

УДК 681.326

Г.Ф. КРИВУЛЯ, Д.Е. КУЧЕРЕНКО

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ И КОМПЕТЕНТНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

В статье рассматривается классификация ошибок пользователя компьютерной системы и возможные ограничения его допуска для решения практически важных задач. Последствия ошибок пользователя не менее значительны, чем последствия аппаратных или программных отказов, поскольку во многих видах деятельности операторов цена ошибки чрезвычайно велика. Методами нечеткой логики моделируется компетентность пользователя и состояния компьютерной системы. Получены производственные правила для принятия решения о допуске пользователя к работе на компьютерной системе.

Ключевые слова: компьютерная система, ошибка пользователя, дефект, компетентность, таксономия, моделирование.

Введение

Стремительный технический прогресс во всех сферах человеческой жизни, повсеместное внедрение компьютерных систем обуславливает высокие требования к их качеству и надежности. Статистика основных причин отказов компьютерных систем говорит о том, что программные отказы составляют – 34%, аппаратные – 15 % и ошибки оператора – 51% [1].

Последствия ошибок пользователя не менее значительны, чем последствия аппаратных или программных отказов. Во многих видах деятельности операторов цена ошибки чрезвычайно велика. Следствием ошибки оператора может быть авария, катастрофа, экологическое бедствие (рис. 1) [2].

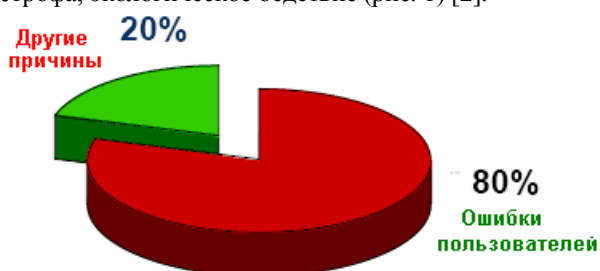


Рис. 1. Процентное соотношение причин аварий

Рассматривая любую информационную систему, нельзя не выделить такой процесс как хранение информации. Именно информация представляет основную ценность в любой организации, а вся инфраструктура, предназначенная для её обработки, хранения, передачи – лишь следствие данного факта.

Потеря данных – наихудшее, что может произойти с человеком, привязанным к компьютеру.

Вопрос не в том, как сильно привязан человек, а в том, как много для него значат эти данные. Другими словами, для начинающих пользователей потеря данных – это как потеря простых документов, но для тех, чья работа непосредственно связана с компьютером, потеря данных может означать потерю исходных файлов. Исходные файлы – это проекты, разработанные с использованием множества приложений. Их потеря, фактически, может привести к потере карьеры.

Главные причины потери данных представлены на рис. 2 [3].



Рис. 2. Причины потери данных

Изучение, учет причин и видов ошибок пользователя при создании и эксплуатации компьютерных систем является немаловажным источником обеспечения их надежной работы.

В данной статье рассматривается таксономия ошибок пользователя при работе с компьютерной системой. Главный акцент сделан на понятии компетентность, как одной из ключевых причин ошибок пользователя.

Целью настоящей работы является моделирование уровня компетентности пользователя и состояний компьютерной системы для принятия решения об ограничении допуска пользователя к решению задач.

1. Таксономия ошибок пользователя сложных технических объектов

Наиболее распространенной классификацией является деление ошибок в зависимости от типа индивидуальных задач, решаемых пользователем компьютерной системы. Такая классификация основана на умениях/навыках, правилах и знаниях (The skill, rule and knowledge based classification - SRK) [4]:

1. Описки, основанные на практическом опыте (skill-based slips). Такие ошибки возникают, когда пользователь знает, что делать, но делает что-то не так. Например, пользователь ввел неверный пароль или вставил кабель в неверный разъем.

2. Ошибки, основанные на правилах (rule-based errors). Такие ошибки возникают, когда пользователь ошибся в выборе правильного правила или нарушил его. Например, пользователь упустил этап в процессе конфигурации или ввел неправильные данные.

3. Ошибки, основанные на знаниях (knowledge-based errors). Такие ошибки возникают, когда пользователь не знает, что он должен делать. Например, пользователь не знает, как работает указатель в C++ или не знает разницы между ссылками и значениями в электронной таблице.

Другая система классификации основана на том, что ошибки пользователя могут возникать на разных этапах проектирования критических систем:

- 1) в процессе разработки;
- 2) в процессе развертывания;
- 3) в процессе поддержки/управления;
- 4) на протяжении процесса эксплуатации.

Ошибки пользователя программного обеспечения (ПО) можно классифицировать следующим образом:

1. Ошибки, вызванные недостаточным знанием предметной области. Теоретически эти ошибки методологических проблем не вызывают, сравнительно легко исправляясь обучением пользователей. Практически же, роль этих ошибок чрезвычайно велика – все ожидают должного уровня подготовки от пользователей ПО, однако в ряде случаев их никто, никогда, ничему целенаправленно не обучал.

2. Опечатки. «Опечатки» происходят в двух случаях: во-первых, когда не все внимание уделяется выполнению текущего действия (этот тип ошибок характерен, прежде всего, для опытных пользователей, не проверяющих каждый свой шаг) и,

во-вторых, когда в мысленный план выполняемого действия вклинивается фрагмент плана из другого действия (происходит преимущественно в случаях, когда пользователь имеет обдуманное текущее действие и уже обдумывает следующее действие).

3. Игнорирование показаний системы. Ошибки, которые одинаково охотно производят как опытные, так и неопытные пользователи. Первые не считывают показаний системы потому, что у них уже сложилось мнение о текущем состоянии, и они считают излишним его проверять, вторые – потому, что они либо забывают считывать показания, либо не знают, что это нужно делать и как.

4. Моторные ошибки. Сущностью этих ошибок являются ситуации, когда пользователь знает, что он должен сделать, знает, как этого добиться, но не может выполнить действие нормально из-за того, что физические действия, которые нужно выполнить, выполнить трудно. Так, никто не может с первого раза (и со второго тоже) нажать на экранную кнопку размером 1 на 1 пиксель. При увеличении размеров кнопки вероятность ошибки снижается, но почти никогда не достигает нуля.

Ben Marguglio, автор книги «Предотвращение человеческих ошибок» («Human Error Prevention») дает следующую классификацию ошибок пользователя [5]:

1. Ошибки, основанные на знаниях (knowledge-based errors) – отсутствие знаний о требованиях, ожидаемых результатах или потребностях. Такие ошибки случаются тогда, когда пользователь не владеет информацией либо из-за того, что она не была предоставлена, либо искажена в процессе доставки.

2. Ошибки, основанные на когнитивных способностях (cognition-based errors) – отсутствие способности обрабатывать знания, необходимые для удовлетворения требований, ожиданий или потребностей. Такие ошибки случаются тогда, когда пользователь не обработал полученную информацию из-за отсутствия либо способностей к запоминанию, анализу, систематизации, либо способности оценить важность обработки информации.

3. Ошибки, основанные на важности (value-based errors) – отсутствие готовности соглашаться с необходимыми требованиями или прогнозами. Такие ошибки случаются тогда, когда пользователь осознает нарушение требований, ожиданий и потребностей, но не принимает их во внимание, либо не рассматривает это в качестве ошибки.

4. Ошибки, основанные на рефлекторных действиях (reflexive-based errors) – отсутствие способности незамедлительно отвечать на внешнее воздействие. Такие ошибки случаются тогда, когда возникают ситуации, в которых требуется быстрая и прямая реакция.

5. Ошибки, основанные на обстоятельствах их возникновения (error-inducing condition-based) – отсутствие способности противодействовать обстоятельствам возникновения ошибок. Такие обстоятельства обычно присутствуют непосредственно в работе, содержатся в окружающей среде, либо в людях, но удаление их из процесса невозможно из-за естественности их возникновения.

6. Ошибки, основанные на практическом опыте (skill-based errors) – отсутствие сноровки. Такие ошибки будут случаться постоянно, так как опыт не может быть заменен машиной.

7. Ошибки, основанные на упущениях (lapse-based errors) – отсутствие внимания. Такой тип ошибок связан с предыдущим, так как невозможно постоянно иметь высокий уровень внимания, а значит, такие ошибки будут иметь место.

Ошибки пользователей можно классифицировать в соответствии с причинами их возникновения при работе с компьютерной системой:

1. Ошибки, основанные на индивидуальных факторах (35%): недостаток опыта, интереса или мотивации, усталость, плохая память, возраст или нетрудоспособность.

2. Ошибки, связанные с проектированием компьютерной системы (20%): влияния времени реакции, утомительность, отсутствие поощрения безошибочности, несовместимость требований или форматов.

3. Ошибки, связанные с инструкциями компьютерной системы (10%): тяжелые для понимания, неполные или неточные, неудачно методически составленные.

4. Ошибки, связанные с уровнем подготовки пользователя к работе с компьютерной системой (10%): не соответствует, не удовлетворяет потребностям, не отвечает последним тенденциям.

5. Ошибки, связанные с интерфейсом между пользователем и компьютером (10%): плохое качество монитора или используемого шрифта, необходимость запоминания длинных кодов, эргономические факторы.

6. Ошибки, связанные с требованиями точности при работе с компьютерной системой (10%): завышенные ожидания.

7. Ошибки, связанные с окружающей средой (5%): свет, температура, влажность, шум.

По месту в структуре деятельности можно выделить следующие виды ошибок:

1) ошибки восприятия – не успел обнаружить, не сумел различить, не узнал и пр.;

2) ошибки внимания – не сумел сосредоточиться, собраться, переключиться, удержать, не

успел охватить всего, быстро устал и пр.;

3) ошибки памяти – сохранение, воспроизведение оперативной или долговременной информации; забыл, не успел запомнить, не сумел удержать в памяти, сохранить, восстановить, воспроизвести и пр.;

4) ошибки мышления и принятия решения – не понял, не предусмотрел, не разобрался, не проанализировал, не объединил, не обобщил, не сопоставил, не выделил и пр.; навигационное планирование и коррекция, выход из опасных ситуаций, оценка возможностей наземных и бортовых систем;

5) ошибки ответной реакции – управление двигателями, автопилотом, навигационными устройствами, ведение радиосвязи, изменение курса или высоты полета самолета.

По виду нарушенных закономерностей выделяются следующие виды ошибок:

1. Несоответствие процесса переработки информации (чрезмерный поток информации, недостаток информации, недостаток исходных данных; несоответствие интенсивности сигналов пороговым характеристикам анализаторов – органов чувств и соответствующих областей коры головного мозга; неправильная оценка вероятности появления информации, ее значимости).

2. Несоответствие навыка (перенос навыка в условия, где он неприменим, недостаточный навык).

3. Недостатки внимания (неправильное распределение внимания или его переключение, недостаточная концентрация, чрезмерная концентрация).

Обобщенная классификация ошибок пользователя представлена на рис. 3.

2. Моделирование компетентности и доступа пользователя к решению задачи

При исследовании ошибок пользователей при работе с компьютерной системой выделяют ряд причин, лидирующую позицию среди которых занимают личные факторы. С точки зрения способности пользователя решать задачу в определенной области выделим такой фактор, как компетентность.

Методы, используемые для анализа компетентности, могут включать в себя следующие (при необходимости список может быть дополнен): интервьюирование / анкетирование пользователя; наблюдения; обсуждения в группах; экспертные методы.

Последний метод представляет для нас большой интерес. Экспертные методы основаны на суждениях высококвалифицированных специалистов-профессионалов, представленных, как правило, в виде содержательной и качественной или количественной оценки объекта.

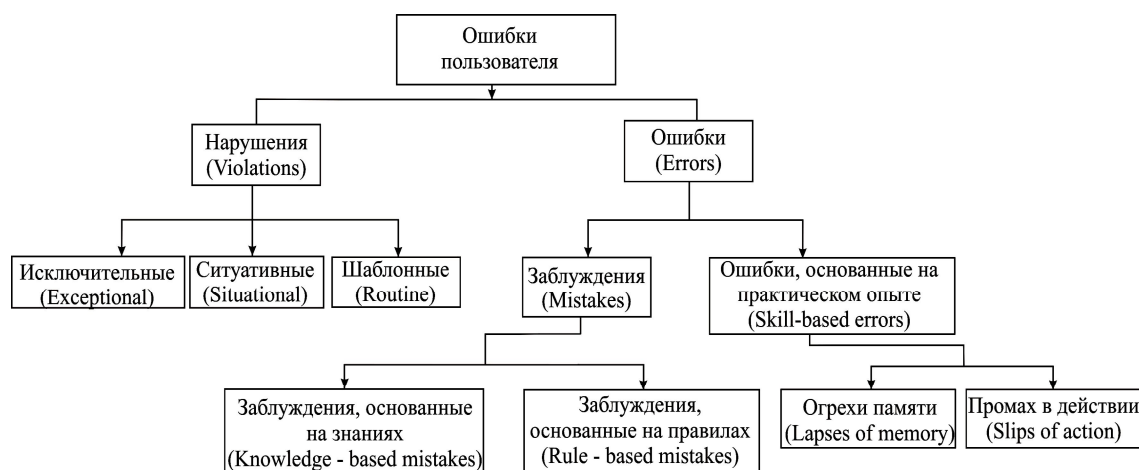


Рис. 3. Классификация ошибок пользователя сложных технических объектов

Описать понятие компетентность количественно – крайне сложная задача, поэтому мы воспользуемся аппаратом нечеткой логики. Он позволит количественно оценить такие размытые понятия, как «низкая компетентность», «средняя компетентность», «высокая компетентность». Рассматривая компетентность пользователя, важно определить само понятие компетентность как пример нечеткого множества. Данное понятие зависит от многих факторов и на данный момент не существует универсального способа определения компетентности.

Модель оценки компетентности пользователя. Пусть U – универсальное множество всех критериев, по которым оценивается компетентность пользователя:

$$U = \{a_i, i = \overline{0, N}\},$$

где a_i – критерий, по которому оценивается компетентность.

Пусть V – нечеткое множество, определяющее степень компетентности пользователя

$$V = \langle U, \mu \rangle = \{a_1 | \mu_1 + a_2 | \mu_2 + \dots + a_N | \mu_N\}.$$

Функция принадлежности μ_i показывает, в какой мере пользователь обладает компетентностью a_i . Например, на рис. 4 показан возможный уровень компетентности:

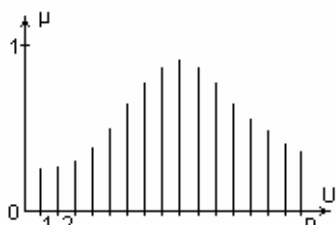


Рис. 4. Возможный уровень компетентности

Относительно нечеткого множества V вводим лингвистическую переменную «Компетентность» = {"нулевая", "низкая", "средняя", "выше среднего", "высокая"}. Каждое значение лингвистической переменной характеризуется нечетким множеством.

В качестве формы функции принадлежности было выбрано гауссову кривую. Функция принадлежности гауссова типа описывается формулой:

$$\mu(a_i) = e^{-\frac{(a_i - n)^2}{\sigma^2}},$$

где n – центр нечеткого множества; σ – крутизна функции.

Например, если $U = \{a_i = i, i = \overline{0, N}, N = 100\}$, то можно рассматривать следующие нечеткие множества (рис. 5, а – д).

Опираясь на понятия компетентность и состояния компьютерной системы можно промоделировать допуск пользователя к решению некоторой задачи.

Состояние КС различаются наличием дефекта различной силы. Представление диагностических признаков КС в виде лингвистической переменной приведено в [6].

В качестве выходной вводим лингвистическую переменную «Уровень доступа» = {"нулевой", "низкий", "ограниченный", "выше среднего", "неограниченный"}. Т.о, имеется две входные переменные: компетентность пользователя и дефект КС, а также выходная переменная – уровень доступа пользователя к решению некоторой задачи. Ниже приведен пример производственных правил:

- 1) if (компетентность is нулевая) and (дефект is нет) then (доступ is нулевой);
- 2) if (компетентность is нулевая) and (дефект is разрушительный) then (доступ is отсутствует);
- 3) if (компетентность is низкая) and (дефект is разрушительный) then (доступ is отсутствует);
- 4) if (компетентность is средняя) and (дефект is разрушительный) then (доступ is нулевой);
- 5) if (компетентность is выше среднего) and (дефект is разрушительный) then (доступ is ограниченный);
- 6) if (компетентность is высокая) and (дефект is разрушительный) then (доступ is неограниченный).

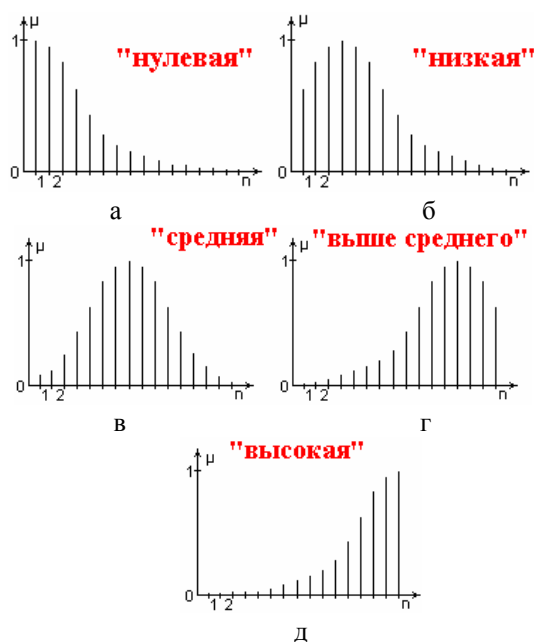


Рис. 5. Нечеткие множества компетентности: а – нулевого; б – низкого; в – среднего уровня; г – уровня выше среднего; д – высокого уровня

Заклучение

При работе с компьютерной системой пользователь сталкивается с решением ответственных практически важных задач. Возможность пользователя правильно решить задачу зависит от его компетентности и от состояния компьютерной системы.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.И. Хаханов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина.

МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СТАНІВ ТА КОМПЕТЕНТНОСТІ КОРИСТУВАЧА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ

Г.Ф. Кривуля, Д.Е. Кучеренко

Розглядається класифікація помилок користувача комп'ютерної системи та можливі обмеження допуску для рішення практично важливих задач. Наслідки помилок користувача не менш суттєві, ніж наслідки апаратних або програмних відмов, тому що у багатьох видах діяльності операторів ціна помилки надзвичайно велика. Методами нечіткої логіки моделюється компетентність користувача та стани комп'ютерної системи. Отримані продукційні правила для прийняття рішення про допуск користувача до роботи на комп'ютерній системі.

Ключевые слова: комп'ютерна система, помилка користувача, дефект, компетентність, таксономія, моделювання.

SIMULATION OF DIAGNOSTIC STATES AND COMPETENCE OF COMPUTER'S SYSTEM USER

G.F. Krivoulya, D.E. Kucherenko

User error classification and possible restrictions of user access for practically important tasks solutions are considered in this paper. The effects of user errors are no less important than effects of hardware or software faults as far as the cost of error is extremely high in the major areas of an operator work. The user competence and computer system states are simulated using fuzzy logic methods. The condition-action rules for decision making about user access to work on computer system are received.

Keywords: computer system, user error, defect, competence, taxonomy, simulation.

Кривуля Геннадий Федорович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой автоматизации проектирования вычислительной техники, ХНУРЭ, Харьков, Украина, e-mail: krivoulya@i.ua.

Кучеренко Дария Ефимовна – аспирантка кафедры автоматизации проектирования вычислительной техники, ХНУРЭ, Харьков, Украина, e-mail d_zin@ukr.net.

Моделирование методами нечеткой логики компетентности пользователя и состояний компьютерной систем позволило сформулировать продукционные правила для ограничения возможного допуска пользователя к решению ответственных задачи.

Литература

1. Krivoulya G. Computer system efficient diagnostics with the usage of real-time expert systems / G. Krivoulya, A.Lipchansky, O. Korobko // *Proceedings of the 4th East-West Design and Test Workshop, Sochi, Russia, September 15-19.* – 2006. – P. 255-256.
2. Shappell S.A. A Human Error Approach to Accident Investigation: The Taxonomy of Unsafe Operations / S.A. Shappell, D.A. Wiegmann // *The International Journal of Aviation Psychology*, 1532-7108. – 1997. – Vol. 7. – Iss. 4. – P. 269-291.
3. Smith D. The Cost of Lost Data / D. Smith // *Storage Management Solutions.* – 1999. - No. 4. –P. 60-2.
4. Rasmussen J. Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations / J. Rasmussen // *Journal of Occupational Accidents.* – No. 4. – P. 311-33.
5. Marguglio B. Human Error Prevention / B. Marguglio // *Bookinar™*, 2006.
6. Кривуля Г.Ф. Классификационные признаки для диагностики компьютерных неисправностей с использованием нечетких экспертных систем / Г.Ф. Кривуля, Д.Е. Кучеренко, Сами Механа // *Радиоэлектронні і комп'ютерні системи.* – 2009. – № 5 (39). – С. 127-130.

Поступила в редакцию 10.02.2010