

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ И ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ ПСИХИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ (НА МОДЕЛИ АСТЕНИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ)

М.А. Беребин, И.А. Скоробогатова, А.В. Щеголеватый

Все чаще перед современной медициной встают задачи, требующие применения широкого спектра математических методов. Это объясняется тем, что медицина фактически переходит из области описательных в сферу точных наук. Однако использование математики при решении клинических проблем все еще имеет, как правило, опосредованный характер. Особенно это относится к клинической психологии как области науки и практики, находящейся на «стыке» клинической медицины и психологии. Тем не менее, значимость задачи изучения психики человека трудно переоценить. К сожалению, язык математики оказался мало приспособленным для описания живых систем, будь то общество, организм или отдельная клетка. Испытанные принципы, которые эффективно работали при исследовании физических и технических систем, оказались практически непригодными для изучения живого и сложных неживых систем. Для того чтобы найти новые принципы и методы, имеется единственный путь: решение конкретных задач, возникающих в различных нетрадиционных областях применения математики. При этом задачи должны решаться во всей их реальной сложности, без попыток уложить их в прокрустово ложе уже готовых математических моделей. Только при таком подходе можно рассчитывать на то, что решение конкретных задач приведет к развитию новых методологических принципов, имеющих широкое поле приложений.

Одной из областей клинической практики, наиболее подготовленных для восприятия и развития математического обеспечения решения своих задач, является психологическая диагностика (психодиагностика) и ее отраслевой прикладной раздел - клиническая (медицинская) психодиагностика. Последняя все чаще начинает пониматься в значении «психологическая диагностика в клинике» и позволяет решить большое число научных и практических проблем, актуальных для медицины и психологии.

Разнообразие клинических приложений порождает и разнообразие методов, и различие задач клинической психодиагностики. Диагностическая работа клинического психолога чаще всего преследует решение задач дифференциации отклонений, а также степени их выраженности.

Методы клинической психодиагностики представлены преимущественно качественными исследованиями (результаты которых выражаются в основном номинативными данными) и, реже количе-

ственными методами (включая психодиагностические подходы, сформировавшиеся с привлечением информационных компьютерных технологий).

Однако решение задач медицинской психодиагностики в значительной степени осложняется спецификой самой предметной области (клинической медицины), так и спецификой ее основного метода (диагностики - от лат. *dia* - приставка раз-, рас- и *gnosis* - познание). Современная клиническая медицина рассматривается как модель предметной области, в которой еще не произошло до конца замещения ее основной характеристики «медицина как искусство» на «медицина как технология». Такое положение позволяет рассматривать ее как пример «нечеткой предметной области», в которой решение задач в значительной степени определяется закономерностями не формальной логики, а аппаратом так называемых «нечетких» логик. При этом сами медицинские явления (симптомы, синдромы, заболевания) отличаются высокой вариативностью, что в значительной степени оставляет клинику за пределами интереса математики как науки, строго описывающей феномены конкретной предметной области.

В структуре клинической медицины отмечается большая вариативность характеристик «четкости - нечеткости» различных ее отраслей. По определению, область нарушений психического здоровья является наиболее «размытой» (по сравнению, например, с хирургией, кардиологией или патологической анатомией, опирающихся в большей или меньшей мере на объективные измерительные данные об морфологических изменениях в организме). В психиатрии в подавляющем большинстве случаев отсутствуют доступные измерению изменения субстрата психической болезни, да и оценка доступных наблюдению проявлений психических расстройств в значительной степени вариативна. Кроме того, и среди психических расстройств отмечается значительная вариативность «четкости - нечеткости» заболеваний (например, от максимально объективируемой эпилепсии или деменции до трудно квалифицируемых неврозов, пограничных психических расстройств или нарушений адаптации)

С другой стороны, само содержание диагностики (и психодиагностики, в частности) как «различительного познания» или «распознавания» до сих пор опирается не на строгие (преимущественно измерительные методы), а на субъективные оценки и критерии, по результатам которых фор-

мируются различные выводы. В их числе: определение класса заболевания («нозологическая диагностика»), различение объектов разных классов («дифференциальная диагностика заболеваний»), определение динамики наблюдаемых изменений объекта исследования («клиника течения заболевания» и т.п.). Решение подобных задач имеет определенные математические аналоги (например, теория распознавания образов). Строго говоря, задача медицинской диагностики (и медицинской психодиагностики в частности) представляет собой пример распознавания объектов-заболеваний в системе определенной медицинской классификации.

Современная ситуация клинической медицинской диагностики характеризуется довольно высокой долей влияния субъективизма экспертов-врачей на результаты о диагностике заболеваний. На этом основании в психологической диагностике, например, выделено отдельное, самостоятельное направление - клинический (экспертный) метод получения и анализа информации (экспертных оценок). Поэтому очень большое внимание необходимо уделять математическим основам предварительной обработки данных, позволяющих повысить меру объективности субъективных оценок экспертов. При этом сами экспертные оценки, не смотря на их балльное выражение (подразумевающее как бы интервальный характер их значений) являются фактически оценками двух видов. Это либо частные случаи результатов измерения (причем по шкалам не мощнее порядковых (ранговых) шкал), либо выражение результатов так называемого «стандартизированного аналитического наблюдения» эксперта (как правило, в виде отметок на континууме биполярных шкал, отражающих, фактически, результаты рейтингования объектов экспертного оценивания).

Одной из распространенных процедур подобного рода является модель шкалирования сравнительных суждений Терстоуна, являющаяся формальным математическим основанием выполненной в исследовании фрагмента сбора экспертных оценок. Многократное попарное предъявление стимулов позволяет в итоге определить частоту предпочтения каждого стимула при сравнении его с остальными, что проявляется построением порядковой шкалы частот предпочтения. На основании теоретического допущения о том, что дисперсия процесса различения каждой пары стимулов распределена по нормальному закону, определяется субъективная разность (различие) между двумя стимулами S_i и S_j , измеряемая в единицах дисперсии. Последняя, в свою очередь, может быть оценена по наблюдаемой в опыте частоте суждения типа «стимул S_i более предпочтительный, чем стимул S_j ». Определение шкальных значений попарных разностей дает возможность построить шкалу интервалов для оценки необходимого свойства стимулов (выраженность в клинической картине астении), хотя

физические метрические корреляты этой выраженности остаются неизвестными.

Отдельной проблемой исследования является использование математических методов оценки конкордации экспертных оценок. Последняя проблема весьма актуальна в клинической медицине и психиатрии, в особенности, поскольку зачастую диагноз, поставленный одним коллективом экспертов-врачей не совпадает с диагнозом, поставленным их коллегами. Рассогласования подобного рода могут возникнуть не только различными коллективами специалистов, но и даже между экспертами, работающими в одном коллективе. Между тем, численность такого коллектива, как правило, незначительна и не превышает размерности известного в математике числа Ингве-Миллера (7 ± 2), причем чаще всего, - в его нижних границах (например, из-за ограниченности штатного расписания отделений современных больниц). В силу этого оценка согласованности - рассогласованности экспертных оценок малого коллектива экспертов приобретает особое значение. Для решения этой проблемы следует использовать специальные методы многомерного анализа экспертных оценок.

Описанные выше особенности предметной области и метода получения и анализа данных выводят медицинскую психодиагностику в разряд экспертных методов, т.е. методов, отражающих исключительно субъективный опыт и знания врачей, принимающих участие в диагностике психических расстройств как объектов предельно «размытой» предметной области. Отметим, что в других областях медицины существуют диагностические системы, позволяющие с достаточно высокой долей уверенности принимать диагностические решения в этих достаточно четких областях.

Поставленная в настоящем исследовании задача требует более детальной характеристики объекта этого исследования - астенических расстройств в структуре нарушений психической адаптации как адекватного представителя так называемых «пограничных расстройств» (заболеваний с клиническими проявлениями, не существенно отличающейся от картины психической нормы, но квалифицируемой как психическая патология).

Пограничные психические расстройства как специфические психопатологические состояния, характеризуются полиморфизмом, системностью формирования патологии, многоуровневостью нарушений психической деятельности и развитием различных вариантов психической и социальной дезадаптации [1]. Многомерность клинических, психологических и социальных проявлений пограничных состояний требует проведения исследования, в котором психологические и психодиагностические данные составляют важную основу методического обеспечения научно-исследовательской работы как психологов, так и клиницистов разнообразных специальностей [6].

Одной из важных проблем исследования пограничных психических нарушений является установление роли и механизмов развития астенических расстройств и их влияния на формирование различных форм психической дезадаптации и клинических вариантов пограничных состояний. Об основополагающей и причинной роли астенического синдрома в развитии психопатологической симптоматики указывал еще А.В. Снежневский [5]. При этом важным для понимания интимных звеньев этиопатогенетических механизмов развития психических нарушений пограничного уровня является замечание А.В. Снежневского о том, что астенические расстройства относятся к числу наименее специфических проявлений нервно-психической патологии. Неспецифичность астенического симптомокомплекса, формирующегося в ответ на психогенные воздействия, делает его наиболее трудным для психологической диагностики экспертами-врачами-психиатрами и психологами-психодиагностами.

Таким образом, настоящее исследование преследует основную цель - формирование модели астенического компонента нарушений психической адаптации (адекватного феномена «нечеткой» предметной области) на основании специальным образом организованной математико-статистической обработки экспертных оценок (оценок и выводов врачей и психологов), учитывающих специфику их получения (субъективный характер полученных данных и «нестрого-логичные» основания вынесения выводов). Отдельным фрагментом работы являлось получение моделей двух вариантов астенических расстройств (неврастении и церебрастении), как своеобразных эталонов при проведении дифференциальной диагностики этой группы нарушений. Методологическими основами работы являлись прикладные аспекты применения теории распознавания образов, методы получения и обработки экспертных оценок, методы математического моделирования, методы психологического шкалирования.

1. Постановка задачи

В наиболее общем случае задача распознавания образов может быть определена таким образом. В предметной области содержится некоторая совокупность объектов или явлений. Априорная информация об объектах позволяет разделить их на ряд классов (образов), непересекающихся с точки зрения выбранного принципа классификации. Однако в начале этот набор (алфавит классов) может быть и не определен. Формируется словарь признаков, т.е. входных сигналов для системы распознавания, на языке которого описывается каждый класс объектов. Этот словарь до начала работы системы распознавания является, как правило, избыточным, т.е. содержит заведомо больше информации об объектах, чем это необходимо для определения принадлежности объектов к классам. Принципиально возможно обеспечить определение значений всех признаков словаря у существующих объектов предмет-

ной области. Необходимо задать алгоритмы обработки информации, поступающей на вход системы распознавания, и выдачи сигналов другим системам такие, что решения о принадлежности объектов классам обеспечат наиболее эффективное их использование при достижении поставленных целей.

Особенностями применения метода в настоящем исследовании явилось то, что в предметной области «Нарушения психической адаптации» в сегменте «Астенические расстройства» находятся 2 объекта - «Невротическая астения» (НА) и «Церебрастения» (ЦА). Совокупности описывающих их признаков имеют области пересечения (как проявления общности класса астенических расстройств) и, в тоже время, имеют существенные различия в наборах этих признаков, позволяющих классифицировать их как самостоятельные подклассы со специфическим характеристиками, делающими их доступными для дифференцирования (в частном случае - дискриминирования). Словарь этих признаков формировался путем отбора существенных характеристик НА и ЦА из баз знаний - классификационных справочников психических заболеваний, а также путем специально организованной работы с экспертами-психиатрами и психологами по формированию базы знаний методами Data Mining («добыча», «раскопка данных», «обнаружение знаний в базах данных» - Knowledge Discovery in Databases). Избыточность полученного словаря устранялась посредством оценки экспертами представленности каждого признака (симптома) в клинической картине НА и ЦА с последующей обработкой экспертных оценок по специальному алгоритму. Решение о принадлежности объекта к искомому классу осуществлялось на основании сопоставления их с соответствующим моделями.

В наиболее обобщенном виде можно отметить, что поставленные цели исследования включали последовательное решение ряда проблем:

1. Решение задачи автоматической классификации многопараметрических объектов нечеткой предметной области на основе построения системы распознавания.

2. Исходными данными для построения такой системы распознавания являются полученные специальным образом знания и оценки экспертов - специалистов в области психиатрии и клинической психологии.

3. Для предварительного анализа экспертных оценок целесообразно использовать методы обработки экспертных оценок, а также методы многомерного анализа данных.

2. Этап формирования набора признаков неврастении и церебрастении как модели объектов нечеткой предметной области «нарушений психической адаптации»

Собранный на этапе анализа научных литературных источников по проблеме астении, самооценки индивидуального субъективного опыта

клинической и психологической диагностики и терапии церебрастении и неврастении материал был формализован, структурирован и представлен в виде исходного списка признаков (симптомов) для последующего экспертного оценивания экспертной комиссией из числа врачей-психиатров и психотерапевтов.

На вход процедуры экспертного оценивания подавалась матрица, содержащая следующие переменные, фактически - симптомы астении (в скобках приведены их условные обозначения, применяемые далее в тексте):

1. Раздражительность (x_1).
2. Утомляемость (x_2).
3. Головокружение (x_3).
4. Нарушение сна (x_4).
5. Головная боль (x_5).
6. Ощущение психической усталости (x_6).
7. Раздражительность в виде гнева (x_7).
8. Эмоциональная лабильность (x_8).
9. Вегетативные реакции (x_9).
10. Беспокойство (x_{10}).
11. Снижение когнитивной продуктивности (x_{11}).
12. Изменение чувствительности (x_{12}).
13. Мышечное напряжение (x_{13}).
14. Неспособность к релаксации (x_{14}).
15. Усиление реакции на испуг (x_{15}).
16. Ипохондризация (x_{16}).
17. Угрюмость (x_{17}).
18. Напряженность (x_{18}).
19. Апатия (x_{19}).
20. Нарушение аппетита (x_{20}).
21. Сниженная устойчивость к стрессу (x_{21}).
22. Чрезмерность переживаний (x_{22}).
23. Повышение уровня бодрствования (x_{23}).
24. Повышение психической чувствительности (x_{24}).

На первом этапе исследования эксперты оценивали по пятибалльной шкале выраженность (интенсивность) каждого симптома отдельно для клинической картины НА и ЦА. С целью увеличения размерности массива экспертных оценок проводилось также экспертное оценивание субъективной важности каждого симптома в диагностической парадигме каждого эксперта. При исследовании исходили из постулата, что при одинаковых показателях интенсивности того или иного симптома большее значение экспертной оценки имеет тот признак, субъективная значимость которого для эксперта более высокая. Полученные подобные «взвешенные» экспертные оценки вида "a-p" позволили придать экспертным оценкам двумерную характеристику.

Оценку степени важности диагностических признаков эксперты производили путем заполнения специальной таблицы, где в строках и столбцах представлены эти симптомы.

Верхние и нижние полуматрицы применялись соответственно для экспертной оценки важности вклада каждого симптома в клиническую картину

астении и построения ее синдромологической структуры. В случае предпочтения (большей субъективной важности в индивидуальной диагностической модели эксперта) признака из столбца перед признаком из строки выставлялся «+» (в противном случае - ставилась отметка «-»). В дальнейшем эти данные использовались для вычисления рангов признаков астенических состояний путем определения количества факторов (переменных), менее значимых для диагностики.

Степень совместной встречаемости (ассоциированности) симптомов между собой в общей клинической картине астенического расстройства экспертами оценивалась в ячейках нижней полуматрицы путем вынесения экспертных оценок от 1 до 10 на соответствующих пересечениях таблицы (при этом максимальной сцепленности симптомов соответствовало значение 10, а минимальной - 1).

На вход процедуры обработки экспертных оценок подавался набор анкет, содержащих экспертные оценки коллектива врачей, состоящего из 5 человек. Анкеты отражают совокупные оценки экспертов двух распространенных нозологических (т.е. закрепленных в медицинской классификации психических расстройств) форм астенических состояний: невротической астении (НА) и церебрастении (ЦА). В математически-обобщенном виде каждая нозология (ЦА и НА) может рассматриваться как вектор целочисленных 24 параметров, характеризующих выраженность симптомов этих заболеваний в 5-мерном пространстве экспертных суждений. Также для каждой нозологии имеются показатели важности и ассоциированности симптомов в составе синдромов и других проявлений клинической картины заболевания.

Задачами этого этапа являлись определение и выполнение ряда математических процедур и алгоритмов, позволяющих:

- проанализировать степень согласованности экспертных оценок для определения возможности их дальнейшего использования в задаче диагностики;
- построить 3 аналитических модели: линейную ранговую модель, факторно-аналитическую модель и модель, полученную на основе метрик многомерного субъективного шкалирования с целью исследования свойств исходного пространства признаков для получения факторного пространства и построения субъективных пространств, объясняющих сцепленность признаков для каждого вида астении;
- задать решающее правило, позволяющее в пространстве признаков определять тип любого нового случая астенического расстройства (не использовавшегося в обучающей выборке) по значениям экспертных оценок;
- на основе этого правила построить экспертную систему диагностики астенических состояний.

3. Предварительная обработка данных

Для предварительной обработки полученных данных были применены следующие методы экспертных оценок:

- метод ранговой корреляции,
- метод интеграции экспертных оценок.

3.1. Метод ранговой корреляции

Метод ранговой корреляции [7] используется для исследования связей между признаками (факторами), не имеющими количественного измерения (по крайней мере - между признаками, результаты измерения которых представлены в значениях неинтервальных шкал). Мерой измерения симптома выступает его относительная интенсивность по сравнению с интенсивностью другого признака. Количественной характеристикой интенсивности признака служит номер (ранг) этого симптома в общей иерархии признаков НА и ЦА.

Ранги, не являясь количественными категориями, в тоже время характеризуют упорядоченность симптомов в соответствии со степенью выраженности их интенсивности (но не саму величину интенсивности той или иной симптоматики). Математический смысл ранжирования не противоречит сложившейся клинической диагностической практике: врачом-экспертом в клинической картине заболевания оценивается не выраженность симптома в баллах, а его преобладание над другими признаками болезни (доминирующий симптом). Основная цель применения метода ранговой корреляции в решении поставленной задачи заключалась в определении степени согласованности экспертов и оценки на основании этого возможности использования полученных экспертных мнений в дальнейших исследованиях и диагностике.

Получение и обработка экспертных оценок методом ранговой корреляции включал в себя ряд этапов.

На этапе сбора экспертных оценок каждому специалисту предлагалось предлагается дать оценку каждому фактору (симптому), путем присвоения ему рангового номера, от 1 до n (в частном случае - до 24). При этом наиболее значимому фактору присваивался ранг 1, в случае равнозначности факторов в субъективной метрике эксперта им присваивается одинаковый ранг («связанные ранги»). Результаты ранжирования контролировались по общепринятому правилу: сумма рангов, полученная в результате ранжирования n факторов, должна быть равна сумме чисел натурального ряда.

На основании анкет сформирована сводная матрица рангов, представленная в табл. 1, где

$$\Delta = \sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij}. \quad (1)$$

После заполнения сводной матрицы рангами и проверки правильности ее составления путем расчета контрольной суммы по формуле

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = \frac{1}{2}(1+n)n \quad (2)$$

исчислялись суммы всех столбцов, которые должны быть равны между собой и контрольной сумме.

Кроме того, в сводной матрице рангов (см. табл. 1) подсчитывалась сумма каждой строки и сумма строк, которая в идеале должна совпадать с суммой по столбцам, то есть

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}. \quad (3)$$

При анализе существенности факторов (симптомов) НА и ЦА исходным являлся тезис о том, что фактор с наименьшей суммой рангов имеет наименьшее значение и, наоборот, фактор с наибольшей суммой рангов оценивается экспертами как наиболее важный в оценке заболевания. Для наглядности представления результатов оценивания экспертами факторов были построены гистограммы распределения сумм рангов значимости изучаемых факторов, позволяющие сгруппировать их по степени значимости.

Полученные оценки факторов можно считать достоверными только при условии хорошей согласованности экспертов, для чего производится обобщение мнений экспертов (оценка средней степени согласованности мнений экспертов), путем исчисления коэффициента конкордации. Коэффициент конкордации W вычислялся по следующей формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (4)$$

где

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij} \right)^2 = \sum_{j=1}^n \Delta^2. \quad (5)$$

Величина S занесена в табл. 1. Значение коэффициента конкордации лежит в пределах: $0 \leq W \leq 1$. При полном совпадении мнений экспертов значение $W \rightarrow 1$, при рассогласовании - $W \rightarrow 0$. Для случаев присутствия в таблице связанных рангов коэффициент конкордации исчисляется по формуле:

$$W = S \left(\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i \right)^{-1}, \quad (6)$$

где

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^n (t^3 - t), \quad (7)$$

где t - число связанных рангов в каждом, столбце матрицы рангов.

Величина T_i определяется для каждой графы, где представлены связанные ранги. Например, если в графе i имеются следующие связанные ранги: 3 - два, 5,5 - два, то

$$T_i = \frac{1}{12} \left((2^3 - 2) + (2^3 - 2) \right) = 1. \quad (8)$$

Таким путем определяются все значения T_i , а затем подсчитывается $\sum_{i=1}^m T_i$.

Необходимым этапом исследования являлась проверка уровня значимости полученных коэффициентов конкордации (проверка предположения о неслучайности согласованности экспертов). Актуальность этой процедуры определяется также

ных экспертных оценок формулирует выводы и рекомендации.

3.2. Метод интеграции экспертных оценок

Метод интеграции экспертных оценок позволяет построить суммарную оценку объекта, т.е.

Таблица 1

Матрица рангов

Факторы	Эксперты							$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}$	Δ	Δ^2
	1	2	3	...	i	...	M			
1	x_{11}	x_{21}	x_{31}	...	x_{i1}	...	x_{m1}	$\sum_{i=1}^m x_{i1}$		
2	x_{12}	x_{22}	x_{32}	...	x_{i2}	...	x_{m2}	$\sum_{i=1}^m x_{i2}$		
3	x_{13}	x_{23}	x_{33}	...	x_{i3}	...	x_{m3}	$\sum_{i=1}^m x_{i3}$		
...		
j	x_{1j}	x_{2j}	x_{3j}	...	x_{ij}	...	x_{mj}	$\sum_{i=1}^m x_{ij}$		
...		
n	x_{1n}	x_{2n}	x_{3n}	...	x_{in}	...	x_{mn}	$\sum_{i=1}^m x_{in}$		
$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$	$\sum_{j=1}^n x_{1j}$	$\sum_{j=1}^n x_{2j}$	$\sum_{j=1}^n x_{3j}$...	$\sum_{j=1}^n x_{ij}$...	$\sum_{j=1}^n x_{mj}$			S

весьма малым объемом выборки экспертов (высоковероятная случайность результата из-за возможной нерепрезентативности выборки). Для оценки значимости коэффициента конкордации вычислялся критерий согласия χ^2 (критерий Пирсона), который определяется по формуле:

$$\chi^2 = S \left(\frac{1}{12} mn(n+1) \right)^{-1} \quad (9)$$

При наличии связанных рангов применялась модифицированная формула:

$$\chi^2 = S \left(\frac{1}{12} mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i \right)^{-1} \quad (10)$$

Вычисленное значение χ^2 сравнивалось с табличным [4] значением χ^2 для соответствующего числа степеней свободы $K = n - 1$, и при заданном уровне значимости α .

При условии $\chi_{эмп}^2 < \chi_{табл}^2$ принималась гипотеза о случайном характере полученного коэффициента конкордации W , при $\chi_{эмп}^2 > \chi_{табл}^2$ значение W рассматривалось как величина неслучайная, характеризующая наличие определенной степени согласованности мнений экспертов.

Исходя из цели поставленной задачи, рабочая группа экспертной комиссии на основе проведен-

подсчитать так называемый «интегральный рейтинг» путем суммирования оценок, которые эксперты дают различным параметрам объекта. Поскольку более важные показатели должны вносить больший вклад в общую диагностическую картину астенического расстройства, чем второстепенные, то в интегральной оценке такие признаки (симптомы) должны отражаться более весомым коэффициентом. В этом случае обобщенная формула рейтинга R имеет следующий вид [5]:

$$R = p_1 a_1 + p_2 a_2 + \dots + p_k a_k, \quad (И)$$

где a_1 - оценка объекта по 1-му показателю; a_k - оценка объекта по k -му показателю; p_1 - значимость 1-го показателя; p_k - значимость k -го показателя.

В связи с нелинейным характером представленности симптомов НА и ЦА при психодиагностическом исследовании пациентов каждый симптом фактически описывается оценкой, вынесенной в значениях порядковой шкалы. Однако при том порядковая шкала отражает субъективную оценку выраженности симптома, а не значения в их иерархии (в нашем случае - не ранг в системе 24 признаков, а оценку выраженности симптома в значениях пятибалльной шкалы). В то же время для исчисления интегрального рейтинга возникает необходимость перевода ранговых показателей выраженности признаков в значения линейной шкалы. С этой целью проводилось

линейное отображение результатов с применением коэффициента пропорциональности вида

$$k = (x_o - 1)/(x_p - 1),$$

где x_o и x_p - размеры шкалы опроса и ранговой шкалы соответственно. Для удобства расчетов полученные новые значения округляются до ближайшего целого. В итоге формула отображения принимает вид:

$$a_{ni} = k(a_{ci} - 1) + 1, \quad (12)$$

где a_{ni} - новое значение показателя выраженности признака, a_{ci} - его старое значение.

Для обработки и анализа взвешенных экспертных оценок был использован известный в психодиагностике и психометрике алгоритм, предложенный А.Г. Шмелевым и реализованный в одноименной компьютерной программе анализа экспертных оценок. В данном алгоритме производится подсчет двух видов рейтингов:

1. Рейтинг по сумме критериев.
2. Рейтинг по отдельным критериям.

Применяемая в алгоритме формула подсчета рейтинга является более сложной и универсальной по сравнению с формулой (11), поскольку позволяет нормировать рейтинг к единой шкале от 1 до 1000 с учетом разного количества показателей, разного n количества экспертов, а также разных оценок a_i объекта и значимости p_i для k критериев (признаков), выносимых разными экспертами. В итоге формула рейтинга для оценки объекта по сумме критериев имеет вид:

$$R = \frac{1000}{sw \cdot Grad \cdot n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k a(i, j) p(i, j), \quad (13)$$

где $a(i, j)$ - оценка объекта i -м экспертом по j -му критерию, $p(i, j)$ - вес j -го критерия у i -го эксперта, k - число критериев, sw - усредненная по количеству экспертов сумма весов всех критериев, n - число экспертов, $Grad$ - число градаций шкалы (в данном случае - 5).

Разные объекты в исследуемых данных могут быть неодинаково адекватно оценены экспертами по разным критериям (симптомам). С этой целью расчет рейтинга проводился отдельно по каждому критерию.

Формула расчета рейтинга по отдельному признаку имеет вид:

$$R(i, j) = \frac{1000}{Grad \cdot n} \sum_{k=1}^n a(i, j, k), \quad (14)$$

где $a(i, j, k)$ - оценка i -го объекта по j -му критерию k -м экспертом, $Grad$ - число градаций шкалы, n - количество экспертов.

Затем проводилось ранжирование всех объектов (НА и ЦА) «по нисходящей». После обработки описанным выше способом всех экспертных оценок были построены две модели многомерного анализа образов: факторно-аналитическая модель и модель многомерного шкалирования. Для этого были ис-

пользованы стандартные методы: метод главных компонент [3] и алгоритм Янга-Торгерсона [2].

4. Результаты численного решения задачи построения модели астенических расстройств

С целью определения возможности использования экспертных оценок в исследованиях, проводимых экспертами-психологами в области диагностики астенических состояний был применен метод ранговой корреляции. Коэффициент конкордации ($W = 0,508$ для случая НА и $W = 0,616$ для ЦА) показал среднюю степень согласованности экспертов при оценке обоих случаев астенических состояний. Рассчитанные значения χ^2 ($\chi^2 = 58,385$ и $\chi^2 = 70,795$ соответственно) оказались больше табличных значений этого показателя ($\chi^2_{табл} = 35,2$ для числа степеней свободы $K = n - 1 = 24 - 1 = 23$ при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$), то был сделан вывод о неслучайном характере значения коэффициента конкордации экспертных оценок.

С учетом описанных во введении проблем с повышением меры объективности априорно субъективных экспертных оценок, выносимых в рамках клинической диагностики и медицинской психодиагностики, полученный результат следует считать весьма удовлетворительным, позволяющим доверять рассчитанным на следующем этапе исследования данным математико-статистической обработки оценок факторов (симптомов), характеризующих невротическую астению и церебрастению.

Для расчета интегрального показателя проводилось линейное отображение экспертных оценок с расчетом коэффициента пропорциональности

$$k = (5 - 1)/(24 - 1) \approx 0,174,$$

что привело (12) к виду:

$$a_{ni} = 0,174(a_{ci} - 1) + 1.$$

На основании результатов линейного отображения экспертных оценок была построена линейная рейтинговая модель двух видов астении. Результаты вычислений показали незначительное различие в величине рейтинга у данных нозологии ($R_{НА} = 574$ и $R_{ЦА} = 578$), что свидетельствует о близости (малой дифференцированности) их субъективной значимости при клинической и психологической диагностике невращения и церебрастении.

Вместе с тем, установлено некоторое различие в моделях НА и ЦА, построенных на основании расчета интегрального рейтинга этих объектов по отдельным симптомам. Наиболее существенные различия получены для переменных x_2 (утомляемость), x_3 (головокружение), x_5 (головная боль), x_{16} (ипохондризация), x_{19} (апатия), x_{20} (нарушение аппетита), x_{21} (сниженная устойчивость к стрессу), x_{22} (чрезмерность переживаний). Итоговые результаты рассчитанных интегральных рейтинговых моделей НА и ЦА представлены в табл. 2.

Проведен многомерный анализ экспертных оценок методами психологического шкалирова-

ния. С помощью факторного анализа были найдены скрытые факторы, действием которых объясняются закономерности динамики значений признаков астенических состояний.

Таблица 2

Таблица значений интегральных рейтинговых моделей неврастения (НА) и церебрастения (ЦА), рассчитанные по экспертным оценкам отдельных симптомов

Фактор	Рейтинг НА	Рейтинг ЦА
x_1	80	80
x_2	100	80
x_3	56	72
x_4	72	76
x_5	60	84
x_6	80	80
x_7	56	68
x_8	84	88
x_9	72	88
x_{10}	56	64
x_{11}	68	68
x_{12}	56	56
x_{13}	48	52
x_{14}	64	52
x_{15}	52	44
x_{16}	32	60
x_{17}	32	40
x_{18}	44	40
x_{19}	56	36
x_{20}	56	28
x_{21}	76	52
x_{22}	60	32
x_{23}	36	24
x_{24}	48	56
R	574	578

Для реализации процедуры факторного анализа использовалась статистическая программа Statistica версии 5.1. Формально-статистические показатели достаточности числа выделенных факторов приведены в табл. 3.

Таким образом, вариация шести первых главных компонент определила 89,1 % общей дисперсии переменных. Факторно-аналитическое решение позволило построить субъективные пространства, определяющие факторную сцепленность признаков и вычислить их координаты в этих пространствах.

Центрированные первоначальные показатели оказались следующими линейными комбинациями первых семи главных компонент (всего приведены значения факторных нагрузок только первых 3 переменных):

$$\begin{aligned}
 x_1 &= -0,44 \cdot f_1 + 0,07 \cdot f_2 - 0,79 \cdot f_3 + 0,07 \cdot f_4 + \\
 &+ 0,38 \cdot f_5 - 0,03 \cdot f_6 + 0,11 \cdot f_7; \\
 x_2 &= 0,80 \cdot f_1 + 0,21 \cdot f_2 - 0,41 \cdot f_3 + 0,29 \cdot f_4 - \\
 &- 0,07 \cdot f_5 + 0,01 \cdot f_6 + 0,11 \cdot f_7; \\
 x_3 &= -0,68 \cdot f_1 + 0,56 \cdot f_2 + 0,06 \cdot f_3 - 0,09 \cdot f_4 - \\
 &- 0,03 \cdot f_5 - 0,05 \cdot f_6 - 0,35 \cdot f_7.
 \end{aligned}$$

Всего после анализа факторных нагрузок установлено, что показатели переменных $x_2, x_{19}, x_{20}, x_{21}$ имеют достаточно высокие нагрузки на первую компоненту ($r > 0,7$), показатели $x_4, x_{17}, x_{14}, x_{24}$ - на вторую, а показатель x_1 - на третью. Таким образом, далее эксперт-психолог имеет возможность провести содержательную интерпретацию компонентов как «скрытым» обобщенным факторам.

Таблица 3

Статистические показатели для определения минимального количества факторов

Фактор	Собственное значение	% объясняемой дисперсии	Кумулятивный % объясняемой дисперсии
1	7,18	29,9	29,9
2	5,04	21,0	50,9
3	3,17	13,2	64,1
4	2,46	10,2	74,4
5	1,92	8,0	82,4
6	1,63	6,8	89,1
7	1,12	4,7	93,8
8	0,91	3,8	97,6
9	0,58	2,4	100,0
10	0,00	0,0	100,0
...
24	0,00	0,0	100,0

В таком случае первый фактор можно определить как фактор «Апатичной утомляемости и сниженной толерантности к стрессу» (29,9 % дисперсии значений всех переменных), второй фактор - как «гиперсенситивная напряженность и когнитивное снижение» (21 %), а третий фактор оказался монополярным и не вызывает проблем в содержательной его интерпретации - фактор «астенической раздражительности» (13,2% вариативности экспертных оценок). В целом эти три фактора охватывают почти % разброса всех экспертных оценок (63,2%).

В полученном факторном пространстве была предпринята попытка varimax-вращения полученной факторной структуры. Однако в итоге новые ортогональные факторные структуры не были более простыми ни по составу факторов, ни в целом по факторному решению. Поэтому за основу результатов данного этапа исследования была принята первоначально полученная факторно-аналитическая модель.

Целью последнего этапа исследования являлось построение пространственной субъективной модели методами многомерного шкалирования путем преобразования экспертных оценок степени ассоциированности симптомов в синдромологической структуре неврастения и церебрастения. Ис-

ходными данными для многомерного шкалирования являлись две обобщенные матрица усредненных различий, полученная путем преобразования составленных экспертами матриц ассоциированности признаков НА и ЦА.

Для реализации процедуры многомерного шкалирования использовалась система обработки и анализа данных SPSS версии 10.0. Применялись стандартные процедуры многомерного шкалирования: неметрическим методом (Ordinal) обрабатывались исходные данные (Distances), внесенные квадратно-симметричную матрицу сходств (Square Symmetric), с определением минимального и максимального количества ожидаемых осей многомерного пространства (Dimensions) от 2 до 6, с отслеживанием изменения величины «стресса» (Minimum S-stress по Янгу) на каждом шаге итерации при Maximum Iterations = 30.

Предварительный анализ полученных результатов, показал, что пространства с 6 измерениями являются наиболее подходящими из всех рассмотренных. Однако более обоснованный вывод о минимальной размерности представляет большую сложность в связи со сложностью интерпретации распределения экспертных оценок в шестимерном пространстве. Попытка построения 2- и 3-мерных графических моделей субъективного пространства не позволила определить характеристики исследуемых признаков на графике применительно к каждой оси полученного пространства в силу недостаточной компетенции экспертов-психологов в вынесении по возможности простых и однозначных интерпретаций.

Одной из важных практических реализаций выполненного многомерного исследования являлась разработка и создание программного продукта класса экспертной системы (ЭС), опирающегося на описанные выше разработанные принципы сбора экспертных оценок и интерпретации результатов, использования результатов теоретического этапа и этапа математико-статистической обработки оценки симптоматики неврастения и церебрастения.

5. Характеристика экспертной системы

При построении ЭС анализировались все описанные во введении особенности информации об изучаемых об объектах исследования (количество объектов в обучающей выборке; количество слов в словарях признаков и классов; мера объективности признаков, характеризующих объекты НА и ЦА; мера четкости и структурированности предметной области.

Учитывались все условия применения ЭС, и, как следствие, определялись предъявляемые к ней требования: где и кем будет использоваться система; возможность модификации свойств системы; требования к особенностям представления результатов классификации.

Эти требования и определили те концепции и классы методов, которые в итоге были использованы для разработки алгоритмов.

1. Детерминистский подход из-за отсутствия статистических характеристик распределения значений признаков объектов НА и ЦА.

2. Целочисленные данные - экспертные оценки в результатами, представленными по шкале порядка позволяют рассматривать характеристики объектов как вещественные, субстантивированные. Такое допущение приводит к потере некоторого количества информации об объектах вследствие принципиального отсутствия дробных и промежуточных дробных значений. Вместе с тем, сама предметная область преимущественно характеризуется качественными показателями объекта исследования (представление результатов в значениях номинативных шкал) и не предъявляет в силу этого строгих требований к точности исходных данных. Это позволяет нивелировать факт «не строгой» формы значений симптомов НА и ЦА. С другой стороны, такое допущение позволяет эффективно использовать геометрическую интерпретацию задачи классификации и не вызывает чрезмерного усложнения разрабатываемых подходов.

3. Априорно-построенный способ извлечения информации из достаточно небольшого коллектива экспертов, а также описанные выше особенности предметной области делают необходимым включение в состав системы распознавания образов таких методов построения решающих правил, которые основаны на вычислении величины расстояния между точками, определяющих местоположение объектов в пространстве факторов.

4. Диагностику целесообразно проводить в исходном признаковом пространстве посредством предъявления определенным образом организованной электронной карты экспертного оценивания. При этом затраты на обработку новой информации будут невелики.

Учитывая условия применения ЭС, представляется целесообразным выводить результат экспертного оценивания нового испытуемого в виде набора расстояний от новой точки до всех точек обучающей выборки, а также представить распределения голосов экспертов в пользу вероятного проявления каждой нозологии. Такого рода обработка данных основана на принципе определения максимального и минимального из вычисленных расстояний. При этом априори наименьшее из полученных расстояний будет соответствовать наиболее вероятному астеническому состоянию (НА или ЦА), а наибольшее - наименее вероятному клиническому варианту.

При создании экспертной системы учитывался факт различного веса разных признаков объектов у разных экспертов. Поэтому при подсчете расстояний между точками в пространстве признаков определялись веса всех переменных у каж-

лого эксперта. Формула для вычисления расстояний примет вид:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{24} \left(1,8 - \frac{p_{jk}}{5}\right)^2 (a_k - \hat{a}_{ijk})^2}, \quad (15)$$

где d_{ij} - расстояние от исследуемого объекта до оценки j -го эксперта i -й нозологии, p_{jk} - вес k -го критерия у j -го эксперта ($3 \leq p_{jk} \leq 5$), a_k - выраженность k -го критерия исследуемого объекта, \hat{a}_{ijk} - оценка выраженности k -го критерия j -го эксперта у i -й нозологии.

Таким образом, разработанная ЭС позволяет решать задачу дифференциальной диагностики мягких, стертых форм пограничных психических расстройств, и дифференциальной диагностики астенических состояний, в частности. Отмечается следующие четыре аппаратно-программно решенные на РС класса Pentium основные этапы функционирования ЭС.

1. Загрузка экспертных оценок.
2. Проведение опроса.
3. Расчет показателей исследуемого объекта.
4. Вывод полученных результатов.

Отдельно от диалогового блока ЭС в задачу диагностики астенических состояний в алгоритм психодиагностического обследования входит этап принятия решения о наиболее вероятной форме астении, принцип вывода которого описан выше.

В настоящее время разработанная ЭС проходит адаптацию в условиях клиники пограничных нервно-психических расстройств при диагностике нарушений психической адаптации в форме астенических расстройств (а конкретно, неврастении и церебрастении).

Заключение

Предварительный анализ экспертных оценок параметров астении методом ранговой корреляции показал возможность детального изучения исходных данных. Таким образом, полученные в ходе опроса экспертов-психиатров и психологов оценки факторов, характеризующие два наиболее распространенных вида астенических состояний - невротическую астению и церебрастению, по степени субъективной значимости их симптомов для врачей при выполнении процедур медицинской психодиагностики, были подвергнуты математико-статистическому анализу по разработанному алгоритму. Построенная таким образом факторно-аналитическая модель, а также модель многомерного шкалирования были использованы врачами и

психологами в их исследовательской работе по накоплению опыта в диагностике астении. Построенные с этой же целью рейтинговые модели рассмотренных выше двух видов астении показали определенные различия в статистических характеристиках рассмотренных нозологии. Эти различия позволяют, тем не менее, проводить процедуры клинической и психологической диагностики невротической астении и церебрастении.

В процессе работы над проблемой диагностики астенических состояний были определены принципы работы экспертной системы и интерпретации рассчитываемых ею показателей. При создании экспертной системы, в силу особенностей исходных данных, для реализации процедур распознавания был выбран подход, при котором образ задается совокупностью известных точек своего класса. При этом для принятия экспертом решения о принадлежности точки к классу анализируется её расположение относительно всех точек, входящих в этот класс. Включение в формулу подсчета расстояния между точками в пространстве признаков коэффициентов, определяемых субъективной важностью признаков для каждого эксперта, позволило применить более точный принцип диагностики. Принятие окончательного решения о наличии той или иной формы астенического расстройства осуществляется с помощью дополнительного вероятностного критерия.

Литература

1. Александровский Ю.А. *Пограничные психические расстройства*. - М: Медицина, 2000. - 495 с.
2. Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михалевская М.Б. *Измерение в психологии. Общепсихологический практикум*. - М: Смысл, 1997. - 288 с.
3. Колемаев В.А., Калинина В.Н. *Теория вероятностей и математическая статистика*. - М.: ИНФРА-М, 1999. - 302 с.
4. Розанов Ю.А. *Теория вероятностей, случайные процессы и математическая статистика: Учебник для вузов*. - М.: Наука, 1985. - 320 с.
5. Снежневский А.В. *Клиническая психопатология. Т. 1: Руководство по психиатрии*. - М.: 1983.
6. Собчик Л.Н. *Введение в психологию индивидуальности*. - М.: 1997. - 480 с.
7. Тарасевич В.М., Ведерникова Н.И. *Методы экспертных оценок и их приложение к ценообразованию*. - Л.: ЛФЭИ, 1989. - 80 с.
8. Шмелев А.Г. *Основы психодиагностики*. - Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. - 544 с.