

В.В. Бахтизин, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой программного обеспечения информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники,
Л.А. Глухова, к.т.н., доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Применение метрик сложности при разработке программных средств

Введение

В настоящее время вопросам управления качеством программных средств (ПС) уделяется повышенное внимание. Связано это с бурным ростом применения ПС в различных сферах деятельности человека.

Управление качеством включает в себя планирование качества, обеспечение качества и контроль качества [1]. Таким образом, одной из составляющих разработки ПС с запланированным уровнем качества является контроль, базирующийся на измерении метрик качества в процессе разработки ПС.

Специфическим видом метрик качества ПС являются *метрики сложности*. Особенность данных метрик заключается в том, что они прямо или косвенно влияют на ряд других метрик качества и на большинство характеристик качества ПС. В первую очередь – на надежность, сопровождаемость, эффективность.

Таким образом, одним из путей контроля и достижения требуемого уровня качества ПС является оценка сложности промежуточных продуктов в процессе его разработки, позволяющая управлять дальнейшим выполнением данного процесса.

Процесс разработки и оценка сложности программных средств

В стандарте СТБ ИСО/МЭК 12207-2003 определены следующие *работы процесса разработки ПС* [2]:

1. Подготовка процесса.
2. Анализ требований к системе.
3. Проектирование системной архитектуры.
4. Анализ требований к программным средствам.
5. Проектирование программной архитектуры.
6. Техническое проектирование программных средств.
7. Программирование и тестирование программных средств.
8. Сборка программных средств.
9. Квалификационные испытания программных средств.
10. Сборка системы.
11. Квалификационные испытания системы.
12. Ввод в действие программных средств.
13. Обеспечение приемки программных средств.

Далее по тексту работы процесса разработки будут упоминаться в соответствии с вышеуказанными номерами.

Работы 2, 3, 10, 11 относятся к виду системных работ, поскольку связаны с разработкой системы. Работы 4-9 относятся к виду программных работ, так как связаны непосредственно с разработкой ПС.

Большинство применяемых метрик сложности ПС основывается на структуре программного кода или данных. Поэтому очевидно, что наиболее полная и объективная оценка сложности ПС может быть выполнена по результатам работы 8 процесса разработки. При выполнении данной работы формируется полный программный код ПС, реализуются все взаимосвязи между его модулями.

Однако, чтобы обеспечить возможность управления сложностью ПС, а опосредовано и его качеством, в процессе разработки необходимо выполнять прогноз и предварительную оценку его сложности, начиная с ранних работ данного процесса. На основе этих оценок может быть принято решение о дальнейшей разработке ПС или о повторном выполнении более ранних работ жизненного цикла (ЖЦ) с целью соответствующей переработки их результатов.

В первую очередь это касается ранних работ, относящихся к программному виду:

- работы 4, во время которой разрабатывается спецификация требований к ПС;

- работы 5, при выполнении которой определяются программные компоненты ПС и связи между ними;
- работы 6, в которой формируется модульная структура ПС, разрабатываются интерфейсы между модулями и алгоритмы их работы;
- работы 7, во время которой разрабатывается программный код каждого модуля и выполняется его тестирование.

Очевидно, что каждая из работ процесса разработки ПС предполагает использование своих метрик и основанных на них методик оценки сложности.

Метрики сложности программных средств

Метрики сложности программ принято разделять на *три основные группы* [3]:

- метрики размера программ;
- метрики сложности потока управления программ;
- метрики сложности потока данных программ.

Метрики первой группы базируются на определении количественных характеристик, связанных с размером программы, и отличаются относительной простотой. К наиболее известным метрикам данной группы относятся число операторов программы, количество строк исходного текста, набор метрик Холстеда [3, 4]. Метрики этой группы ориентированы на анализ исходного текста программ. Поэтому они могут использоваться для оценки сложности промежуточных продуктов разработки, начиная с работы 7.

Метрики второй группы базируются на анализе управляющего графа программы. Представителями данной группы являются метрики Маккейба, Майерса, Вудварда, Джилба, метрика граничных значений [3].

Управляющий граф программы, который используют метрики данной группы, может быть построен на основе алгоритмов модулей. Поэтому метрики второй группы могут применяться для оценки сложности промежуточных продуктов разработки, начиная с работы 6.

Метрики третьей группы базируются на оценке использования, конфигурации и размещения данных в программе. В первую очередь это касается глобальных переменных. К дан-

ной группе относятся метрики Овьедо [5], Базили, Чепина, подсчет пена [3].

Большинство метрик этой группы учитывает модульную структуру программы, передачу данных между модулями и ее обработку внутри модулей. Эта информация доступна для анализа уже в работе 6, поскольку при ее выполнении разрабатывается структура программы, интерфейсы между модулями (по ним можно оценить способы и объем передачи данных между модулями) и алгоритмы их работы, по которым легко проанализировать обработку данных внутри модулей.

Таким образом, метрики третьей группы могут применяться для оценки сложности промежуточных продуктов разработки, начиная с работы 6.

Для предварительной оценки сложности ПС по результатам более ранних работ 4, 5 процесса разработки можно использовать *прогнозные метрики*, основанные на статистических данных предприятия. В соответствии с требованиями стандарта СТБ ИСО/МЭК 12207-2003 [2] вся информация, касающаяся проекта разработки системы или ПС, по его завершении должна сдаваться в архив и храниться в базе данных предприятия-разработчика. Это касается и результатов оценок промежуточных и конечного продуктов процесса разработки, в том числе значений метрик их качества и сложности, достигнутых при этом уровней характеристик и подхарактеристик качества ПС и выявленных степеней влияния конкретных метрик на качество ПС. В результате на предприятии-разработчике накапливается статистическая информация по различным аспектам проектов разработки.

С учетом вышесказанного для предварительной оценки сложности ПС по результатам работы 4 процесса разработки может быть использована метрика прогнозируемого числа операторов $N_{\text{прогн}}$ программы:

$$N_{\text{прогн}} = NF \cdot N_{\text{ед}} \quad (1)$$

где NF – количество функций или требований в спецификации требований к разрабатываемому ПС; $N_{\text{ед}}$ – единичное значение количества операторов (среднее число операторов, приходящихся на одну среднюю функцию или требование). Значение $N_{\text{ед}}$ может быть взято из статистических данных

предприятия-разработчика, накопленных по результатам предыдущих проектов.

Для предварительной оценки сложности ПС по результатам работы 5 может быть использована, например, метрика сложности интерфейсов компонентов ПС, которую можно рассчитать по формуле:

$$C_{и} = \frac{NI}{NF \cdot NI_{ед} \cdot K_{сл}} , \quad (2)$$

где NI – общее количество переменных, передаваемых по интерфейсам между компонентами ПС; $NI_{ед}$ – единичное значение количества переменных, передаваемых по интерфейсам между компонентами (среднее число передаваемых по интерфейсам переменных, приходящихся на одну среднюю функцию или требование); $K_{сл}$ – коэффициент сложности разрабатываемого ПС. $K_{сл}$ учитывает рост единичной сложности ПС (сложности, приходящейся на одну функцию или требование спецификации требований к ПС) для больших или сложных ПС по сравнению со средним ПС. Под средним ПС в данном случае понимается усредненное по сложности ПС из множества разработанных ранее предприятием-разработчиком. Значение $K_{сл}$ следует брать с учетом статистических данных предприятия-разработчика, накопленных по результатам предыдущих проектов, и характеристик разрабатываемого ПС, в том числе прогнозируемого числа операторов $N_{прогн}$ (см. выражение (1)). Значение $NI_{ед}$ может быть взято из статистических данных предприятия-разработчика.

Интегральная оценка сложности программных средств

Очевидно, что различные метрики отражают различные аспекты сложности ПС. Для всестороннего учета данных аспектов при оценке ПС желательно применять не одну метрику сложности, а их совокупность. Известно, что чем более раннее положение занимает работа ЖЦ в процессе разработки ПС, тем большее влияние оказывают погрешности ее выполнения на качество конечного продукта. В этой связи наиболее актуально применять достаточно большие совокуп-

ности метрик сложности на ранних работах процесса разработки, и в первую очередь, в работах 6, 7.

В последующих работах значения метрик фактически уточняются. Поэтому с целью сокращения затрат, связанных с оценкой качества ПС, в данных работах можно использовать выборочный контроль сложности ПС по наиболее показательным метрикам. К таким метрикам можно отнести, например, метрики, имеющие наихудшие значения при предыдущих оценках, и метрики, оказывающие наибольшее влияние на качество ПС. Последняя информация может быть взята из статистических результатов предыдущих проектов.

При применении в работах процесса разработки наборов метрик сложности возникают две проблемы. Во-первых, оценка частных аспектов сложности продукта по полученным значениям отдельных метрик. Во-вторых, интегральная оценка сложности продукта в данной контрольной точке (КТ), т.е. в точке ЖЦ, в которой запланирована оценка результатов некоторой работы. При этом следует учесть, что различаются как смысловые значения метрик, так и единицы их измерения.

Для определения удовлетворительности или неудовлетворительности достигнутого уровня отдельных компонентов сложности ПС может быть использовано ранжирование полученных значений метрик, т.е. их приведение к относительно-му диапазону:

$$C_{\text{ютн}} = \frac{C_i}{C_{\text{баз}}} , \quad (3)$$

где C_i – рассчитанное значение i -й метрики сложности; $C_{\text{ютн}}$ – проранжированное относительное значение i -й метрики сложности; $C_{\text{баз}}$ – базовое значение i -й метрики сложности. В качестве $C_{\text{баз}}$ может быть взято статистическое значение i -й метрики сложности в данной КТ:

$$C_{\text{баз}} = NF \cdot C_{\text{ед}} \cdot K_{\text{сл}} . \quad (4)$$

Здесь $C_{\text{ед}}$ – единичное базовое значение i -й метрики сложности в данной КТ, приходящееся на одну среднюю функцию (или среднее требование) спецификации требований к среднему ПС. Значение $C_{\text{ед}}$ следует брать из статистических данных предыдущих проектов.

Если при оценке сложности результата некоторой работы процесса разработки получено значение метрики $C_{\text{ЮТН}}$, близкое или меньшее единицы, то можно сделать вывод об удовлетворительном уровне сложности данного результата по анализируемой метрике. При значении $C_{\text{ЮТН}}$, значительно превышающем единицу, возможно, следует выполнить предыдущую работу (или работы) процесса разработки заново. При этом следует учитывать смысловое содержание неудовлетворительной метрики, чтобы откорректировать соответствующие стороны анализируемого продукта.

Для определения влияния конкретных значений отдельных метрик на общую сложность ПС, может быть выполнена интегральная оценка сложности. Возможны два варианта интегральной оценки.

Если отсутствует априорная информация о влиянии результатов конкретной метрики на общую сложность промежуточного или конечного продукта, то интегральную относительную сложность $C_{\text{ОТН}}$ ПС можно определить как среднее арифметическое относительных результатов всех метрик в данной КТ:

$$C_{\text{ОТН}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M C_{\text{ЮТН}} \quad (5)$$

Здесь M – количество метрик, используемых при оценке сложности в данной КТ.

При наличии статистической информации о степени влияния значений конкретных метрик на интегральную сложность ПС последняя может быть определена как средневзвешенная сумма полученных значений метрик:

$$C = \sum_{i=1}^M (V_i \cdot C_i), \quad (6)$$

где V_i – вес i -й метрики сложности, причем

$$\sum_{i=1}^M V_i = 1. \quad (7)$$

Накопление статистической информации по значениям интегральной сложности ПС и отдельных ее компонентов, а также полученным при этом уровням метрик и характерис-

тик качества ПС может послужить основой для управления сложностью и качеством ПС в последующих проектах. Например, если полученное в некоторой КТ разрабатываемого проекта значение относительной интегральной сложности ПС меньше базовой сложности ПС для данной КТ (взятой из статистической информации предыдущих проектов) или близко к ней, то можно сделать вывод о приемлемой сложности промежуточного продукта. В противном случае может появиться необходимость повторного выполнения соответствующих работ процесса разработки.

Заключение

В ходе проведенных исследований проанализированы возможности использования метрик сложности ПС в работах стандартного процесса разработки. Рассмотрен подход к оценке интегральной сложности ПС и ее отдельных компонентов, который может служить основой управления процессом разработки ПС по критерию сложности. При этом основополагающее значение имеет ведение предприятием разработчиком базы данных, в которой накапливается информация по всем аспектам выполненных проектов.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 16326-2002. Программная инженерия. Руководство по применению ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 при управлении проектом.
2. СТБ ИСО/МЭК 12207-2003. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств.
3. Изосимов А.В., Рыжко А.Л. Метрическая оценка качества программ. – М.: МАИ, 1989.
4. Холстед М. Начала науки о программах. – М.: Финансы и статистика, 1981.
5. Oviedo E.J. Control flow, data flow and program complexity. – Proc. IEEE COMPSAC. – Chicago, IL, Nov. 1980. – pp. 146-152.

