

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

д.т.н., проф. В.С. Харченко, к.т.н. И.В. Шостак, Ю.С. Манжос

В статье рассматриваются принципы построения интеллектуальной интегрированной системы, предназначенной для поддержки сертификации программного обеспечения, принципы формирования нормативного профиля как подмножества стандартов, структура базы знаний для хранения фреймов правил и основные принципы работы экспертной системы.

Введение. Функциональные характеристики объектов с интенсивным использованием программного обеспечения (ПО) в большой мере зависят от его качества. ПО, являясь эквивалентной формой представления алгоритмов управления, в значительной мере определяет логику, динамику и точность функционирования. Взаимодействие ПО с физическим оборудованием в реальном времени непосредственно в контурах управления необратимыми процессами в основных режимах работы предопределяет предельно жесткие требования к качеству отработки и высокую трудоёмкость. Существуют критические зависимости качества, сроков и стоимости системы управления от качества ПО [1]. Это порождает проблемы разработки и оценивания качества ПО, решение которых состоит в использовании адекватных технологий, охватывающих не только область разработки управляющих алгоритмов и их программных реализаций, но и определяющих возможности достижения требуемых характеристик, качества, сроков и стоимости создания СУ и объекта управления в целом, а также организации эффективного оценивания ПО, сертификационными центрами (СЦ), привлекающими квалифицированных специалистов, способных быстро и достоверно оценить качество ПО. При этом качество самой оценки определяется квалификацией экспертов и имеющимся в их распоряжении информационным ресурсом – базой нормативных документов (НД). Ввиду многообразия НД, целесообразно ввести понятие нормативного профиля (НП) – гармонизированной с международными и национальными стандартами совокупности требований, предъявляемых к данному проекту или группе проектов. НП могут быть вновь разрабатываемые государственные или отраслевые стандарты, нормативно-методические документы предприятий и общие требования спецификаций ПО. Формирование и верификация НП является одной из центральных задач оценки качества ПО.

Целью статьи является разработка и обоснование принципов построения инструментальных средств поддержки принятия решения по

оценке качества программного обеспечения на основе интеграции традиционных средств обработки данных и методов искусственного интеллекта.

Процедура оценки программного обеспечения [2] состоит в решении ряда задач, среди которых следует выделить:

- формирование и верификация нормативного профиля;
- реинжиниринг и оценка процесса проектирования на основе НП;
- статический анализ – определение программных метрик, согласованно выбранному НП;
- семантический анализ (СА) ПО – контроль семантической эквивалентности программных конструкций;
- динамический анализ ПО: модульное тестирование методом белого и чёрного ящиков;
- интервальный анализ исполняемого модуля, заключающийся в контроле достоверности результатов всех этапов вычислительных процессов;
- определение степени соответствия исходного кода проектной документации и НП.

В современных условиях решение перечисленных выше задач затруднено в силу увеличения объёма и сложности ПО с одной стороны, и расширением номенклатуры объектов — с другой. Эти обстоятельства породили ряд проблем в деятельности экспертов. Самой существенной проблемой является большая доля рутинного труда, связанного с анализом существенно расширившейся (за счёт международных стандартов) нормативной базы (НБ) и необходимостью формирования НП ПО уникальных объектов. Вторая проблема состоит в необходимости статического и динамического анализа крупных программных проектов, содержащих сотни тысяч и миллионы операторов. Немаловажным является также и возрастание субъективности оценки соответствия исходного кода ПО проектной документации и НП.

Перечисленные выше проблемы относятся к разряду слабо формализованных, комплексное их решение затруднено отсутствием эффективных аналитических методов, поэтому в основу создания инструментальных средств оценивания ПО следует положить методы и средства искусственного интеллекта. В силу специфики процесса оценивания ПО наиболее целесообразно использование экспертной системы (ЭС), как ядра интегрированной среды. Применение ЭС обеспечит поддержку эксперта при работе с НБ, а также позволит, путём накопления и обобщения опыта оценок в базе знаний (БЗ) ЭС, снизить субъективность и повысить эффективность принимаемых решений за счёт учёта большого числа факторов, определяющих свойства анализируемого проекта.

В процессе оценки программного обеспечения существует ряд задач, которые могут быть успешно решены на основе традиционных ме-

тодов обработки данных. Характерной задачей является выбор:

- стратегии тестирования и набора тестовых данных для апробирования методов и алгоритмов частично-формализованного (ЧФ) вербально-матричного метода [3];
- информационно-аналитических утилит поддержки процесса ЧФ анализа (ЧФА) профилирующей базы (ПОБ);
- интеллектуальных утилит поддержки знание-ориентированного семантического анализа (ЗСА) текстовых документов из ПОБ (синтеза локальных и глобальных семантических деревьев) и сравнения результатов профилирования различными (ЧФА и ЗСА) методами.

Таким образом, компьютерная поддержка эксперта может быть организована *на основе интегрированной системы*, сочетающей в себе традиционные методы и средства обработки данных с возможностями знание-ориентированных методов.

Организация профилирующей базы знаний (БЗ). Рассмотрим особенности организации профилирующих знаний в БЗ интеллектуальной интегрированной системы формирования и верификации НП (ИСФВП).

Поскольку процесс выявления знаний основан преимущественно на текстологических источниках (нормативной базе), то знания в ИСФВП наиболее удобно представлять в виде иерархии фреймов [4]. Структуры элементов одного и того же уровня стереотипны. Механизм активизации фреймов различных уровней и присоединённые процедуры отдельных слотов в этом случае представляются в форме метаправил и обычных правил продукции соответственно.

Для повышения достоверности логического вывода ЭС оснащена специальным механизмом независимой верификации – модулем семантического контроля типов данных результатов, полученных в процессе вывода. На рис. 1 приведена схема профилирующей базы знаний, которая позволяет поддерживать интерфейс на множестве естественных языков, используемых как для диалога с пользователем (экспертом), так и для хранения НД. При этом с элементами иерархии стандартов могут быть связаны некоторые правила, имеющие как antecedentes, так и консеквенты. Каждое из правил формирует вывод, имеющий смысл, определяемый физической размерностью, представленной вектором, хранящимся в таблице ResultMetric в виде набора вещественных чисел – степеней соответствующих базовых размерностей выбранной системы единиц, хранящейся в таблице UnitSetCode. Номер позиции данной единицы в векторе размерности задаётся таблицей UnitPosition. Поддержка интернационального интерфейса обеспечивается таблицей UnitSet, хранящей названия выбранных систем единиц, например СИ, СГС, СГСЭ. Возможно введение и внесистемных единиц, например, количество строк, классов, операторов, длин операторов и т.д.

Фреймовая структура реализована с помощью таблицы LevelItem,

содержащей код элемента иерархии стандартов и внешний ключ, связанный с элементом следующего, подчиненного уровня.

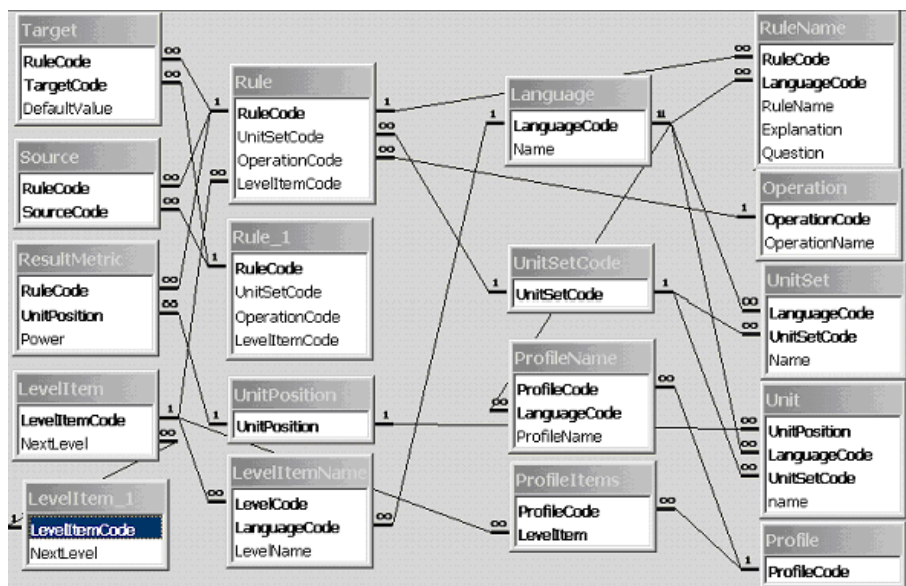


Рис. 1. Схема профилирующей базы знаний

Предлагаемая организация профилирующей БЗ позволяет не только задать операцию, выполняемую над антецедентами правила, а также тип и численное значение, передаваемое по умолчанию консеквенту, при невыполнении условия правила. В качестве операции могут быть использованы как стандартные логические операции И, ИЛИ, НЕ, реализующие И/ИЛИ граф, так и арифметические, и, конечно, более “сложные”, представляющие собой некоторые присоединенные процедуры. Связь каждого из правил с антецедентами и консеквентами позволяет легко реализовать верификацию БЗ, её компиляцию на язык высокого уровня, а также прямой и обратный выводы, в режиме интерпретации правил при отладке БЗ и при выполнении выводов на скомпилированных знаниях.

Выводы. Задача формирования и верификации НП является одной из основных задач процесса разработки и экспертизы ПО.

Учитывая постоянно расширяющуюся нормативную базу ПО, решение задач формирования НП (включая и разработку самих стандартов) целесообразно формализовать в направлении повышения верифицируемых требований, содержащихся в них.

В основу разработки ИСФВП следует положить процедуры ЧФА текстов (требований НД), а также процедуры построения и объединения

семантических деревьев, полученных при анализе документов ПОБ.

Разработка профилообразующей БЗ ИСФВП должна базироваться на принципах:

- *диверсности* или проектного многообразия, характерного для технологий создания критического ПО [5]. Использование двух альтернативных методов анализа (ЧФА и ЗСА), а также семантического контроля вывода на знаниях, выполняющего независимую верификацию, обеспечивает повышение достоверности выводов;
- *расширяемости и интегрируемости знаний*, основанных на иерархической организации фреймов;
- *интернационализации*, выражающейся в многоязыковой поддержке;
- *эффективности*, основанной на предварительной компиляции знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Динамическая отработка программного обеспечения бортовых цифровых вычислительных машин систем управления объектов ракетно-космической техники / Я.Е. Айзенберг, А.В. Бек, Ю.М. Златкин, В.П. Каменев, Б.М. Конорев, В.Т. Щербаченко // Космическая наука и технология. – 1997. – Т. 3., № 1/2. – С. 61 - 74.*
2. *Vilkomir S.A. , Kharchenko V.S. "Asymmetric" Approach to the Assessment of SafetyCritical Software During Certification and Licensing // Proceedings of ESCOM-SCOPE 2000 Conference. – Munich, Germany. – 2000, 18-20 April. – P. 467 - 475.*
3. *Vilkomir S.A. , Kharchenko V.S. The Formalized Models of an Evaluation of a Verification Process Of Critical Software // Proceedings PSAM5. – Osaka, Japan. – 2000, November 27 - December 1. – Vol. 4. – P. 2383 - 2388.*
4. *Шостак И.В. Текущее состояние базы знаний в динамических экспертных системах управления сложными объектами // Радиоэлектроника и информатика. – 2000. – № 3. – С. 68 - 81.*
5. *Kharchenko V.S. Multiversion information technologies and reliable projects // Материалы международной научной конференции "Автоматика-2001". – Одесса. – 2001, 10-12 сентября. – Том 2. – С. 73 – 74.*

Поступила 1.07.2002

ХАРЧЕНКО Вячеслав Сергеевич, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой компьютерных систем и сетей Национального аэрокосмического университета "ХАИ", эксперт Государственного научно-технического центра ядерной и радиационной безопасности. В 1974 году окончил ХВВКИУ. Область научных интересов – критические компьютерные технологии и системы, методы и средства обеспечения надёжности, живучести и безопасности.

ШОСТАК Игорь Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры программного обеспечения компьютеризированных систем Национального аэрокосмического университета "ХАИ". В 1983 году окончил Харьковский институт радиоэлектроники. Область научных интересов – искусственный интеллект, теория принятия решений.

МАНЖОС Юрий Семенович, ст. преподаватель кафедры экономики - математического моделирования Национального аэрокосмического университета "ХАИ". В 1984 году окончил Харьковский авиационный институт. Область научных интересов – прикладное программное обеспечение КЛА.