

Введение В традиционно считавшихся гуманитарными областях исследования в последнее время все более востребованным является применение методов, разработанных в физике, химии, биологии [1, 2]. В настоящее время бурно развивается область экономики, названная «эконофизика» [3, 4]. Проводятся исследования по проектированию динамических моделей социальных процессов [5]. Чрезвычайно актуальной задачей является построение моделей для описания принципов интеллектуальной деятельности человека [6]. Многие объекты, изучаемые в науках о человеке, могут рассматриваться как динамические системы. Для изучения когнитивной деятельности одной из сложных систем - человеческого мозга - применены методы синергетики [7]. С другой стороны следует отметить высокий интерес к внедрению математических методов и шкал оценок исследователями психологии личности. Например, в работе [8] проводится изучение коррелированности интеллектуальных способностей личности и общих знаний, при этом вычислены корреляты аспектов личностных характеристик. Мета-аналитические исследования предполагают, что существуют фундаментальные чувства общности среди особых мер познания, аффекта, и способность к волевому движению [9]. Эти чувства общности, в свою очередь, приводят к относительно небольшому набору черт, которые взаимосвязаны и дифференцированно влияют на интеллектуальное развитие. Сложность применения математических методов исследования обусловлена отсутствием измерительных шкал, что может быть преодолено с введением базовых переменных для лингвистических оценок исследуемых объектов, как это принято в теории нечетких множеств (ТНМ)[10]. Оценка восходящих уровней компетенций может быть выполнена с использованием методов ТНМ [11], позволяющей использовать понятие нечеткой и лингвистической переменных. Это очень перспективная и научно обоснованная методика, т. к. использование ТНМ позволяет ввести измерительную шкалу и четко регламентировать правила принятия решений. Следует отметить, что возможности применения ТНМ ограничены. Во-первых, большое количество информации содержится в трудно формализуемых интуитивных предпочтениях лица, формирующего списки оцениваемых параметров и конструирующего функции принадлежности. Во-вторых, вводимые нечеткие коридоры оценки статичны[12, 13, 14]. В физике микромира в основе вероятностных оценок находятся комплекснозначные функции - волновые, а плотность вероятности определяется как квадрат модуля волновой функции. Тогда практически измеряемые оценки, для которых удастся ввести измерительные шкалы, лежащие в основе лингвистических трактовок, могут быть представлены такими функциями, названными в работе [15] статусными. Комплексность позволяет включить в функции большую информацию, влияющую на принятие управленческих решений. Эти две компоненты положены в основу разделения статусной функции на амплитудную и фазовую часть, подобную фазе колебания

[16, 17, 18]. Кроме того, моделирование социальных и экономических процессов ограничено сложностью и перекрестностью процессов, происходящих в этих структурах, приводящую к необходимости формирования поля состояния объекта, подобного полям в естественно-научных исследованиях [19]. Попытки такого представления применялись в психологии начала прошлого века [20]. При этом совершен переход от понимания невозможности телеологического выведения поведения личности к «галилеевской психологии», и стремлении вывести законы психики лаконичные и всеобъемлющие, как и законы ньютоново-галилеевской физики. При этом, на основе психологических экспериментов, обосновывается и вводится необходимость формирования понятия «психологического поля» субъекта и формируется теория поля в социальных науках. Проводятся попытки описания взаимодействия субъект-социум с помощью аналогии электромагнитных взаимодействий. Развитие данного направления легло в основу многих современных психологических и социологических практик, таких как, например, социологические тренинги. При этом исследователи оказались не в состоянии сформировать законы психики лаконичные и всеобъемлющие, как и законы ньютоново-галилеевской физики, что в большой степени обусловлено отмеченным ранее отсутствием измерительных шкал, подобных естественно-научным. Данная проблема также может быть решена с применением статусных функций. Заметим, что, преодолевая указанные сложности отсутствия измерительных шкал применением теории нечетких множеств, ее статичность - введением комплекснозначных статусных функций, перекрестность описываемых процессов - формированием полей, приходим к проблеме распознавания сложных структур, соответствующих исследуемым объектам. В динамических системах сложные пространственные структуры получаются из отдельных, более простых структур - паттернов. При анализе пространственно-временных структур, наблюдаемых в природе приходится встречаться с другой проблемой: на практике измеряется сложная структура и проводится ее анализ [21, 22]. В работе [23] показаны способы анализа пространственно-временных структур электрических полей человеческого мозга таких, как электроэнцефалограммы, магнитоэнцефалограммы, позволяющие выявить основные паттерны, находящиеся в основе измеряемых структур. Аналитический анализ собственных функций на основе непрерывного преобразования Карунена-Лоэва проведён в [24]. Описываются способы выявления основных параметров, с помощью которых можно управлять системой - параметры порядка. Параметры порядка играют доминирующую роль в концепции синергетики [6]. Они «подчиняют» отдельные части, т. е. определяют поведение этих частей. С определением параметров порядка практически описывается поведение системы. В данной статье рассмотрены результаты эксперимента, в котором наблюдаемые структуры основаны на их моделировании в форме заданных статусных функций. При этом

вводятся некоторые переменные, которые являются лингвистическими [20], для которых вводится базовая переменная (интервал оценок) в лингвистических терминах и их функциях принадлежности. Понятие принадлежности в принципе отлично от понятия вероятности и представляется мерой степени соответствия значения базовой переменной лингвистической. Это соответствие определяется принятой моделью реальной описываемой системы, что позволяет конструировать функции принадлежности в форме наиболее пригодной для разрабатываемой или принятой модели, а также определяет различие в операциях с вероятностями и функциями принадлежности, используемыми в теории нечетких множеств (ТНМ) [25]. В работе использованы введенные ранее в работах авторов комплексные функции принадлежности для лингвистической оценки компетенций индивидуумов, названные статусными функциями. Они включают амплитудный и фазовый множители. Для амплитудной части введены ортогонализированные знакопеременные базисные функции. Конструирование фазовых множителей проводится с учетом личностно-мотивационной части компетенции. При этом сформированные структуры оценок на стадии определения статусных функций и являются в некотором смысле базовыми для получения возможных последующих структур. В данной работе представлен пример применения статусных функций для математического описания многоаспектной оценки формируемых компетенций индивидуума и его способности к повышению профессионального уровня, как со стороны внешней социальной роли, так и внутренней готовности к ее изменению. Заметим, что подобное разделение направленности на собственные и общественные интересы положено в основу известной модели Томаса-Киллмена [26], а также используется для анализа и структурирования результатов обширных социальных исследований [27]. Кроме того, проводится применение анализа сложных полей двухаспектных оценок набора компетенций индивидуума и его способности к повышению профессионального уровня, как со стороны внешней социальной роли, так и внутренней готовности к ее изменению. Поля получены с применением введенных ранее статусных функций. Для анализа используется метод вычисления пространственно-временных корреляций, называемый модами Карунена-Лова. I. Подход к решению проблемы Развитие предложенного метода оценки состояния компетенций рассмотрим на примере процесса формирования профессиональных компетенций менеджеров коммерческой компании, занимающейся предоставлением телекоммуникационных услуг населению. Использовались два аспекта набора оценок набора компетенций, полученные в результате самооценки и оценки руководителем. Эти две оценки задали два измерения в пространстве состояний исследуемого субъекта. В результате сформировано поле, соответствующее набору заданных компетенций исследуемого субъекта. Изменение компетенций отслеживалось в течение двух месяцев. В качестве основных групп компетенций для оценки эффективности

менеджеров в наши тесты включены следующие: ПК1 - анализ ситуации; ПК2 - концептуальность мышления; ПК3 - консервативность; ПК4 - способ обработки информации; ПК5 - уверенность в себе; ПК6 - способ оказания влияния на людей; ПК7 - сотрудничество в команде; ПК8 - развитие подчиненных; ПК9 - восприятие информации от окружающих. Данное количество групп компетенций ограничено сверху для возможности оперативно быстро получать ответы на опросы в закрытой форме. При меньшем количестве получаемой информации может быть недостаточно. Для каждой из этих 9 групп компетенций сформулировано по три ответа, соответствующих разной степени владения заданной компетенцией. Тесты разработаны для оценки компетенций менеджеров по продажам телекоммуникационных услуг с учетом их специфики. Наличие развернутых ответов в тестах облегчает их заполнение интервьюируемыми и позволяет получить более объективную картину. Чтобы исключить субъективное влияние испытуемых на результаты тестирования, последовательность из трех ответов по степени выраженности располагалась для разных вопросов в случайном порядке. В тестировании участвовали 20 менеджеров, анкетирование проводилось четырехкратно с интервалом 2 недели. За временной промежуток между анкетированием каждый менеджер проходил серию обучающих тренингов со специалистами компании и стажировок непосредственно на рабочем месте. Каждый испытуемый давал ответы на вопросы тестов отдельно как оценку существующего положения вещей, так и указывал желаемый для него вариант развития ситуации, что необходимо для оценки мотивации. Референтная группа менеджеров состояла из двух подгрупп по 10 человек. В первую подгруппу входили начинающие менеджеры со сроком работы менее двух месяцев. Во вторую подгруппу - менеджеры со сроком работы в данной области от полугода и больше. Помимо собственной оценки испытуемых, получена оценка по предлагаемой шкале для каждого испытуемого, выставленная его непосредственным руководителем (супервайзером). В позициях «сегодня» и «завтра» участник оценивает состояние на сегодняшний день и которое хотел бы достичь в ближайшие месяцы или год. Таким образом, проводится формирование «вектора развития» компетенции. В табл. 1 приведен фрагмент данных по степени выраженности для каждой из 9 компетенций. Система оценки спроектирована для трех уровней оценки - низкий (Н), средний (С), высокий (В). Первая колонка в каждом столбце компетенций соответствует ответу по оценке реальной ситуации, вторая колонка - желаемая для менеджера ситуация (в анкете позиция «завтра»). Такие анкеты заполняются супервайзером для каждого участника. Следует обратить внимание, что меняются не только оценки текущего состояния, как менеджером, так и супервайзером, а также уровень, который менеджер желает достичь в будущем. Для математической формулировки набора компетенций, определимся с лингвистическим пониманием категории компетенции. Отмечая отсутствие четко установившейся

терминологии в определении понятия компетенции, подчеркнем, что оно значительно шире традиционной триады знания-умения-навыки, т. к. включает знания и опыт применения как часть и еще личностную (или мотивационную) составляющую владеющего компетенцией человека. При этом первая часть является измеримой в виде оценки (тесты, анкеты и т.п.) - это вспомогательные инструменты измерения компетенции. Вторая часть - готовность реализации соответствующей компетенции - представляется трудно измеримой, т. к. «могу сделать что-либо» и «хочу сделать что-либо» могут находиться в некоторых взаимоотношениях типа «могу, но не хочу». Личностная составляющая компетенции при измерениях является в достаточной мере условной (кажущейся или мнимой) должна проявляться в действии. Такие соображения позволяют выделить две основные составляющие части компетенции - измеряемую в виде оценок ЗУН и личностную, проявляемую в некоторых прецедентах, и только в них измеримую. При проведении данного социологического эксперимента учет второй - мотивационной части компетенции проводится отметкой желаемого для достижения в скором будущем уровня заданной компетенции. Заметим, что в идеализированном случае человек стремится повысить свой уровень [28, 29]. Однако возможно нахождение в условиях типа «инициатива наказуема», тогда целесообразным следует считать понижение активности для максимального самосохранения. Желаемый для достижения уровень не оказывает влияния на текущую ситуацию, однако будет его оказывать в будущем. В таком случае это воздействие подобно фазе колебания, т. к. набор компетенций представляет изменяющуюся во времени и пространстве оценок-измерений функцию, ее можно представить некоторым аналогом волновой функции, содержащей измеряемую в тестах амплитуду и оказывающую влияние на последующее значение амплитуды - фазу. Такая функция описывает некоторый эквивалент внешнего социального статуса и внутренней личностной готовности принять этот статус или изменить его. Тогда построим функции, в некотором смысле подобные лингвистическим вероятностям ТНМ, описываемые функциями принадлежности, и назовем их статусными. Оценка человека может быть многоаспектной, т. к. самопозиционирование человека по заданным сферам деятельности может существенно отличаться от восприятия его достижений и возможностей окружающими людьми. Разные люди воспринимают одни и те же позиции по-разному, с собственных субъективных позиций. Таким образом, оценки компетенций могут быть, во-первых, многомерными, во-вторых, в них может быть включена мнимая часть - в виде фазы. Все это включено в статусные функции, что позволяет в новой форме применять факторный анализ, komponуя структуры для анализа по более укрупненным показателям. Таблица 1 - Подгруппа начинающих менеджеров (начало декабря) Менеджер Стаж (мес.) ПК1 ПК 2 ... О О С В Н Н В С С З Н В С С Н Н Для конструирования статусных

функций реализуем следующую процедуру. На первом этапе задали наборы компетенций и провели их оценку по внешней и самооценке, а также по вектору тенденции изменения. На втором этапе вычислим весовые коэффициенты значимости каждой компетенции в общей оценке. Для расчета коэффициента корреляции используется следующая методика [30, 33]. Сначала находится сумма квадратов отклонений баллов студентов от среднего арифметического балла по интересующему критерию  $K_j$  : , (1) где  $K_{ij}$  - баллы  $i$ -го студента по  $j$ -ой компетенции,  $n$  - количество тестируемых студентов. Затем находится сумма квадратов отклонений итоговых тестовых баллов студентов от среднего арифметического балла по всему тесту: , (2) На следующем шаге вычисляется скорректированная на средние значения сумма попарных произведений баллов по  $j$ -ой компетенции и итоговых тестовых баллов каждого студента: , (3) Первая часть формулы (3) представляет собой сумму произведений баллов каждого студента по  $j$ -ой компетенции и по итоговому тестовому баллу. Вторая часть формулы (3) представляет собой коррекцию на средние значения произведений баллов каждого студента по  $j$ -ой компетенции на его итоговый балл. На последнем шаге рассчитывается коэффициент корреляции  $j$ -ой компетенции с итоговой суммой баллов: , (4) Чем выше значение  $r_{ju}$ , тем больше потенциальный вклад  $j$ -ой компетенции в итоговый тестовый балл. Вес компетенции определяется как отношение ее коэффициента корреляции к сумме всех коэффициентов. Третий этап. Введем систему ортогональных функций  $fl(r)$ . Для представления мотивационной характеристики участника используются три уровня оценки, однако их влияние учитывается по другому и формирует «фазу» статусной функции, определяющей значения компетенций исследуемого участника. Для представления мотивационной характеристики участника мы ввели три уровня оценки  $k=-1,0,1$ . Эти уровни характеризуют требование компании к уровню соответствующей компетенции. Полное соответствие характеризуется значением  $k=1$ , частичное соответствие  $k=0$ , состояние, противоположное требуемому компанией,  $k=-1$ . Самооценка и оценка супервайзера представляют собой вид одного состояния компетенций в различных проекциях. Эти оценки положены в основу двумерного «поля компетенций» в осях абсцисс и ординат. Оценка состояния, намеченного для достижения, формирует значение фазы соответствующей сформированной статусной функции [24]. , (5) где оценки  $k=-1,0,1$ . Для самого низкого уровня  $k=-1$  отслеживается тенденция на понижение оценки, при  $k=0$  - наблюдается соответствие желаемого и достигнутого уровня,  $k=1$  - наиболее высокий уровень в веденной системе оценок, ориентированный на повышение уровня.  $fl(x)$  - знакопеременная функция принадлежности самооценки, полученная в результате процедуры ортогонализации по процедуре Грамма-Шмидта введенных трех возможных гауссовых распределений на интервале  $[-0.5; 0.5]$ . Максимумы функций располагаются при  $x = -0.18, x=0, x=0.18$ . если рассчитывать

результатирующую лингвистическую оценку по математическому ожиданию распределения, то базовая переменная будет меняться в интервале  $[-0.18; 0.18]$ .  $f_l(y)$ - аналогичная функция оценки супервайзера. В отличие от [11] в формировании оценки личностной характеристики участника изменена использованная ранее процедура, в которой введены три уровня оценки  $k=-1, 0, 1$ . Для наиболее низкого уровня  $k=-1$  использовалась оценка - пассивный, для следующего уровня при  $k=0$  - декларационный, для высокого уровня  $k=1$  - активный. В данной работе с профессиональными менеджерами такая оценка оказалась затруднительной. Поэтому использована терминология «восходящих» компетенций. Для определения значения  $k=-1, 0, 1$  оценивалось соответствие действующей оценки компетенции и ее желаемой оценки. Все оценки сформулированы в лингвистических позитивно окрашенных утверждениях. Например, вместо утверждения «игнорирует возможности групповой работы и противопоставляет себя коллективу» используется лингвистический терм «имею свое мнение, если оно противоречит интересам группы отстаиваю и в конечном счете реализую». При  $k=0$  отмечается сохранение имеющейся оценки и желаемого состояния. При  $k=1$  желаемое состояние соответствует более высокой оценке, при  $k=-1$  - более низкой. Для каждого из участников из набора входных и выходных оценок сна основе введенных базисных функций (3) составлялась статусная функция: , (6) Здесь - матрица  $3 \times 3$  в которой положение ненулевых значений определяется оценкой. Затем проводится сборка результирующей статусной функции: , (7) Здесь  $w_i$  - весовые коэффициенты соответствующих компетенций. В результате применения описанной процедуры будут получены комплексные поля оценок. II. Преобразование Карунена-Лова Сформируем статусную функцию поля оценок профессиональных компетенций в некоторый момент времени  $t$ , которое может быть представлено следующим образом: , (8) где  $n$  - число оцениваемых компетенций. «Координаты»  $x$  и  $y$  представляют собой непрерывные переменные, над множеством которых определены статусные функции. Значениям этих координат могут быть поставлены в соответствие традиционные оценки (например, при  $x_0$