

рые дают преимущество расширяемости предикатов – добавление новых встроенных и пользовательских определений в модульном виде.

Авторы статьи выражают свое глубокое уважение Сергею Алексеевичу Ивановскому, кото-

рый внес большой вклад в подготовку и написание данной статьи, но, к огромному сожалению и печали своих коллег и учеников, не дожил до сегодняшнего дня.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haberland R., Ivanovskiy S. Dynamically Allocated Memory Verification in Object-Oriented Programs using Prolog. Spring // Summer Young Research Colloquium on Software Engineering, Saint Petersburg, 2014. P. 46–50.

2. Burstall R. M. Some Techniques for Proving Correctness of Programs which Alter Data // Machine Intelligence. 1972. № 7. P. 23–50.

3. Reynolds J. C. Separation Logic: A Logic for Shared Mutable Data Structures // Proc. of the 17th Annual IEEE Symp. on Logic in Computer Science (LICS'02), Washington, 2002. P. 55–74.

4. Parkinson M. Local Reasoning for Java. PhD thesis. Cambridge University, 2005.

5. Abadi M., Leino K. R. M. A Logic of Object-Oriented Programs // Lecture Notes in Computer Science. 1997. Vol. 1214. P. 682–696.

6. Abadi M., Cardelli L. A Theory of Objects. New York: Springer, 1996.

7. Bornat R. Proving Pointer Programs in Hoare Logic // Lecture Notes in Computer Science. 2000. Vol. 1837. P. 102–126.

R. Haberland, S. A. Ivanovskiy, K. V. Krinkin  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

### HEAP VERIFICATION OF OBJECT-ORIENTED PROGRAMS IN A POINTS-TO LOGIC

*In this paper a verification technique is presented based on the logical programming language “PROLOG” for object-oriented programs based on the points-to heap model. The terms “heap”, “heap interpretation” and a heap theory are introduced, and a generalised approach in PROLOG allows to bridge expressibility gaps as well as other research problems in this field as discussed in the paper. The chosen model was validated against [1], which also provides facilities to transform imperative programming languages with objects into an intermediate representation in PROLOG.*

**Pointers, heaps, alias analysis, dynamic memory verification**

УДК 159.9 (303.732)

С. А. Колмаков, А. В. Леонов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

### Методика выявления ошибок человека-оператора с учетом его психологического типа на основании игровых программ, эмулирующих процесс работы на АРМ

*Представлено описание методики выявления ошибок человека-оператора с учетом его психологического типа на основании игровых программ, эмулирующих процесс работы на АРМ. Приведенная методика поможет усовершенствовать методы профотбора за счет того, что ошибки перестанут носить случайный характер, а станут прогнозируемыми и устранимыми.*

**Человек-оператор, психологический тип, ошибки человека-оператора, MBTI, игровые программы, профессиональный отбор**

В настоящее время количество и сложность человеко-машинных систем (СЧМ) увеличивают-

ся, при этом ответственность человека-оператора (Ч-О) растет пропорционально сложности СЧМ.

Если раньше человеческая ошибка могла привести всего лишь к порче отдельной детали, то сейчас ошибка оператора приводит к потере целой партии продукции. Более того, в настоящий момент ошибка Ч-О может привести к крупнейшим человеческим жертвам.

Особенно остро данный вопрос стоит в сфере атомной энергетики, оборонной промышленности, управления сложными техническими объектами (самолеты, поезда, корабли и т. д.). В связи с этим весьма важна проблема профессионального отбора. Профессиональный отбор – процесс выделения из имеющихся кандидатов тех, которые способны обеспечивать наиболее эффективное выполнение возложенных на них задач [1].

Одним из основных инструментов профотбора является тестирование. Большая группа тестов посвящена оценке психологических особенностей личности, среди которых можно выделить наиболее популярные: ММПИ (Миннесотский многопрофильный личностный опросник), цветовой тест Люшера, 16-факторный личностный опросник Кеттелла, MBTI (типология Майерс–Бриггс). Последняя типологическая система обладает следующими преимуществами:

- определяет индивидуальные различия в восприятии информации и способах принятия решений;
- выявляет поведенческие стереотипы;
- не выделяет «хорошие» и «плохие» типы, выявляя преимущества и недостатки каждого из типов;
- шкалы MBTI относятся к базовым психическим функциям – восприятию и оценке информации, которые реализуются в любом поведении [2].

Типология MBTI разработана в 50-х гг. XX в. И. Майерсом и К. Бриггсом, которые модифицировали типологию Юнга [3]. Данная типология представляет собой систему, содержащую 16 психологических типов, каждый из которых характеризуется четырьмя парами оппозиций (интровер-

сия-экстраверсия, восприятие-оценка, сенсорика-интуиция, мышление-эмоции).

Тип строится из четырех параметров. Для их определения используется специальный стандартизированный опросник MBTI. Он основан на выявлении двух способов восполнения энергии (шкала экстраверсия-интроверсия), двух противоположных способов сбора информации (шкала сенсорность-интуиция), двух различных способах принятия решений (шкала мышление-чувствование) и двух различных способах организации взаимодействия с внешним миром (решение-восприятие). Таким образом, существуют 4 шкалы предрасположенностей. Каждый человек в силу своей индивидуальности занимает определенное место на этих шкалах, выбирает тот или иной полюс в каждой паре оппозиций. Комбинация предпочтений по каждой паре оппозиций дает один из 16 типов поведения, составляя индивидуальный профиль человека.

Профиль описывается формулой, состоящей из четырех букв, обозначающих преобладающий полюс по каждой шкале: первая буква E или I (экстраверсия или интроверсия); вторая буква S или N (сенсорика или интуиция), третья буква T или F (мышление или чувство), четвертая буква J или P (решение или восприятие). Следовательно, получается система из 16 типов со своим индивидуальным поведением и способом восприятия информации (табл. 1). Поскольку каждый из психологических типов классификации MBTI обладает своим способом восприятия и переработки информации, то можно предположить, что каждому психологическому типу будут свойственны собственные ошибки и устойчивые модели поведения. Поиск взаимосвязей между психотипом, видами ошибок Ч-О и устойчивыми моделями поведения является целью исследования, для достижения которой была разработана описанная далее методика.

Таблица 1

Направленность	Функция	Сенсорные		Интуитивные	
		Мыслительные	Чувствующие	Чувствующие	Мыслительные
Интроверты	Решающие	ISTJ	ISFJ	INFJ	INTJ
	Воспринимающие	ISTP	ISFP	INFP	INTP
Экстраверты	Воспринимающие	ESTP	ESFP	ENFP	ENTP
	Решающие	ESTJ	ESFJ	ENFJ	ENTJ

Стоит отметить, что, несмотря на индивидуальность каждого из 16 типов, возможно, наиболее ярко разница в совершаемых ошибках и действиях проявится при использовании не всех 16 типов, а при подсчете результатов по четырем темпераментам, образуемым этими 16 типами (табл. 2).

Таблица 2

SP	SJ	NF	NT
ESFP	ESFJ	ENFJ	ENTJ
ISFP	ISFJ	INFJ	INTJ
ESTP	ESTJ	ENFP	ENTP
ISTP	ISTJ	INFP	INTP

Первая составляющая темперамента – это либо S, либо N – функция сбора информации. Вторая составляющая зависит от первой. Если это Интуитивист (N), то в сборе информации преобладает понятийное и отвлеченное. Вторым, важным для темперамента, согласно Кирси и Бейтс, следует считать предрасположение, отвечающее за то, как человек оценивает полученную им информацию: объективно (Мыслительный) или субъективно (Чувствующий). Таким образом, для Интуитивиста характерны 2 основных темперамента – NF и NT.

Если это Сенсорный (S) тип, то в сборе информации доминирует конкретное и осязаемое. Второе важное предрасположение – то, что человек будет делать с этой информацией: постарается придать ей определенную систему (Решающий) или будет стараться узнать что-то еще (Воспринимающий). Таким образом, Сенсорным типам свойственны 2 основных темперамента – SJ и SP.

Все будущие испытуемые после заполнения стандартизированного опросника MBTI будут разделены на 4 группы. При этом стоит учесть требования, предъявляемые к выборке испытуемых:

– возраст испытуемых должен находиться в одном диапазоне (от 21 до 27 лет);

– все испытуемые должны иметь одинаковый или близкий по значению коэффициент интеллекта (IQ), считающийся нормой для данной возрастной группы;

– все испытуемые должны иметь высшее или неоконченное высшее образование;

– все испытуемые не должны иметь психических расстройств.

Соблюдение данных требований обеспечит равные условия при прохождении задания. Это гарантирует чистоту эксперимента и позволяет судить о количестве и видах ошибок испытуемых, опираясь на психотип.

В целом, по внешним признакам можно выделить следующие виды ошибок (табл. 3) [4]. Каждая из отображенных ошибок будет возникать у Ч-О вследствие различного устройства и функционирования психических процессов (памяти, внимания, мышления, восприятия, воображения и т. д.), а также из-за различной скорости реакции, способности к переключению между задачами, концентрации и предрасположенности к монотонному труду. Поиск ошибок и их подсчет будут осуществляться во время прохождения испытуемыми специально разработанного задания.

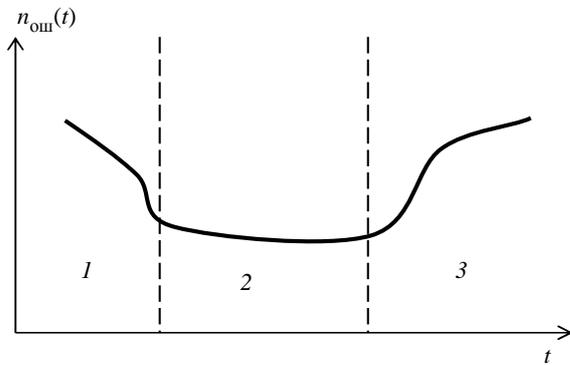
Данные задания представляют собой набор игровых программ, которые имитируют типичные трудовые операции Ч-О при работе за автоматизированным рабочим местом (АРМ). Такие программы направлены на проверку возможностей какого-либо отдельного или же сразу нескольких когнитивных процессов и свойств психики индивида, перечисленных ранее. За основу для предъявляемых игровых программ взяты бесплатные версии следующих приложений: «NeuroNation», «Lumosity», «Uplift», «Cognitivo» и т. д.

Каждое задание выполняется за лимитированный промежуток времени. При этом наблюда-

Таблица 3

Характер ошибок	Виды ошибок
Выпадение (пропуск) элементов рабочего процесса	Выпадение перцептивных действий. Выпадение логического действия или условия. Выпадение моторного действия. Выпадение комплекса (участка алгоритма). Прекращение рабочего процесса
Качественные ошибки	Искажение сигнала. Нарушение последовательности выполнения действий. Логические ошибки (в действиях с понятиями или суждениями, в умозаключениях или доказательствах)
Количественные ошибки	Отклонение при выполнении действий параметра от заданного значения. Неверный математический расчет. Несвоевременное выполнение действия

тель фиксирует количество ошибок испытуемого и их вид в соответствии с табл. 3. Помимо этого человек проходит одно и то же задание несколько раз, что позволяет учитывать динамику изменения надежности и определять порог вработываемости Ч-О (рисунок) [5].



На рисунке:  $n_{ош}(t)$  – количество совершаемых ошибок;  $t$  – время; 1 – фаза вработываемости; 2 – фаза устойчивой работоспособности; 3 – фаза утомления.

Оценки интенсивности ошибок и вероятности безошибочной работы оператора рассчитываются в фазе устойчивой работоспособности. Данная фаза наступает в тот момент эксперимента, когда интенсивность ошибок становится стабильной. Для определения стабильности на основе многократного повторения задания определяется 10 %-й коридор для количества допущенных ошибок.

Поскольку в исследовании учитывается тип ошибки, то рассчитывается вероятность возникновения определенного вида ошибки при выполнении конкретного задания. При этом делается допущение, что несколько видов ошибок соответствуют некоторому процессу (между процессами типы ошибок не пересекаются). Для расчета вероятности возникновения ошибки в  $j$ -м задании для  $k$ -й характеристики  $P_{ijk}$  используется следующая формула:

$$P_{ijk} = \frac{n_{ijk}}{N_{jk}}, i = \overline{1, L}, j = \overline{1, M}, k = \overline{1, S},$$

где  $n_{ijk}$  – количество ошибок  $i$ -го типа в  $j$ -м задании для  $k$ -й характеристики;  $N_{jk}$  – общее число выполняемых действий в  $j$ -м задании для  $k$ -й характеристики;  $S$  – количество оцениваемых характеристик;  $M$  – количество предъявляемых за-

даний для оценки конкретной характеристики;  $L$  – количество типов ошибок для одного задания при оценке отдельной характеристики.

При расчете времени, требуемого для фазы вработываемости, используется интенсивность ошибок  $i$ -го типа в  $j$ -м задании для  $k$ -й характеристики  $\lambda_{ijk}$ :

$$\lambda_{ijk} = \frac{P_{ijk}}{T}, i = \overline{1, L}, j = \overline{1, M}, k = \overline{1, S},$$

где  $T$  – время выполнения задания.

Поскольку для оценки отдельного когнитивного процесса существует несколько видов предъявляемых заданий, рассчитывается среднее значение для каждого типа ошибки  $\overline{P_i^k}$ :

$$\overline{P_i^k} = \left( \sum_{j=1}^M P_{ijk} \right) / M.$$

Результаты измерений для каждого типа ошибки всех приведенных характеристик каждого психотипа будут обработаны с помощью методов математической статистики. В результате будут получены средние значения вероятности появления ошибок каждого вида, встречающихся в каждом психологическом типе. Это позволит сделать выводы о типах ошибок, свойственных определенному психотипу.

После прохождения задания проводится интервью с испытуемым, чтобы выявить, какие задания показались ему наиболее сложными, простыми, почему те или иные задания ему казались проще, почему он допускал ошибки при выполнении того или иного задания. Подобный подход позволяет выявить не только сами ошибки, но и причину данной ошибки.

Приведенная методика позволит выявить ошибки, свойственные тем или иным психотипам. Учет данных ошибок поможет усовершенствовать методы профотбора за счет того, что ошибки перестанут носить случайный характер, а станут прогнозируемыми и устранимыми, а также усовершенствовать методики профессиональной подготовки и обучения персонала. В дальнейшем для снижения вероятности появления различных типов ошибок возможно конфигурирование интерфейсов с учетом особенностей психологического типа человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толочек В. А. Современная психология труда: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2005.
  2. Каммероу Дж. М., Баргер Н. Д., Кирби Л. К. Ваш психологический тип и стиль работы / пер. с англ. А. Багрянцевой. М.: Изд-во ин-та психотерапии, 2001.
  3. Юнг К. Г. Психологические типы. М.: Алфавит, 1992.
  4. Цибулевский И. Е. Ошибочные реакции человека-оператора. М.: Сов. радио, 1979.
  5. Смирнов Б. А., Гулый Ю. И. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование. Харьков: Гуманитарный центр, 2010.
- 

S. A. Kolmakov, A. V. Leonov  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

### THE METHOD OF DETECTING ERRORS OF THE HUMAN-OPERATORS, BASED ON THEIR PSYCHOLOGICAL TYPES USING GAME PROGRAMS SIMULATED THE WORKING PROCESS ON WORKSTATION

*This article describes a method of detecting errors of the human-operators, based on their psychological types using game programs simulated the working process on workstation. Given technique will help one to improve methods of professional selection due to the fact that errors will no longer be random and will be predictable and avoidable.*

**Human-operator, psychological type, human-operator mistakes, MBTI, game programs, occupational selection**

---

УДК 681.3

Дж. Г. Алкади Лайс, Ю. Т. Лячек, Мустафа Ахмед Бадор Мохамед  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Модификация областей штриховки при использовании сеточной параметрической модели чертежей

*Рассмотрены особенности описания штриховки в файлах обмена информацией чертежей и предлагается алгоритм формирования областей штриховки при модификации конструкторских чертежей деталей в соответствии с заданными конструктором новыми значениями размерных обозначений. Показано, что на основе созданной сеточной параметрической модели исходного электронного файла описания чертежа детали преобразование описания чертежа с областями штриховки может быть выполнено автоматически.*

**Чертеж, сеточная параметрическая модель, dxf-файл, штриховка, алгоритм, автоматическая модификация**

Двухмерные системы конструкторского проектирования не являются параметрическими. В связи с этим при разработке новых вариантов изделий приходится заново практически полностью подготавливать комплекты чертежной документации, так как редактирование старых описаний с новыми значениями размерных обозначений оказывается нецелесообразным из-за больших интеллектуальных и временных затрат конструкторов. В то же время на основании авто-

матически создаваемой сеточной параметрической модели старого чертежа [1] можно без дополнительных усилий конструктора по редактированию графического описания сформировать новый образ чертежа детали. Этот образ будет полностью соответствовать вновь задаваемым значениям для части или даже для всех размерных обозначений, установленных на исходном чертеже. Однако автоматически формируемая сеточная параметрическая модель чертежа не