

1 (86)' 2011

**ІНФОРМАЦІЙНО -КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ**

Виходить 6 разів на рік  
Видається з 23 квітня 1996 р.

**INFORMACIJO-KERUÛCI SISTEMI NA ZALIZNICNOMU TRANSPORTI**

**Видання**

Державної адміністрації залізниць України

Української державної академії залізничного транспорту

**Міжнародна видавнича рада**

Бочков К.А. (Білорусь)  
Данько М.І. (Україна)  
Загарій Г.І. (Україна)  
Зубко А.П. (Україна)  
Jiang Xin Hua (China)  
Кравцов Ю.О. (Росія)  
Негрей В.Я. (Білорусь)  
Остапчук В.М. (Україна)  
Решетняк М.І. (Україна)  
Сапожніков Вал.В. (Росія)  
Соболев Ю.В. (Україна)  
Шепко Н.А. (Україна)

**Морозова Г. В.**

Опис положення контейнера для алгоритму трасування шляху мобільного робота.....3

**Gushev I.**

Compensation of Phase Currents Filtering and Inaccuracies in Estimating Rotor Position in Field Oriented Control .....12

**Скалозуб В. В., Паник Л. А.**

Многокритериальные модели задачи анализа транспортных сетей с учетом специализированных свойств носителей потоков.....20

**Даренский А. Н.**

Особенности взаимодействия пути и подвижного состава промышленного транспорта в кривых малого радиуса.....25

**Дербунович Л. В., Герман Э. Е., Либберг И. Г.**

Минимизация нечетких логических формул .....31

**Загарий Г. И., Мирошник М. А., Панченко С. В.**

Разработка диагностического обеспечения многопроцессорных телекоммуникационных систем управления на основе концепции сигнатурного мониторинга .....37

**Ромашкова О. Н., Васюк Д. С., Иванов П. А.**

Конвергентные услуги FMC на сети связи ОАО «РЖД» .....47

**Суздаль В. С., Елифанов Ю. М.**

Робастное управление кристаллизацией крупногабаритных монокристаллов .....53

**Нерубацький В. П.**

Визначення оптимального за рівнем енергоспоживання керування тяговим двигуном електрорухомого складу залізниць постійного струму .....59

**Германенко О. А., Поддубняк В. И., Чепцов М. Н.**

Моделирование движения транспортных средств в районе приближения к железнодорожному переезду .....65

**Кривуля Г. Ф., Шкиль А. С., Кучеренко Д. Е., Гаркуша Е. В.**

Процедуры диагностирования компетентности пользователей компьютерных систем .....68

**Акімов О. І.**

Визначення потужностей тягових підстанцій електрифікованих залізниць .....76

УДК 381.326

КРИВУЛЯ Г. Ф., д.т.н., професор,  
ШКИЛЬ А. С., к.т.н., доцент,  
КУЧЕРЕНКО Д. Е., аспірантка,  
ГАРКУША Е. В., аспірантка (ХНУРЭ)

## Процедуры диагностирования компетентности пользователей компьютерных систем

### Введение

Компьютерная система (КС) является одним из видов человеко-машинных систем (ЧМС). Все множество факторов, влияющих на работу пользователя в ЧМС можно разделить на две больших группы: психофизиологические факторы и компетентностные факторы.

Психофизиологические – это большая группа факторов, включающая характер режима труда и отдыха, тяжесть и напряженность труда, рабочие позы, величину нагрузки на скелетную мускулатуру, центральную нервную систему, высшие отделы мозга, интенсивность загрузки мозга поступающей информацией, характер принятия решений, степень риска и другие. Компетентностные – это факторы, включающие в себя знания, умения и навыки, ориентацию и качества личности, способность к выполнению тех или иных функций, типы поведения и социальные роли, необходимые для эффективной профессиональной деятельности [1].

В механизированных и автоматизированных ЧМС главную роль играли психофизиологические факторы (именно они определяли правила отбора персонала). К таким факторам можно отнести следующие характеристики:

зрительное восприятие (угловые размеры, уровень адаптирующей яркости, контраст, критическая частота мельканий, время инерции глаза, слепящая яркость, относительная видимость, пропускная способность и т.д.);

слуховое, вестибулярное и тактильное восприятие (абсолютный и дифференциальные пороги, пространственный порог и временной порог, угловое ускорение и т.д.);

речевое (голосовое) общение (амплитудно-частотные характеристики звуковых сигналов, спектр объемных скоростей, передаточная функция и т.д.);

двигательная активность и психофизиологическая напряженность (сенсомоторные реакции).

Основной задачей психофизиологического отбора являлось определение состояния, степени развития совокупности тех психофизиологических, психических и личностных качеств и способностей человека, которые в наибольшей мере отвечают требованиям выбранной профессии, благоприятствуют использованию профессиональных навыков в реальных условиях. Повлиять на большинство психофизиологических характеристик (характеристики анализаторов, внимание, память, темперамент, эмоции, речевые коммуникации) даже путем интенсивных тренировок достаточно сложно, поэтому главными подходами эргономики являлись адаптация техники к возможностям человека.

За последние десятилетия в КС роль пользователя значительно изменилась, т.к. КС усложнились, а вместе с этим возросла потребность в оценке квалификации сотрудников, занимающихся умственным трудом, связанным с эксплуатацией КС [2]. Поэтому акцент стал делаться на оценку знаний, умений, навыков и способностей персонала, и основную роль стали играть компетентностные факторы. Но, в отличие от психофизиологических факторов, компетентность является приобретенным фактором, и отбор персонала в том случае заменяется обучением персонала.

Для того чтобы проводить обучение персонала (повышение квалификации) нужно сначала оценить имеющуюся (приобретенную) квалификацию (как количественную оценку компетентности). Под профессиональной компетентностью принято понимать совокупность знаний, умений, навыков и способов их применения, которые позволяют личности адекватно воспринимать и обрабатывать информацию в своей предметной области, постигать сущность связей между объектами профессиональной деятельности и принимать адекватные решения в различных стандартных и нестандартных ситуациях. В условиях информатизации общества пользователь КС должен обладать не только набором знаний, умений и навыков,

но и уметь применять их для решения ряда профессиональных задач, т.е. обладать информационно-коммуникационно-технологической компетентностью (профессиональной ИКТ-компетентностью).

Для оценки компетентности пользователя проводится диагностический эксперимент (ДЭ) с применением знаковой системы (тестов, квалификационных заданий) и технических средств (компьютеров, тренажеров). ДЭ анализа компетентности состоит из подготовки специальных квалификационных заданий и эталонных (правильных) реакций испытуемого, процесса проведения испытания и сравнения ответов (принятых решений) с эталоном, а затем принятия решения о результате испытания [3].

Таким образом, для организации ДЭ по анализу компетентности необходимо решить следующие задачи:

- что проверять (модель компетентности и форма квалификационных заданий);
- как проводить диагностический эксперимент (структура базы данных и способы формирования сеанса диагностирования);
- как оценивать результат (способы оценивания результатов выполнения квалификационных заданий и формирования итоговой оценки).

Целью данной работы является описание способов формирования базы данных квалификационных заданий и способов формирования сеанса диагностирования при проведении диагностического эксперимента по анализу компетентности пользователей КС.

### Модель компетентности пользователей КС

В соответствии с компетентностной парадигмой образования каждая из ключевых компетентностей, в частности ИКТ-компетентность, имеет три измерения: предметное измерение (что нужно знать), деятельностное измерение (что нужно уметь) и практическое измерение (в частности, как использовать приобретенные знания и умения при эксплуатации КС) [4].

Модель компетентности тесно связана со структурой базы данных квалификационных заданий. Структура базы данных заданий анализа ИКТ-компетентности пользователя КС определяется моделью предметной области. Предметная область ИКТ-компетентности определяет перечень знаний, умений и навыков, которые дают возможность индивидууму квалифицированно использовать компьютерные системы, сети и технологии в хозяйственной и учебной деятельности, в научных исследованиях и в быту, в общении и обмене информацией с другими людьми.

При составлении модели ИКТ-компетентности за базовую принимается предметное измерение и для него используется четырехуровневая иерархическая модель предметной области, определяющая структуру

предметной компетентности:

**«КАТЕГОРИЯ КОМПЕТЕНТНОСТИ» -> «ИМЯ РАЗДЕЛА» -> «ИМЯ ТЕМЫ»-> «ЗАДАНИЯ ТЕМЫ».**

Структура категорий компетентности и разделов внутри категорий и тем внутри разделов зависит от степени детализации предметной области, целей проведения ДЭ по анализу компетентности и глубины анализа компетентности. Предлагается следующая структура категорий ИКТ-компетентности пользователей КС, которая отвечает содержательной структуре ИКТ-компетентности:

- информационная компетентность;
- техническая компетентность;
- технологическая компетентность;
- алгоритмическая компетентность;
- сетевая и телекоммуникационная компетентность;
- методическая и исследовательская компетентность;
- компетентность в вопросах информационной безопасности.

Для деятельностного измерения ИКТ-компетентности, предлагается следующая структура компетентности:

- алгоритмическая компетентность;
- технологическая компетентность;
- техническая компетентность;
- исследовательская компетентность.

Для практического измерения ИКТ-компетентности предлагается следующая структура компетентности:

- коммуникативная компетентность;
- комплексировочная компетентность;
- эксплуатационная компетентность;
- диагностическая компетентность.

В соответствии с моделью предметной области формируется тестовая база квалификационных заданий разных форм, которые используются при проведении диагностического эксперимента (сеанса диагностирования). Основной формой квалификационных заданий являются задания открытой формы с развернутым ответом.

Таким образом, база данных квалификационных заданий состоит из семи категорий (предметное измерение), внутри которых находятся задания, структурированные по разделам и темам. Сеанс диагностирования, как правило, состоит из заданий одного раздела со случайным выбором заданий из разных тем, которые в свою очередь должны покрывать все измерения ИКТ-компетентности.

### Параметры квалификационных заданий

Рассмотрим способы покрытия трехмерной модели компетентности квалификационными заданиями. За базовое измерение выберем предметную составляющую

шую ИКТ-компетентности, которая структурирована в соответствии с моделью предметной области. Квалификационные задания, покрывающие два оставшихся измерения (деятельное и практическое) будем рассматривать внутри одной темы. В соответствии с принятой структурой ИКТ-компетентности совокупность квалификационных заданий по одной теме можно представить в виде двумерного пространства размерностью {4x4}, (так как деятельностное и практическое измерения имеют по 4 составляющих).

Координатами данного пространства являются структурные составляющие соответствующих измерений ИКТ-компетентности.

Для деятельностного измерения это будут: У1 (алгоритмические умения), У2 (технологические умения), У3 (технические умения), У4 (исследовательские умения). Для практического измерения это будут: П1 (коммуникативные применения), П2 (комплексировочные применения), П3 (эксплуатационные применения), П4 (диагностические применения).

При таком подходе каждая тема предметного измерения должна покрываться как минимум 16 заданиями (без учета различных уровней трудности квалификационных заданий). Составление такого количества заданий по каждой теме является крайне трудоемким, а размер сеанса диагностирования в диагностическом эксперименте по анализу ИКТ-компетентности будет недопустимо большим и практически нереализуемым.

Для уменьшения количества заданий в сеансе диагностирования предположим, что каждое квалификационное задание проверяет более одной компетентности с разной степенью покрытия (покрывает две и более точки двумерного пространства). Для вычисления степени покрытия воспользуемся аппаратом нечеткой логики [5].

Предположим, что введенные координаты компетентности являются нечеткими переменными (8 переменных У1, У2, У3, У4, П1, П2, П3, П4), каждая из которых содержит три термина {«низкий» (Н), «средний» (С), «высокий» (В)}.

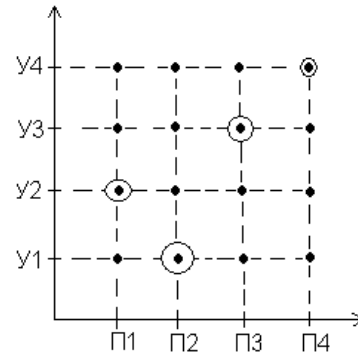
Границы диапазонов данных термов (значений) в пересчете на 100 – бальную шкалу будут:

- – «Н» – {0 – 40} баллов;
- – «С» – {30 – 70} баллов;
- – «В» – {60 – 100} баллов.

Эксперт (несколько экспертов) для каждого задания назначает соответствующим переменным значения «покрытия материала» из заданных диапазонов ( $C_{i,j}^U$

для деятельностного измерения и  $C_{i,j}^P$  для практического измерения). Таким образом, для каждого задания формируется кортеж (вектор) из 8 значений, который характеризует каждое задание с точки зрения «покрытия материала» (рис.1). Если «покрытие материала»

для некоторого задания определяется на основании мнения нескольких экспертов, то итоговое покрытие определяется усреднением (как среднее арифметическое) оценок разных экспертов по соответствующим нечетким переменным. Такой подход обусловлен тем, что мнение каждого эксперта является независимым событием, и эти оценки друг на друга не влияют.



Компетентности	У1	У2	У3	У4	П1	П2	П3	П4
Покрытие компетентностей	$C_{i,1}^U$	$C_{i,2}^U$	$C_{i,3}^U$	$C_{i,4}^U$	$C_{i,1}^P$	$C_{i,2}^P$	$C_{i,3}^P$	$C_{i,4}^P$
Оценки компетентностей	60	40	50	20	30	60	50	20

Рисунок 1 – Структура деятельностного и практического измерений компетентности

Рассмотрим несколько примеров заданий категории «Сетевые и телекоммуникационные технологии», которая содержит следующие разделы:

- локальные вычислительные сети;
- World Wide Web (WWW) и ее основные сервисы;
- клиент-серверные технологии.

В свою очередь каждый раздел разбивается на темы. Например, для раздела «локальные сети», можно предложить следующий набор тем:

- принципы и топологии построения локальных сетей;
- правила обмена в сети (протоколы);
- сетевое оборудование;
- сетевое программное обеспечение;
- беспроводные локальные сети.

Отметим, что предложенная тематическая разбивка не является единственной и может меняться в зависимости от целей проведения ДЭ. Каждая тема содержит набор заданий, задания же в свою очередь могут относиться к нескольким темам одновременно, но этот вариант в данной работе не рассматривается.

Пример 1 задания из темы «сетевое оборудование»:

Заказать через Интернет-магазин оптимальное по количеству и качеству активное сетевое оборудование для ЛВС со следующими характеристиками:

- число рабочих мест – 20;
- пропускная способность – 100 Мбит/с;
- топология – «звезда».

Таблиця 1

	У1	У2	У3	У4	П1	П2	П3	П4
Експерт 1		30	60	20	30	70		
Експерт 2		20	70	30	50	80		
Експерт 3		50	80	10	50	80	30	
Ітого	0	33	70	20	43	77	10	0

Пример 2 задания из темы «принципы и топологии построения локальных сетей»:

Провести диагностический эксперимент в древовидной ЛВС (10 компьютеров и два восьмипортовых коммутатора) с целью проверки функционирования коммутаторов путем диагностики достижимости узлов сети.

Таблиця 2

	У1	У2	У3	У4	П1	П2	П3	П4
Експерт 1	50	30	30	50	30		30	70
Експерт 2	60	30	20	50	30		30	80
Експерт 3	50	20	50	50	20	20	50	80
Ітого	53	27	33	50	27	7	37	77

Пример 3 задания из темы «беспроводные локальные сети»:

Выбрать и настроить точку доступа для Wi-Fi-сети, ориентированной на максимальную зону обслуживания. Характеристики сети:

- площадь помещения – 30 кв.м.;
- число рабочих мест – 10;
- скорость для каждого клиента приблизительно 220 Кбит/с;

Таблиця 3

	У1	У2	У3	У4	П1	П2	П3	П4
Експерт 1		30	70		30	30	50	
Експерт 2		30	80	30		70		
Експерт 3		50	90		30	50	60	30
Ітого		37	80	10	20	50	37	10

Для характеристики каждого тестового задания в базе данных целесообразно использовать интегральную оценку «покрытия материала» по каждому измерению компетентности. Для получения такой интегральной оценки используем производственные правила для нечетких переменных. При составлении производственных правил будем учитывать следующее:

- Суммарная оценка компетентности будет иметь высокий уровень, если три и более переменных будут иметь высокий уровень, или две переменных будут иметь высокий уровень, а одна и больше – средний уровень.
- Суммарная оценка компетентности будет иметь средний уровень, если три и более переменных будут иметь средний уровень, или две переменных будут иметь средний уровень, а остальные – поровну высокий и низкий, или половина переменных будет иметь высокий уровень, а половина – низкий.
- Суммарная оценка компетентности будет иметь низкий уровень, если три и более переменных будут иметь низкий уровень или две переменных будут иметь низкий уровень, а одна и больше – средний уровень.

Модель производственных правил для каждого из трех термов (уровней) можно представить в виде набора 4-разрядных векторов с учетом универсума  $X=\{H, C, B\}$ . Координата вектора соответствует номеру задания.

$B=\{BBBX(4), BBCX(12)\}$ , (2 варианта);

$C=\{CCCX(4), CCBH(12), BBHH(6)\}$ , (3 варианта);

$B=\{HHHX(4), HHCX(12)\}$ , (2 варианта).

Производственные правила представляются в форме ДНФ, каждая конъюнкция в которой определяет сочетание уровней заданий внутри варианта модели. Количество конъюнкций в каждом варианте будет

$\frac{n!}{R_B!R_C!R_H!}$ , где  $n$  – число переменных,

$R_B, R_C, R_H$  – число повторяющихся в каждом терме уровней (букв) В, С и Н соответственно. Например, для терма BBBX число переменных  $n = 4$ , число повторяющихся букв  $R_B = 3, R_C = 0, R_H = 0$ , таким образом, число конъюнкций  $\frac{4!}{3!0!0!} = 4$ . Количество конъюнкций указывается

в скобках рядом с вариантом модели, всего в производственных правилах будет 54 конъюнкции.

Таким образом, производственные правила получения результата для каждого уровня компетентности по деятельности измерению будут:

$$\begin{aligned}
 Y(B) = & Y1(B)Y2(B)Y3(B) \vee Y1(B)Y2(B)Y4(B) \vee Y1(B)Y3(B)Y4(B) \vee Y2(B)Y3(B)Y4(B) \vee \\
 & \vee Y1(B)Y2(B)Y3(C) \vee Y1(B)Y2(B)Y4(C) \vee Y1(B)Y3(B)Y4(C) \vee Y2(B)Y3(B)Y4(C) \vee \\
 & \vee Y1(C)Y2(B)Y3(B) \vee Y1(C)Y2(B)Y4(C) \vee Y1(C)Y3(B)Y4(B) \vee Y2(C)Y3(B)Y4(B) \vee \\
 & \vee Y1(B)Y2(C)Y3(B) \vee Y1(B)Y2(C)Y4(B) \vee Y1(B)Y3(C)Y4(B) \vee Y2(B)Y3(C)Y4(B).
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y(C) = & Y1(C)Y2(C)Y3(C) \vee Y1(C)Y2(C)Y4(C) \vee Y1(C)Y3(C)Y4(C) \vee Y2(C)Y3(C)Y4(C) \vee \\
 & \vee Y1(C)Y2(C)Y3(B)Y4(H) \vee Y1(C)Y2(C)Y4(B)Y3(H) \vee Y1(C)Y4(C)Y2(B)Y3(H) \vee \\
 & \vee Y1(C)Y4(C)Y3(B)Y2(H) \vee Y1(C)Y3(C)Y2(B)Y4(H) \vee Y1(C)Y3(C)Y4(B)Y2(H) \vee \\
 & \vee Y4(C)Y1(C)Y2(H)Y3(B) \vee Y4(C)Y1(C)Y3(H)Y2(B) \vee Y3(C)Y1(C)Y2(H)Y4(B) \vee \\
 & \vee Y3(C)Y1(C)Y4(H)Y2(B) \vee Y4(C)Y3(C)Y1(H)Y2(B) \vee Y4(C)Y3(C)Y2(H)Y1(B) \vee \\
 & \vee Y1(B)Y2(B)Y3(H)Y4(H) \vee Y3(B)Y4(B)Y1(H)Y2(H) \vee Y1(B)Y3(B)Y2(H)Y4(H) \vee \\
 & \vee Y4(B)Y2(B)Y3(H)Y1(H) \vee Y1(B)Y4(B)Y3(H)Y2(H) \vee Y3(B)Y2(B)Y1(H)Y4(H).
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 Y(H) = & Y1(H)Y2(H)Y3(H) \vee Y1(H)Y2(H)Y4(H) \vee Y1(H)Y3(H)Y4(H) \vee Y2(H)Y3(H)Y4(H) \vee \\
 & \vee Y1(H)Y2(H)Y3(C) \vee Y1(H)Y2(H)Y4(C) \vee Y1(H)Y3(H)Y4(C) \vee Y2(H)Y3(H)Y4(C) \vee \\
 & \vee Y1(C)Y2(H)Y3(H) \vee Y1(C)Y2(H)Y4(H) \vee Y1(C)Y3(H)Y4(H) \vee Y2(C)Y3(H)Y4(H) \vee \\
 & \vee Y1(H)Y2(C)Y3(H) \vee Y1(H)Y2(C)Y4(H) \vee Y1(H)Y3(C)Y4(H) \vee Y2(H)Y3(C)Y4(H).
 \end{aligned}$$

Аналогичные продукционные правила можно составить и для практического измерения модели компетентности.

Кроме интегральных оценок «покрытия материала» по каждому измерению каждое задание имеет еще три статистических характеристики: трудность (Т), коэффициент дифференцирующей способности (коэффициент дискриминации  $K_D$ ) и коэффициент корреляции по Пирсону  $R_{xy}$  между результатами по данному заданию и по тесту в целом [6].

Трудность квалификационного (тестового) задания – это эмпирическая оценка отношения тестируемых к конкретному тестовому заданию путем правильных или неправильных ответов на него. В качестве меры трудности задания принято использовать долю правильных ответов на  $i$ -е тестовое задание. Применительно к квалификационным заданиям с развернутым ответом и экспертным оцениванием результатов трудность вычисляется как отношение баллов, набранных  $i$ -м заданием во всех испытаниях, к максимально возможному количеству баллов:

$$T_i = \frac{\sum_{j=1}^{NN} R_{ij}}{\sum_{j=1}^{NN} R_{ij}^{\max}},$$

где  $R_{ij}$  – количество баллов, набранных  $i$ -м заданием в  $j$ -м испытании,  $NN_i$  – количество частей  $i$ -го задания в испытаниях. По уровню трудности задания принято разделять на три уровня: трудные

( $0,2 < T_i(B) \leq 0,4$ ), средние ( $0,4 < T_i(C) \leq 0,6$ ) и легкие ( $0,6 < T_i(H) \leq 0,8$ ).

Коэффициент дифференцирующей способности ( $K_D$ ) не является самой важной характеристикой квалификационного задания, но в целом дает некоторое представление о его качестве и используется при формировании сеанса диагностирования. По данным тестирования типичной выборки отбирают 27% (25%) тестируемых, имеющих высокие баллы и 27% (25%) тестируемых, имеющих низкие баллы, и для них рассчитываются трудности  $T_1$  и  $T_2$ , а коэффициент вычисляется:  $K_D = T_1 - T_2$ . Интервал значений  $-1 \leq K_D \leq 1$ , но в базу данных включаются только те задания, у которых  $K_D > 0$ .

Коэффициент корреляции по Пирсону  $R_{xy}$  вычисляется для каждого задания по стандартной процедуре [6].

С учетом введенных параметров вычисляются интегральные оценки компетентности для каждого задания и для темы в целом  $C_i^Y = \bigcup_{k=1,4}^{\text{Прод}} C_{i,k}^Y$ , где  $\bigcup_{k=1,4}^{\text{Прод}}$  – продукционные правила (1),  $C_{i,k}^Y$  – значения нечетких переменных покрытия компетентности по деятельностному измерению. Аналогичные формулы используются и для практического измерения.

Интегральная оценка по теме в целом для каждой переменной компетентности вычисляется

$$C^{VI} = \max_{i=1..M} |C_i^{VI}|$$

где M – количество заданий в те-

переменных деятельностного и практического измерений компетентности (рис.2).

ме. Аналогичные формулы используются для всех 8

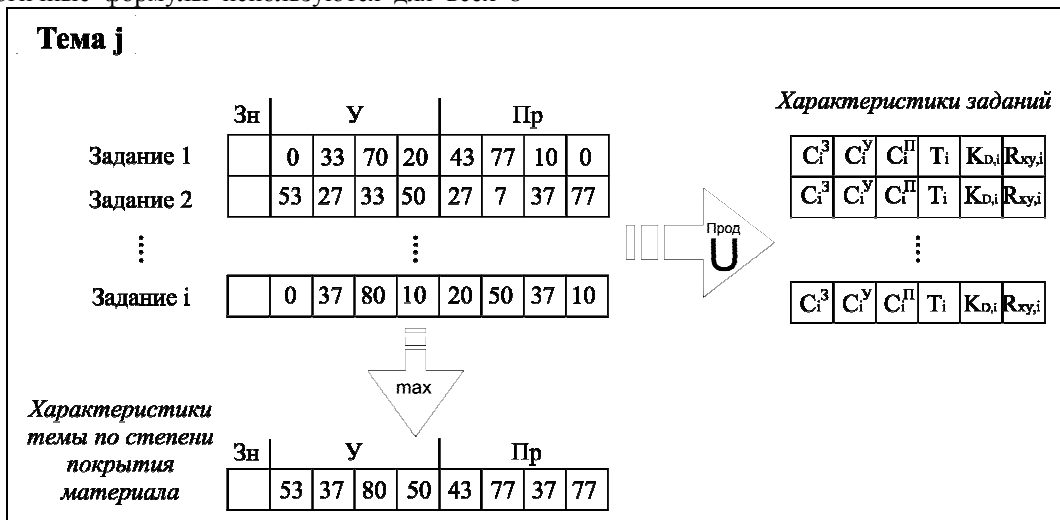


Рисунок 2 – Получение интегральных оценок «покрытия материала» по каждому заданию и по теме в целом

Экспертная оценка «покрытия» предметной составляющей компетентности представляет определенную трудность. Это связано с тем, что тематическая разбивка проверяемого материала внутри раздела не является фиксированной и может меняться от одного ДЭ к другому. Поэтому, с некоторой долей условности примем, что «покрытие материала» для предметного измерения компетентности зависит от трудности квалификационных заданий и имеет следующие значения для разных уровней трудности: для трудных заданий ( $0,2 < T_i(B) \leq 0,4$ )  $C_A^C = 70$ , для средних ( $0,4 < T_i(C) \leq 0,6$ )  $C_C^3 = 50$  и легких ( $0,6 < T_i(H) \leq 0,8$ )  $C_H^3 = 30$ .

### Принципы формирования сеанса диагностирования

Сеанс диагностирования при проведении ДЭ формируется таким образом, что из каждой темы предметного измерения в сеанс диагностирования должны попасть задания трех уровней трудности (трудные, средние и легкие) с максимальным «покрытием проверяемого материала». На рис. 3 показана структура сеанса диагностирования для заданий j-й темы предметного измерения компетентности.

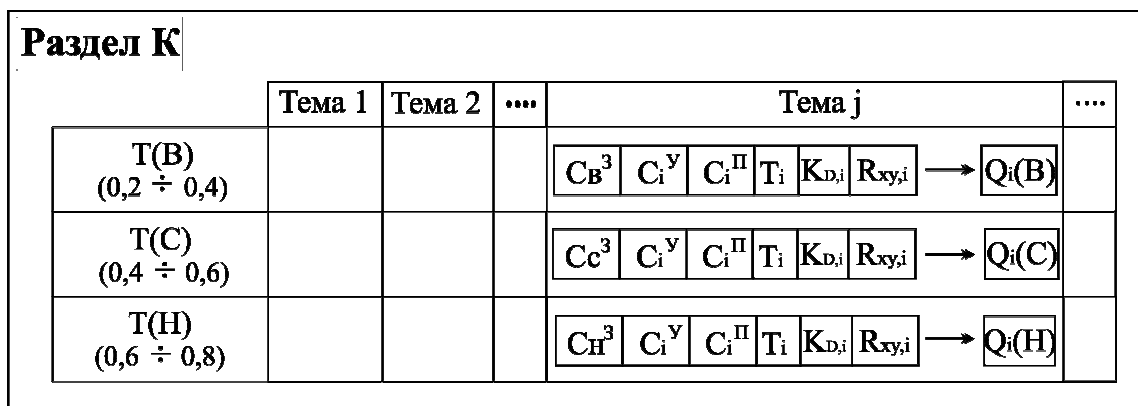


Рисунок 3 – Структура сеанса диагностирования



Для оценки качества каждого квалификационного задания в сеансе диагностирования введем коэффициент качества задания  $Q_i$ , который зависит от «покрытия материала» по всем трем измерениям и коэффициента дифференцирующей способности для данного задания:

$$Q_i = \frac{1}{100} * \frac{C_i^3 + C_i^V + C_i^H}{3} * K_{D,i}, \quad (2)$$

где  $K_{D,i}$  – коэффициент дифференцирующей способности  $i$ -задания;  $C_i^3, C_i^V, C_i^H$  – степени покрытия  $i$ -заданием трех измерений: знания, умения, применения;

$$\frac{C_i^3 + C_i^V + C_i^H}{3} - \text{среднее арифметическое}$$

покрытие по трем измерениям;  $\frac{1}{100}$  – коэффициент для приведения результата к диапазону от 0 до 1.

Определим оценку достоверности репрезентативной выборки из базы данных при формировании сеанса диагностирования для  $j$ -й темы – коэффициент  $S_j$ . Примем, что среди множества вариантов формирования сеансов диагностирования для данной темы максимальной достоверностью, с точки зрения дифференцирующей способности тестовых заданий и максимального покрытия учебного материала, обладает тот вариант, у которого значение  $S$  максимально.

Принимая во внимание, что суммарное «покрытие материала» по всем уровням трудности не может превышать 100% (универсум), а границы между уровнями трудности {Н, С, В} являются нечеткими (есть перекрытие), то для подсчета суммарного «покрытия материала» по трем уровням трудности воспользуемся формулой мощности объединения трех множеств А, В, С, имеющих непустое пересечение:

$$|A \cup B \cup C| = |A| + |B| + |C| - |A \cap B| - |A \cap C| - |B \cap C| + |A \cap B \cap C|.$$

Если элементы А, В, С не имеют смысла множеств, то пересечение в правой части можно заменить умножением и в итоге получим:

$$|A \cup B \cup C| = |A| + |B| + |C| - |A * B| - |A * C| - |B * C| + |A * B * C| \quad (3)$$

Таким образом, коэффициент  $S$  вычисляется как сумма для всех трех уровней трудности коэффициентов качества заданий  $Q_i$ , с учетом выражения (3):

$$S_j = Q_i(B) + Q_i(C) + Q_i(H) - Q_i(B) * Q_i(C) - Q_i(B) * Q_i(H) - Q_i(C) * Q_i(H) + Q_i(B) * Q_i(C) * Q_i(H)$$

где  $Q_i(B)$  – коэффициент качества для трудного задания,  $Q_i(C)$  – коэффициент качества для среднего задания,  $Q_i(H)$  – коэффициент качества для легкого задания.

В таблице 4 приведен пример расчета коэффициента достоверности для конкретного набора заданий разной трудности для одной темы.

Таблица 4

	$C_i^3$	$C_i^V$	$C_i^H$	$T_i$	$K_D$	$R_{xy}$	$Q_i$
Трудное задание	70	62	76	0,34	0,46	0,48	0,32
Среднее задание	50	55	48	0,55	0,72	0,56	0,39
Легкое задание	30	45	37	0,68	0,54	0,72	0,20
$S_j = 0,668$							

Отметим, что  $0 < S_j \leq 1$ , при условии  $K_D > 0$ , а максимальное значение  $S_j^{\max} = 1$ , при условии  $K_D = 1$  и полном покрытии проверяемого материала ( $C^3 = C^V = C^H = 100$ ).

Предложенная методика оценки достоверности одной темы в сеансе диагностирования может быть распространена на все темы раздела. Таким образом, можно сформировать оценку достоверности всего сеанса диагностирования в условиях ограничения на количество заданий в сеансе. Данная методика достаточно подробно рассмотрена в предыдущих работах авторов для целей тестирования знаний [7] применительно к предметной составляющей общей компетентности и может быть распространена на все измерения общей ИКТ-компетентности.

### Выводы

Разработанная методика подготовки и проведения ДЭ по анализу компетентности пользователей КС позволяет перейти к автоматизации этого достаточно сложного и неформального процесса. Предложенная система оценивания «покрытия материала» квалификационными заданиями различных форм позволяет сформировать оптимальный сеанс диагностирования с точки зрения «покрытия материала», трудности и дифференцирующей способности квалификационных заданий. Такой подход позволяет получить не только формальную оценку за сеанс диагностирования, но и оценить объем материала, на котором проводилась проверка компетентности пользователей КС. Предло-

женная методика формирования сеанса в совокупности с системой оценивания на основе правил и процедур нечеткой логики может быть положена в основу дополнительного модуля системы тестирования знаний OpenTEST2, который подготавливает и проводит ДЭ для заданий открытой формы с развернутым ответом с привлечением экспертных оценок ответов.

### Литература

1. *Сергеев С.Ф.* Инженерная психология и эргономика: Уч. пособие. – М.: НИИ школьных технологий, 2008. – 176 с.
2. *Лайл М. Спенсер-мл., Сайн М. Спенсер.* Компетенции на работе. Пер. с англ. – М.: НИРРО, 2005. – 384 с.
3. *Кривуля Г.Ф., Шкиль А.С., Кучеренко Д.Е., Гаркуша Е.В.* Диагностика компетентности пользователей компьютерных систем // АСУ и приборы автоматики. – 2010. – Вып. 150. – С. 125–133.
4. *Раков С.А., Вашуленко О.П., Горох В.П., Милянник А.І., Пузырьов В.В.* Три виміри логіко-математичної компетентності // Вісник. Тестування і моніторинг в освіті. – 2009. – № 12. – С.6–17.
5. *Круглов В.В., Дли М.И., Голубов Р.Ю.* Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 221 с.
6. *Шкиль А., Каук В., Напрасник С., Цимбалюк Е., Хоменко Р.* Новые функциональные возможности компьютерной системы тестирования знаний OPENTEST2 // Педагогические измерения. – 2009. – № 2. – С.86–103
7. *Шкиль А.С., Чумаченко С.В., Напрасник С.В., Бабич А.В., Гаркуша Е.В.* Принципы построения сеанса тестирования в компьютерной системе тестирования знаний OpenTEST2 // АСУ и приборы автоматики. – 2007. – Вып. 140. – С. 49–56.

### Резюме

Рассмотрены процедуры проведения диагностического эксперимента по анализу компетентностей пользователей компьютерных систем. Рассмотрены параметры квалификационных заданий, структура базы данных этих заданий и способы формирования сеанса диагностирования. При формировании оценки достоверности сеанса диагностирования применены правила и процедуры нечеткой логики

Розглянуті процедури проведення діагностичного експерименту з аналізу компетентностей користувачів комп'ютерних систем. Розглянуті параметри кваліфікаційних завдань, структура бази даних цих завдань та способи формування сеансу діагностування. При формуванні оцінки достовірності сеансу діагностування застосовані правила та процедури нечіткої логіки

The procedures of a diagnostic experiment of computer systems users' competence analysis are considered. The parameters of qualifying tasks, the structure of a database of such tasks and the ways of a diagnosis session formation are examined. Rules and procedures of fuzzy logic were applied during formation of a certainty value of a diagnosis session

**Ключові слова:** компетентность пользователей, диагностический эксперимент, квалификационные знания

Поступила 21.11.2010 г.