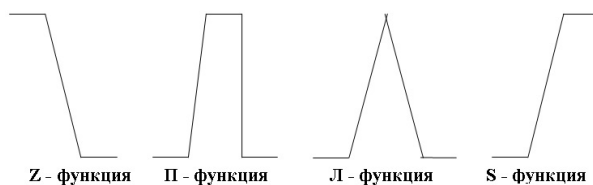


Рис. 8.2. Геометрическая форма стандартных функций принадлежности

Однако при необходимости можно подобрать и более подходящую форму функции принадлежности, добившись при этом лучших результатов, нежели с использованием функций стандартного вида.

И здесь важную роль играет тип лингвистической шкалы предпочтений.

Термы лингвистической шкалы при оценке уровня развития ПВК кандидатов на обучение в военном вузе, а также курсантов и слушателей должны отображать все возможные состояния оцениваемого признака — от лучшего до худшего.

Лингвистическая цепочка «*очень хорошо — хорошо — удовлетворительно — плохо — очень плохо*» самым естественным образом отражает многообразие этих состояний, а шкала предпочтений (желательностей) Харрингтона наилучшим образом их представляет (таблица 8.5).

Таблица 8.5

Стандартные отметки на шкале предпочтений Харрингтона

Качество признака	Желательность (категория)	Отметки на шкале
Очень высокое	Очень хорошо	0,80–1,00
Высокое	Хорошо	0,63–0,80
Очень высокое	Очень хорошо	0,80–1,00
Среднее	Удовлетворительно	0,37–0,63
Низкое	Плохо	0,20–0,37
Очень низкое	Очень плохо	0,00–0,20

Аналитическая функция принадлежности, соответствующая данной шкале, так называемая функция желательности Харрингтона, имеет вид [8.1]:

$$d = \exp(-\exp(-z')), \quad (8.6)$$

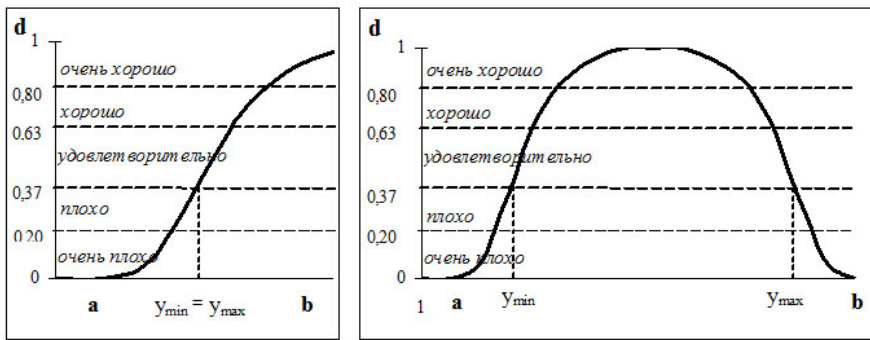
где d — значение функции желательности;

z' — текущее *закодированное* значение оцениваемого признака.

У этой функция есть две точки, подозрительные на экстремум, в которых она достигает значений $d_1 = e^{-1} \approx 0,37$ и $d_2 = 1 - e^{-1} \approx 0,63$ соответственно. Как показывает стандартный дифференциальный анализ данной функции — это точки перегиба (рисунок 8.3). Первая из точек имеет абсциссу $z' = 0$, принимаемую за начало отсчёта на кодированной шкале оцениваемого признака.

Геометрическая форма функции зависит также от того, какие ограничения налагаются на ее область определения, то есть на исследуемый признак, — односторонние или двухсторонние (рисунок 8.3), либо итеративные (предполагают более сложное комбинирование).

Именно точки перегиба разделяют лингвистические термы «хорошо», «удовлетворительно» и «плохо» и являются базовыми отметками на шкале предпочтений Харрингтона. А все промежуточные нюансы и крайности



Функция желательности для признака, ограниченного с одной стороны

Функция желательности для признака, ограниченного с двух сторон

Рис. 8.3. Геометрическая форма функции желательности

(недопустимо, превосходно, очень посредственно и т.п.) при оценке признака укладываются на числовом промежутке [0; 1].

При этом значение $d = 0$ соответствует абсолютно неприемлемому уровню данного признака, значение $d = 1$ — самому лучшему значению, а $d = 0,37$ обычно соответствует порогу допустимых значений (рисунок 8.4).



Рис. 8.4. Выделение интервалов качества на шкале Харрингтона

Шкала предпочтений Харрингтона универсальна в том смысле, что: относится к психофизическим шкалам и отражает попытку формализации представлений эксперта; является интервальной и позволяет ранжировать показатели по значимости; имеет точки разделения укрупненных форм и позволяет классифицировать показатели по качеству (выделять категории). Поэтому данная шкала широко используется специалистами самых разных областей.

Шкала предпочтений Харрингтона применима для качественно–качественной оценки частных ПВК у респондентов, а также для сравнительного анализа респондентов по этим качествам.

Правило обобщения частных ПВК. Шкала предпочтений Харрингтона предполагает в качестве метрики также применение обобщённой функции желательности Харрингтона [8.1; 8.8]:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}, \quad (8.7)$$

где D – обобщённая функция желательности;

d_i – частная функция желательности для i -го показателя;

n – количество показателей.

Такая метрика наиболее чувствительна к изменениям частных функций желательности, поэтому наиболее удобна для представления психологической реакции исследователя при решении задач рассматриваемого класса (оценочных). Ранее приведённый в таблице 8.5 способ задания базовых отметок на шкале пригоден как для частных, так и для обобщённой функции желательности.

При этом согласно [8.1; 8.8], статистическая чувствительность и специфичность частных и обобщённой функций желательности, связанных соответствием со шкалой предпочтений, не ниже, чем для любого используемого в них показателя.

В целом правило комбинирования интегрального показателя должно включать не только метрику, но содержать также способ предварительного кодирования «сырых» значений показателей и последовательность свёртки показателей (рисунок 8.5).

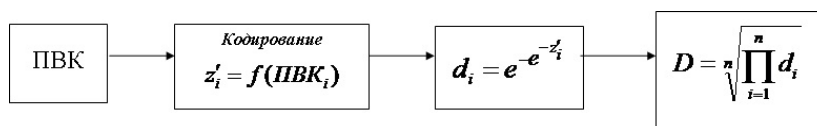


Рис. 8.5. Последовательность интегрирования показателей ПВК

8.3.1. Подходы к кодированию данных

Как уже было сказано, функция желательности Харрингтона предполагает использование текущих значений аргумента в условных единицах (кодах).

Преобразование «сырых» значений показателя в условные единицы (кодирование) довольно непростая задача. Её сложность определяется многими причинами и зависит от того, непрерывный показатель или дискретный, какие значения для него являются допустимыми (разброс значений от миниму-

ма до максимума), есть ли ограничения (односторонние или двусторонние) и каковы пороговые значения, существует ли норма, есть ли идеальное значение. Универсального приёма нет.

Для кодирования «сырых» значений показателя (y) можно, например, ограничиться нормированием $z' = \frac{y}{s}$. При этом нормирующий коэффициент, допустим, $s = y_{max}$ будет настраивать оценку на учёт минимальных достижений по показателю, а нормирующий коэффициент $s = y_{max} - y_{min}$ или $s = y_{порог} - y_{min}$ — на учёт идеальных достижений (максимум, минимум и порог выбираются во множестве значений данного показателя, либо известны априори).

При необходимости в дополнение к нормированию может применяться центрирование, т.е. сдвиг естественного нуля в выбранную точку. Выбранной точкой может служить минимальное значение y_{min} , или пороговое значение $y_{порог}$, или некая априори известная норма $y_{норм}$, априори известное идеальное значение и т.п.

В правилах кодирования могут также учитываться априорные знания о самих кодах: допустимые значения кодов (пороги), наибольшее или наименьшее значение $z'_{max}^{порог}$ и $z'_{min}^{порог}$, количество интервалов кодирования l и т. п.

Правило перевода «сырых» значений показателя (y) в условные единицы может иметь полиномиальную форму, например, линейную ($z' = a_0 + a_1y$). При этом задачу предварительного определения коэффициентов полинома можно решать, исходя из соотношения, к которому приводит кратное логарифмирование функции желательности Харрингтона (см. формулу 8.6):

$$\ln\left(\ln\left(\frac{1}{d}\right)\right) = -z'. \quad (8.8)$$

Тогда, например, для линейного полинома возникает функциональная связь:

$$a_0 + a_1y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{d}\right)\right). \quad (8.9)$$

Эта функциональная связь допускает построение системы линейных уравнений по заданным значениям y и d . Решив такую систему относительно a_0 и

a_1 , разработчик модели может получить уравнение $z' = a_0 + a_1y$ для перевода любого «сырого» значения показателя y в условные единицы z' .

Полиномы могут быть получены также методами машинного обучения (регрессия).

Таким образом, *идея применения функции желательности и шкалы предпочтений Харрингтона для моделирования интегрального показателя психологического профиля респондентов реализуема при условии перевода тестовых оценок в некоторую условную форму (коды). При этом качество построенной модели будет определяться надёжностью и валидностью применяемых психологических методик (тестов).*

8.4. Описание эксперимента с применением функции желательности и шкалы предпочтений Харрингтона

8.4.1. Кодирование тестовых оценок ПВК методами машинного обучения

Нами разработаны правила перевода тестовых оценок респондентов в условные единицы (коды) для показателей стандартных психологических методик: батареи интеллектуальных тестов (ОИР) [8.5], стандартизированного многофакторного метода исследования личности (СМИЛ) [8.16], многоуровневого личностного опросника для оценки адаптационных возможностей личности (МЛЮ «Адаптивность») [8.13].

Правила разрабатывались, уточнялись и корректировались *методами машинного обучения* на эталонной выборке стандартизации, которая формировалась из значительного объёма накопленных данных ($n > 3000$ респондентов) по тестированию кандидатов на обучение и курсантов ВМедА [8.6].

Большой объём наблюдений позволял исключить (минимизировать) случайную ошибку и обеспечить надёжность функций аппроксимации, построенных в ходе машинного обучения эталонной выборки (внутренняя валидность), а также распространить эти выводы на все субъекты исследуемой совокупности (внешняя валидность).

Осуществлялась многократная регрессия [8.2]. Применялся «способ обучения с учителем»: на обучающей выборке решалась задача регрессии, на кон-

трольной — выполнялась проверка. Допускалась взаимопроникаемость обучающей и контрольной выборок. Обучающая выборка неоднократно обновлялась с целью улучшения качества модели.

В основу моделирования были положены следующие переменные и константы:

$\{y\}$ — эталонная выборка тестовых значений показателя;

y_{min} — минимальное допустимое значение показателя;

y_{max} — максимальное допустимое значение показателя;

$y_{порог}$ — максимальное значение нормы показателя;

$y_{идеал}$ — идеальное значение показателя;

z'_{min} — нижний порог кодов;

z'_{max} — верхний порог кодов;

l — количество интервалов кодирования показателя.

В процессе моделирования производился контрольный переход от векторных к скалярным оценкам каждого показателя с помощью нормирующего коэффициента, настроенного на учёт идеальных достижений $s_i = y_{идеал} - y_{min}$, либо на учёт максимального значения нормы $s_i = y_{порог} - y_{min}$.

Выбор числа интервалов кодирования конкретного показателя и тип нормирующего коэффициента зависели от того, с одной или с двух сторон ограничена функция желательности Харрингтона для данного показателя. Двухстороннее ограничение использовалось в тех случаях, когда очень высокие значения показателя были нежелательны также, как и очень низкие (два порога). Минимальное и максимальное допустимые значения показателя не зависели от эталонной выборки и обуславливались исключительно содержательной частью соответствующей методики (теста).

Количество интервалов кодирования варьировалось от шести (при одностороннем ограничении функции желательности) до девяти (при двухстороннем ограничении).

В целом разработка правил кодирования тестовых оценок методом машинного обучения и оценка качества разработанных правил — сложный и трудоёмкий процесс. Окончательный вид разработанных правил кодирования приведён в таблице 8.6, где, начиная с L по Si идут «шкалы». Для краткости, слово «шкала» опущено.

Таблица 8.6

Правила перевода тестовых оценок в условные единицы

Показатель (признак)	Правило кодирования
«Аналогии» (АН) «Числовые ряды» (ЧР) «Зрительная память» (ЗП) «Арифметический счёт» (АС) «Исключение слов» (ИС) «Кубы» (КУБ)	$z'_i = -3 + 0,2y_i,$ где z'_i — код показателя; y_i — тестовое значение показателя.
L (ложь) F (валидность) K (коррекция) Ns (тенденция к сверхконтролю) D (пессимистичность) Nu (эмоциональная лабильность) Pd (импульсивность) Mf (мужественность-женственность) Pa (ригидность) Pt (тревожность) Sc (индивидуалистичность) Ma (оптимистичность) Si (социальная интроверсия)	$z'_i = -4,5 + \frac{3}{20}y_i \text{ при } y_i \leq 50$ или $z'_i = -4,5 + \frac{3}{20} \cdot (100 - y_i) \text{ при } y_i > 50,$ где z'_i — код показателя; y_i — тестовое значение показателя.
Поведенческая регуляция (ПР)	$z'_i = 3 - \frac{3}{46}y_i,$ где z'_i — код показателя; y_i — тестовое значение показателя.
Моральная нормативность (МН)	$z'_i = 3 - \frac{3}{17}y_i,$ где z'_i — код показателя; y_i — тестовое значение показателя.
Коммуникативный потенциал (КП)	$z'_i = 3 - \frac{1}{9}y_i,$ где z'_i — код показателя; y_i — тестовое значение показателя.

С помощью разработанных правил кодирования можно:

- получать в числовом выражении количественно-качественную оценку отдельных показателей, групп показателей и в целом психологического профиля респондента;
- осуществлять анализ индивидуальных различий респондентов по профессионально важным психологическим качествам;
- осуществлять дифференциацию респондентов на группы по уровню показателей, в том числе выделять группы риска;
- разрабатывать актуальные для исследователя интегральные показатели с привлечением первичной функции желательности Харрингтона.

8.4.2. Алгоритм свёртки пространства признаков ПВК

План свёртки пространство признаков (ПВК) разрабатывался нами с учётом кластеров (см. таблицу 8.7), на которые подразделялась номенклатура исходных показателей .

Поэтому для формирования интегрального показателя D планировалось определить три промежуточных показателя:

- для оценки общего интеллектуального развития (ОИР);
- для оценки психологических качеств (СМИЛ);
- для оценки адаптационных способностей (МЛО).

Причём каждый промежуточный показатель конструировался из ряда простейших показателей (d_i), то есть, в свою очередь, является их обобщением.

План свёртки исходного пространства ПВК выглядел так.

1. Формировались промежуточные обобщённые показатели кластеров (D_k) по формуле

$$D_k = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i}. \quad (8.10)$$

2. Формировался искомый обобщённый показатель (D) по формуле

$$D = \sqrt[k]{\prod_{i=1}^k D_k}. \quad (8.11)$$

В заключение показатель D оценивался по шкале предпочтений Харрингтона.

Номенклатура исходных показателей

Наименование показателя (признака)	Кластер
«Аналогии» (АН) «Числовые ряды» (ЧР) «Зрительная память» (ЗП) «Арифметический счет» (АС) «Исключение слов» (ИС) «Кубы» (КУБ)	Кластер общего интеллектуального развития (ОИР)
L (ложь) F (валидность) K (коррекция) Ns (тенденция к сверхконтролю) D (пессимистичность) Nu (эмоциональная лабильность) Pd (импульсивность) Mf (мужественность-женственность) Pa (ригидность) Pt (тревожность) Sc (индивидуалистичность) Ma (оптимистичность) Si (социальная интроверсия)	Кластер личностных психологических качеств (СМИЛ)
Поведенческая регуляция (ПР) Моральная нормативность (МН) Коммуникативный потенциал (КП)	Кластер адаптационных способностей (МЛО)

Важно отметить, что этот план не является единственно возможным.

В нашем случае реализована задача свёртки всего представленного пространства признаков. Хотя совершенно очевидно, что можно ставить частные исследовательские задачи и, соответственно, объединять исходные признаки выборочно.

Данная особенность предложенного нами подхода к свёртке пространства изучаемых признаков расширяет исследовательские возможности по оценке психологического профиля респондентов.

В ходе апробации разработанной модели выявлялись отдельные моменты, требующие уточнения, и при необходимости вносились дополнения.

Возможности модели по оценке индивидуального психологического профиля респондента и отдельных ПВК раскрываются в процессе ее применения и показаны ниже на примере.

8.4.3. Пример применения разработанной модели

Пример 8.2. Оценить уровень развития ПВК двух кандидатов (К-1 и К-2) на обучение в военном вузе по результатам тестирования. Результаты тестирования (тестовые оценки) приведены в таблице 8.8).

Таблица 8.8

Результаты тестирования кандидатов на обучение в вузе

Показатель	Тестовая оценка, y_i	
	кандидат К-1	кандидат К-2
Интеллектуальное развитие (ОИР)		
«Аналогии» (АН)	27	17
«Числовые ряды» (ЧР)	26	19
«Зрительная память» (ЗП)	23	9
«Арифметический счет» (АС)	26	14
«Исключение слов» (ИС)	25	14
«Кубы» (КУБ)	28	5
Психологические качества (СМИЛ)		
L (ложь)	36	43
F (валидность)	46	78
K (коррекция)	70	46
Hs (тенденция к сверхконтролю)	52	74
D (пессимистичность)	46	82
Hu (эмоциональная лабильность)	58	75
Pd (импульсивность)	53	88
Mf (мужественность-женственность)	59	71
Pa (ригидность)	53	76
Pt (тревожность)	52	93
Sc (индивидуалистичность)	57	109

Показатель	Тестовая оценка, y_i	
	кандидат К-1	кандидат К-2
Ma (оптимистичность)	50	78
Si (социальная интроверсия)	40	53
Адаптационные способности (МЛО)		
Поведенческая регуляция (ПР)	3	56
Моральная нормативность (МН)	4	12
Коммуникативный потенциал (КП)	2	6

Для каждого кандидата по соответствующей формуле (см. таблицу 8.6) рассчитаем построчно коды тестовых оценок и их отображения на шкалу Харрингтона.

В таблице 8.9 по результатам тестирования кандидатов приведены:

- тестовые оценки (y_i , балл);
- их коды (z'_i , усл. ед.), рассчитанные по соответствующей формуле;
- их отображения (d_i) на шкалу Харрингтона, рассчитанные по формуле (8.6).

Таблица 8.9

Применение функции желательности Харрингтона к тестовым оценкам

Показатель	Преобразование тестовых оценок					
	кандидат К-1			кандидат К-2		
	балл	код	d_i	балл	код	d_i
Общее интеллектуальное развитие (ОИР)						
«Аналогии» (АН)	27	2,40	0,91	17	0,40	0,51
«Числовые ряды» (ЧР)	26	2,20	0,90	19	0,80	0,64
«Зрительная память» (ЗП)	23	1,60	0,82	9	-1,20	0,04
«Арифметический счет» (АС)	26	2,20	0,90	14	-0,20	0,29
«Исключение слов» (ИС)	25	2,00	0,87	14	-0,20	0,29
«Кубы» (КУБ)	28	2,60	0,93	5	-2,00	0,001
Психологические качества (СМИЛ)						
L (ложь)	36	0,90	0,67	43	1,95	0,87
F (валидность)	46	2,40	0,91	78	-1,20	0,04

Показатель	Преобразование тестовых оценок					
	кандидат К-1			кандидат К-2		
	балл	код	d_i	балл	код	d_i
К (коррекция)	70	0,00	0,37	46	2,40	0,91
Hs (тенденция к сверхконтролю)	52	2,70	0,94	74	-0,60	0,16
D (пессимистичность)	46	2,40	0,91	82	-1,80	0,002
Hu (эмоциональная лабильность)	58	1,80	0,85	75	-0,75	0,12
Pd (импульсивность)	53	2,55	0,92	88	-2,70	$3 \cdot 10^{-7}$
Mf (мужественности-женствен.)	59	1,65	0,83	71	-0,15	0,31
Pa (ригидность)	53	2,55	0,92	76	0,90	0,09
Pt (тревожность)	52	2,70	0,94	93	-3,45	$2 \cdot 10^{-14}$
Sc (индивидуалистичность)	57	1,95	0,87	109	-5,85	$2 \cdot 10^{15}$
Ma (оптимистичность)	50	3,00	0,95	78	-1,20	0,04
Si (социальная интроверсия)	40	1,50	0,80	53	2,55	0,92
Адаптационные способности (МЛО)						
Поведенческая регуляция (ПР)	3	2,79	0,094	56	-0,92	0,08
Моральная нормативность (МН)	4	2,56	0,93	12	1,68	0,83
Коммуникативный потенциал (КП)	2	2,65	0,93	6	1,95	0,87

Сопоставляя и анализируя данные таблицы 8.9, можно увидеть, насколько чувствительна предлагаемая нами модель к низкому (высокому) уровню тестируемых качеств респондентов.

Так, например, у кандидата К-2:

- значение 71 показателя по шкале Mf (мужественность-женственность) оценено как «плохое» ($d = 0,31$);
- значения показателей по шкалам Hs — тенденции к сверхконтролю ($d = 0,16$), D — пессимистичности ($d = 2 \cdot 10^{-3}$), Hu — эмоциональной лабильности ($d = 0,12$), Pd — импульсивности ($d = 3 \cdot 10^{-7}$), Pa — ригидности ($d = 0,09$), Pt — тревожности ($d = 2 \cdot 10^{-14}$) и Sc — индивидуалистичности ($d = 2 \cdot 10^{-15}$), Ma ($d = 0,046$) оценены как «очень плохие» ($d_i < 0,2$);

– в то же время остальные, допустимые по норме и высокие значения показателей, оценены как «удовлетворительные» и «хорошие» ($d_i \geq 0,37$ или $d_i \geq 0,63$, см. таблицу 8.9).

В ходе разработки интегрального показателя D выяснилось, что процедура обобщения частных оценок (d_i) по формуле 8.7 требует уточнения, поскольку повышенная чувствительность среднего геометрического к очень малым значениям отдельных может привести к необоснованному занижению интегральной оценки. Так, например, у кандидата К-2 при полученных значениях (см. таблицу 8.9):

$$D_{\text{ОИР}} = \sqrt[6]{0,51 \times \dots \times 0,006} \approx 0,093,$$

$$D_{\text{СМИЛ}} = \sqrt[6]{0,87 \times \dots \times 0,92} \approx 1,5 \times 10^{-14}, \text{ то есть } \approx 0,000000000000015).$$

Эти результаты ничтожно малы по сравнению с частными оценками и явно требуют введения поправки.

Следовательно, при моделировании интегрального показателя необходимо предусмотреть возникновение диссонанса между частными оценками и обобщённой оценкой и ввести дополнительное сглаживающее условие.

Очень малые d_i предлагаем заменить числом, которое сохранит частные показатели на уровне «очень плохо», но при этом не исказит общую оценку D в целом. В приведённых выше расчётах для D условимся вводить поправку: «если $d_i \ll 0,2$, то $d_i = 0,2$ ». В таблице 8.10 представлены отредактированные с учётом этой поправки поэтапные расчёты обобщённой оценки уровня развития ПВК у кандидатов К-1 и К-2.

Таблица 8.10

Обобщённые оценки уровня развития ПВК у кандидатов

Показатель	Результаты обобщения оценок					
	кандидат К-1			кандидат К-2		
	балл	d_i	D_k	d_i	код	D_k
Общее интеллектуальное развитие (ОИР)						
«Аналогии» (АН)	27	0,91	0,886	17	0,51	0,323
«Числовые ряды» (ЧР)	26	0,90		19	0,64	
«Зрительная память» (ЗП)	23	0,82		9	0,2	
«Арифметический счет» (АС)	26	0,90		14	0,29	
«Исключение слов» (ИС)	25	0,87		14	0,29	
«Кубы» (КУБ)	28	0,93		5	0,21	

Показатель	Преобразование тестовых оценок					
	кандидат К-1			кандидат К-2		
	балл	d_i	D_k	d_i	код	D_k
Психологические качества (СМИЛ)						
L (ложь)	36	0,67	0,891	43	0,87	0,244
F (валидность)	46	0,91		78	0,04	
K (коррекция)	70	0,37		46	0,91	
Hs (тенденция к сверхконтролю)	52	0,94		74	0,16	
D (пессимистичность)	46	0,91		82	0,2	
Hu (эмоциональная лабильность)	58	0,85		75	0,12	
Pd (импульсивность)	53	0,92		88	0,2	
Mf (мужественность-женственность)	59	0,83		71	0,31	
Pa (ригидность)	53	0,92		76	0,09	
Pt (тревожность)	52	0,94		93	0,2	
Sc (индивидуалистичность)	57	0,87		109	0,2	
Ma (оптимистичность)	50	0,95		78	0,04	
Si (социальная интроверсия)	40	0,80		53	0,92	
Адаптационные способности (МЛО)						
Поведенческая регуляция (ПР)	3	0,094	0,933	56	0,08	0,524
Моральная нормативность (МН)	4	0,93		12	0,83	
Коммуникативный потенциал (КП)	2	0,93		6	0,87	
Интегральная оценка	D=0,903			D=0,346		

Из таблицы 8.10 видно, что:

- у кандидата К-2 среди оценок общего интеллектуального развития и личностных психологических качеств по шкале Харрингтона преобладали оценки «плохо» и «очень плохо». Поэтому обобщённые оценки этих качеств также получились низкие — на уровне «плохих» ($D_1 = 0,323 < 0,37$ и $D_2 = 0,244 < 0,37$);
- интегральная оценка уровня ПВК этого кандидата при расчёте по обобщённой функции желательности составила $D = 0,346$, что также оценивается по шкале Харрингтона как «плохо», в отличие от кандидата К-1, у которого на шкале предпочтений преобладали «очень хорошие»

оценки как по частным показателям ($d_i > 0,80$), так и по интегральному показателю ($D = 0,903 > 0,80$).

Вполне очевидно, что данный подход к оценке ПВК даёт результаты, которые при необходимости могут быть подвергнуты дальнейшему анализу на выявление индивидуальных (групповых) различий в проводимых исследованиях.

Кроме того, геометрический аналог личностного профиля респондента в единицах шкалы Харрингтона удобен для изучения и интерпретации (рисунок 8.6).^{8.4}

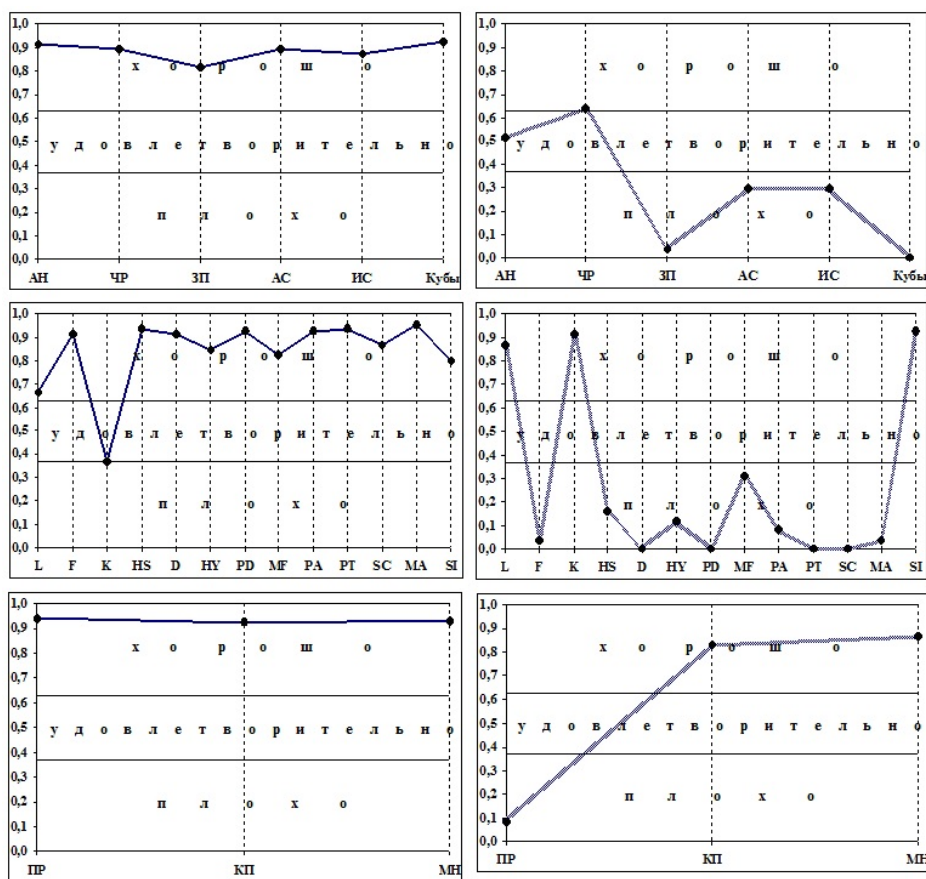


Рис. 8.6. Оценка исследуемых показателей у кандидатов К-1 и К-2

^{8.4} Поле каждой диаграммы условно разделено горизонтальными линиями на три полосы качества («плохо», «удовлетворительно» и «хорошо») в соответствии с пороговыми значениями 0,37 и 0,63.

На рисунке 8.6 наглядно представлено в единицах шкалы предпочтений Харрингтона преобладание «хороших» показателей личностного профиля у кандидата К-1 и «плохих» показателей личностного профиля у кандидата К-2.

8.5. Решающее правило оценки ПВК респондентов

Две контрольные точки (0,37 и 0,63) на шкале предпочтений Харрингтона делят числовой интервал [0; 1] возможных значений количественно-качественной оценки сложного признака на три части — три категории качества (см. рисунок 8.4), которые можно интерпретировать как категории пригодности в данном исследовании.

На этом основании можно сформулировать критерий оценки общего уровня развития ПВК у кандидатов (см. таблицу 8.11).

Таблица 8.11

Критерий оценки общего уровня развития ПВК у кандидатов

Значения интегрального показателя	Общий уровень ПВК
$D \geq 0,63$	высокий
$0,37 \leq D < 0,63$	средний
$D < 0,37$	низкий

Данный критерий применим также для оценки обобщённых показателей D_k по отдельным кластерам простейших признаков.

На этапе ППО в военном вузе этот критерий обеспечивает получение экспертной оценки пригодности кандидатов на обучение по результатам их психологического тестирования и возможность дифференциации кандидатов на группы пригодности по правилу, приведённому в таблице 8.12.

Так, в рассмотренном выше примере кандидату К-1 можно присвоить итоговую первую группу пригодности, а кандидату К-2 — итоговую третью группу (таблица 8.13).

В целом представленная модель оценки психологического профиля респондентов применима и на этапе профессионального психологического сопровождения курсантов (слушателей) военного вуза, а также для оценки

Правило дифференциации кандидатов на группы пригодности по результатам психологического тестирования

Значения интегрального показателя	Общий уровень ПВК	Общая категория ПВК	Группа пригодности
$D \geq 0,63$	высокий	I	пригоден в первую очередь
$0,37 \leq D < 0,63$	средний	II	пригоден
$D < 0,37$	низкий	III	непригоден

Таблица 8.13

Идентификация кандидатов К-1 и К-2 на обучение в вузе по категориям

Кандидат	Значение интегрального показателя D	Оценка интегрального показателя	Общая категория ПВК	Группа пригодности
К-1	0,903	$D > 0,63$	I	пригоден в первую очередь
К-2	0,346	$D > 0,37$	II	пригоден

соответствия ПВК респондента требованиям, предъявляемым специальностью (должностью).

В последнем случае к рассмотренным кластерам ПВК (ОИР, СМЛ, МЛО) добавится кластер экспертных оценок успешности профессиональной деятельности (учебной, служебной), который обеспечит создание метрики внешнего критерия и возможность применять методы управляемого машинного обучения для дальнейшей разработки соответствующих решающих правил.

Выводы

Некоторые проблемы оценки и прогнозирования успешности профессиональной деятельности курсантов (слушателей) военных вузов связаны с фор-

мальными процедурами над параметрами контролируемых психологических свойств и табельной успеваемости респондентов, несовместимыми с возможностями шкал, в которых они измерены. В частности, формирование интегрального показателя успеваемости в качестве метрики внешнего критерия без учёта возможностей измерительной шкалы не обеспечивает его информативности и ставит под сомнение достоверность оценки и надёжность прогнозирования успешности профессиональной деятельности респондентов. Поэтому принцип целостности «шкала – метрика – критерий» является базовым стратегическим принципом при разработке интегрального показателя сложного качества (свойства) респондентов.

В основе предлагаемого в работе подхода к проблеме оценки сложного качества кандидатов на обучение, а также курсантов и слушателей лежат:

- релевантная метрика, конструируемая с помощью функции желательности Харрингтона;
- универсальная психофизическая шкала — шкала предпочтений Харрингтона.

Разработаны необходимые алгоритмы и соотношения:

- алгоритм свёртки исходных ПВК в комплексный (интегральный) показатель;
- формализованные правила перехода от тестовых значений ПВК респондентов к кодам, применяемым для расчёта значений комплексного показателя.

Правила кодирования тестовых оценок респондентов формировались на эталонной выборке методами машинного обучения. База экспериментальных данных обеспечивала внутреннюю и внешнюю валидность результатов.

Модель, построенная на основе функции желательности и шкалы предпочтений Харрингтона, позволяет:

- получать в числовом выражении количественно-качественную оценку отдельных показателей, групп показателей и в целом психологического «профиля» респондента;
- осуществлять анализ индивидуальных различий респондентов по профессионально важным психологическим качествам;

- производить дифференциацию респондентов на группы по уровню показателей, в том числе выделять группы риска;
- конструировать интегральные показатели с привлечением первичной функции желательности Харрингтона.

Кроме того, данная модель обеспечивает простоту и наглядность в оценке психологического профиля личности и расширяет исследовательские возможности специалистов групп профессионального психологического обеспечения военных вузов.

Предложен геометрический аналог личностного профиля респондента в единицах шкалы Харрингтона, удобный для изучения и интерпретации.

Применение шкалы предпочтений и функции желательности Харрингтона в задачах оценки и прогнозирования может также служить удачным выбором для построения целостной и мобильной автоматизированной системы поддержки принятия решений специалистами групп профессионального психологического обеспечения вузов.

Библиографический список

- 8.1. *Adler Y., Markova E., Granovsky Y.* Planning an experiment when searching for optimal conditions. — Moscow: Nauka, 1976. — 279 p. — (In Russian).
- 8.2. *Bargesian A.* Data mining technologies: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. — SPb.: BHV - Petersburg, 2007. — 384 p. — (In Russian).
- 8.3. *Druzhinin V. N.* Experimental psychology: a textbook for universities. — SPb: Peter, 2011. — 320 p. — (In Russian).
- 8.4. *Dubina I.* Mathematical foundations of empirical socio-economic research: Textbook. allowance. — Barnaul: Publishing house of Altai. University, 2006. — 263 p. — (In Russian).
- 8.5. *Eliseev O.* Workshop on the psychology of personality. 2nd ed. rev. and revised. — SPb.: Izd. house "Peter", 2002. — 512 p. — (In Russian).

- 8.6. Forecasting military professional adaptation of students of higher educational institutions of the Ministry of Defense of the Russian Federation on the basis of application of innovative technologies: tech. rep. / K. Naidenova [et al.]; Military-medical. acad. — St. Petersburg, 2013. — 204 p. — (In Russian).
- 8.7. *Gostev Y.* Homomorphisms and models. Logical-algebraic aspects of modeling. — Moscow: Nauka, 1975. — 152 p. — (In Russian).
- 8.8. *Kartashova T.* Optimization issues in the development of the formulation and technology for the production of new polymer materials. — M.: MHTI them. Medeleev, 1969. — 198 p. — (In Russian).
- 8.9. *Kini R., Raifa H.* Decision-making under many criteria: preferences and substitutions. — M.: Radio, Communication, 1981. — 190 p. — (In Russian).
- 8.10. *Maklakov A.* Prospects for improving the system of psychological support for the educational process of the Higher Educational Establishments of the Ministry of Defense of the Russian Federation. — 2001. — (In Russian).
- 8.11. *Mikoni S.* Theory and practice of rational choice: monograph. — M.: Marshrut, 2004. — 463 p. — (In Russian).
- 8.12. Modification of Good Tests in Dynamic Contexts: Application to Modeling Intellectual Development of Cadets / X. A. Naidenova [et al.] // Proceedings of the SCAKD 2016 co-located CLA 2016. Vol. 1687 / ed. by M. Ojeda-Aciego, D. I. Ignatov, A. Lepskiy. — CEUR-WS.org, 2016. — P. 51–62. — URL: <http://ceur-ws.org/Vol-1687/paper5.pdf>.
- 8.13. *Raigorodsky D.* Practical psychodiagnostics. Techniques and tests: a tutorial. — Samara: Publishing House "Bakhrakh", 2006. — 672 p. — (In Russian).
- 8.14. *Shchukina N.* Application of the utility function in solving problems of professional psychological selection in educational institutions of the Ministry of Defense of the Russian Federation // Vestn. Ros. Military-medical. acad. — 2009. — 3(27). — P. 183–187. — (In Russian).

- 8.15. *Shchukina N.* Search for new approaches to solving problems of psychological support of professional activity of servicemen // Vestn. Ros. Military-medical. acad. — 2009. — 3(27). — P. 177–182. — (In Russian).
- 8.16. *Sobchik L.* SMIL. Standardized multifactor method of personality research. — SPb.: Rech, 2003. — 219 p. — (In Russian).
- 8.17. *Suppes P., Zines J.* Fundamentals of the theory of measurements / ed. by L. trans. with english. ed. Meshalkina. — M.: Mir, 1967. — 196 p. — (In Russian).
- 8.18. *Yarmolenko A., Lebedev S., Archimuk A.* Calculation of scales of methods of psychological testing: a methodical manual. — 2005. — SPb.: Marine Corps of Peter the Great. — (In Russian).
- 8.19. *Zade L.* The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions. with English. — M.: Mir, 1976. — 168 p. — (In Russian).