

УДК 681.142

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

*Приведена система показателей качества программного обеспечения автоматизированных систем управления войсками. Это позволяет количественно оценить различные варианты создаваемых систем, а также выбрать для существующих систем наиболее эффективные способы применения.*

**Ключевые слова:** программное обеспечение, база данных, поисковая система, информационно-расчетная задача.

### Введение

**Постановка проблемы.** Боевой опыт применения вооруженных сил показывает: без высокоэффективной системы управления войсками и оружием рассчитывать на успех не приходится [1]. Эффективность автоматизированных систем управления войсками (АСУВ) определяется во многом оперативностью и качеством управления. На современном этапе развития аппаратных средств можно считать, что основное влияние и на оперативность, и на качество управления оказывает программное обеспечение (ПО) АСУВ. Поэтому обоснование показателей качества ПО является актуальной задачей, решение которой дает возможность количественно оценить различные варианты создаваемых АСУВ, а также выбрать наиболее эффективные способы применения существующих таких систем.

**Анализ литературы.** На сегодняшний день в основу построения АСУВ положены сетевые технологии [2]. Как правило, основное внимание при определении их качества уделяется аппаратным средствам. Хотя свойства таких систем во многом определяются имеющимся ПО [3]. При рассмотрении свойств ПО речь ведется в основном на уровне качественных показателей.

**Целью статьи** является обоснование ряда количественных показателей, характеризующих свойства ПО АСУВ, что, в свою очередь, позволяет проводить оценку эффективности применения АСУВ в целом.

### Основной материал

Основным назначением ПО АСУВ является реализация системы поддержки принятия решений командиром при ведении боевых действий. Поддержка принятия решений подразумевает широкое использование различного рода информационно-расчетных задач (ИРЗ).

Необходимые при этом исходные данные будут являться элементами информационного поля пункта управления. Физическая реализация информационного поля представляется в виде базы данных (БД)

под управлением системы управления базой данных (СУБД). Поэтому, говоря о свойствах, определяющих качество ПО АСУВ, следует выделить показатели, которые характеризуют качество СУБД и информации, хранящейся в БД, а так же показатели качества используемых ИРЗ в боевых алгоритмах управления войсками при ведении боевых действий.

Под качеством программного средства понимается совокупность свойств программного средства (ПС), которые обуславливают его пригодность удовлетворять заданные или подразумеваемые потребности в соответствии с его назначением [4]:

К общим свойствам качества программного средства можно отнести:

- функциональность программного средства – совокупность свойств ПС, определяемая наличием и конкретными особенностями набора функций, способных удовлетворять заданные или подразумеваемые потребности качества наряду с ее надежностью как технической системы;
- удобство использования программного средства – совокупность свойств ПС, характеризующая усилия, необходимые для его использования, и оценку результатов его использования заданным кругом пользователей ПС;
- эффективность программного средства – совокупность свойств ПС, характеризующая аспекты его уровня пригодности, которые связаны с характером и временем использования ресурсов, необходимых при заданных условиях функционирования;
- сопровождаемость программного средства – совокупность свойств ПС, характеризующая усилия, которые необходимы для его модификации. Модификация, может осуществляться для устранения дефектов, усовершенствования ПС или его адаптации к изменениям в условиях функционирования, а также в составе и особенностях требуемых функций;
- мобильность программного средства – совокупность свойств ПС, характеризующая приспособленность для переноса из одной среды функционирования в другие;

- надежность программного средства – совокупность свойств, характеризующая способность программного средства сохранять заданный уровень пригодности в заданных условиях в течение заданного интервала времени и др.

Для оценивания приведенных выше свойств, как правило, используется классификационная шкала, которая характеризует только наличие рассматриваемого свойства или признака у программы без учета градации по численным значениям.

Отметим, что для оценки свойств ПС в составе АСУВ крайне необходимо использовать такие характеристики (показатели) свойств, предлагаемых ПС, которые позволяют с использованием различного рода метрических шкал получать их численные значения.

Рассмотрим показатели качества системы управления базой данных.

Отметим, что поиск требуемой информации в БД осуществляется двумя способами. Первый - по результату запроса предоставляется непосредственно требуемая информация. Такие системы относятся к фактографическим информационно-поисковым системам (ФИПС). Второй - по результату запроса предоставляется перечень документов, в которых содержится требуемая информация. Такие системы называются документальные информационно-поисковые системы (ДИПС) [5].

Для оценки непосредственно доступа к информации БД представим ФИПС как одноканальную СМО с ограниченной очередью [6], потому, что реально в каждый момент времени с БД работает только один пользователь (обслуживается только одна заявка). Длина очереди определяет виртуальную возможность такому количеству пользователей обращаться к БД одновременно.

Введем обозначения:  $m$  – длина очереди;  $\lambda$  – интенсивность входного потока;  $\mu$  – интенсивность обслуживания (для одного канала);  $\rho = \lambda / \mu$ .

Тогда в качестве показателей определим:

- вероятность нахождения системы в свободном состоянии

$$p_0 = (1 - \rho) / (1 - \rho^{m+2}); \quad (1)$$

- вероятность отказа в обслуживании

$$p_{i \text{ } \delta} = ((1 - \rho) / (1 - \rho^{m+2})) \cdot \rho^{m+1}; \quad (2)$$

- относительная пропускная способность

$$q = 1 - ((1 - \rho) / (1 - \rho^{m+2})) \cdot \rho^{m+1}; \quad (3)$$

- абсолютная пропускная способность

$$A = \lambda \cdot q; \quad (4)$$

- среднее число заявок в системе

$$L_S = \frac{\rho \cdot [1 - (m + 2) \cdot \rho^{m+1} + (m + 1) \cdot \rho^{m+2}]}{(1 - \rho) \cdot (1 - \rho^{m+2})}; \quad (5)$$

- среднее время ожидания заявки в системе

$$T_S = L_S / (\lambda \cdot (1 - p_{i \text{ } \delta})); \quad (6)$$

- среднее время пребывания заявки в очереди

$$T_0 = T_S - 1 / \mu. \quad (7)$$

Документальные информационно-поисковые системы, как уже отмечалось, предусматривают в качестве ответа на запрос пользователя перечень документов, содержащих нужную информацию. Можно сказать, что ДИПС есть хранилище документов с инструментарием поиска и отбора необходимых документов. Соответствие найденных документов информационным потребностям пользователя называется pertinентностью (это скорее качественное понятие). Соответствие же найденных документов запросу пользователя называется релевантностью, то есть релевантность характеризует сам запрос.

Пусть:  $C$  – число pertinентных документов в системе;  $A$  – число найденных pertinентных документов;  $L$  – число документов, выданных по запросу. Введем для ДИПС следующие показатели:

- полнота информационного поиска

$$R = A / \tilde{N}; \quad (8)$$

- точность информационного поиска

$$P = A / L; \quad (9)$$

- коэффициент информационного шума

$$k = L - A / L. \quad (10)$$

Введенные показатели позволяют количественно оценить информационные возможности рассматриваемой системы.

Обоснуем показатели, характеризующие качество информации БД. Современные СУБД, как правило, реализуют реляционную модель данных (или дают возможность виртуального представления физической БД в виде реляционной модели), которая предусматривает построение БД в виде таблиц.

Каждому реальному объекту соответствует объект (запись) БД как некая его информационная модель [7]. Соответственно, каждому параметру реального объекта поставлено в соответствие поле записи БД. Каждый параметр объекта характеризуется вполне определенным показателем – периодом обновления информации.

Отметим, что использование значения параметра, у которого период обновления превышен, крайне не желательно. Устаревшая информация является источником ошибок различных вычислений, а также увеличивает степень риска при принятии решений. В [7], с учетом периодов обновления записей БД, обоснованы показатели, характеризующие качество информации БД АИС.

Запись БД состоит из ряда полей, содержащих некоторую информацию. Каждое поле записи может находиться в двух состояниях:

- на текущее время информация, хранящаяся в поле, обновлена - время ее обновления не наступило;

- на текущее время, информация, хранящаяся в поле, устарела – период ее обновления прошел.

Объект, представленный записью в БД, имеющей  $n$  полей, может находиться в  $2^n$  состояниях.

Тогда показателем, отражающим качество информации об  $i$ -ом объекте, может выступать энтропия как неопределенность его состояния.

$$H_i = \sum_{j=1}^n P_j \cdot \log \frac{1}{P_j}, \quad (11)$$

где  $P_j$  – вероятность нахождения объекта в возможном  $j$ -м состоянии.

Учитывая аддитивность энтропии, общая неопределенность БД, отражающая качество хранящейся в ней информации

$$H_{\text{БД}} = \sum_{i=1}^m H_j. \quad (12)$$

Каждой информационно-расчетной задаче или принятию решения с использованием информации БД можно поставить в соответствие частный показатель достоверности информации  $d_z$ , как суммы энтропий используемых объектов.

$$d_z = \sum_{j=1}^k H_j, \quad (13)$$

где  $k$  – число используемых объектов БД;  $H_j$  – энтропия  $j$ -го объекта.

При малых значениях энтропии по значению вероятностей нахождения объекта в крайних состояниях можно с достаточной степенью уверенности судить о практической целесообразности использования данной информации. Во всех же других случаях использование информации должно проводиться с учетом выполнения требования, которое заключается в обеспечении минимального значения частного показателя достоверности.

Далее обоснуем вероятностные показатели качества информации в БД с учетом случайного характера ее обновления [8]. Пусть записи БД имеют  $N$  полей. Рассмотрим  $i$ -ое поле записи. Представим интервалы обновления этого поля как случайные величины  $T_{oi}$  (рис. 1). Сделаем допущение, что интервалы обновления образуют простейший поток событий с интенсивностью  $\lambda_i$ .

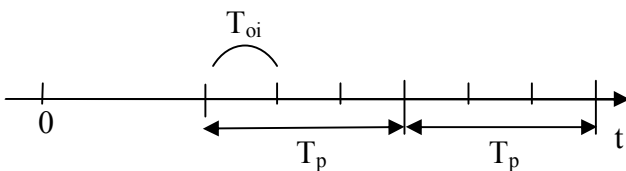


Рис. 1. Интервалы обновления  $T_p$  – фиксированы

При функционировании системы в постоянной готовности можно сделать допущение, что времена решения задач с использованием информации из БД строго фиксированы, т.е. интервалы  $T_p$  постоянные (характерно для постоянной готовности, когда зада-

чи решаются в фиксированные времена согласно таблице донесений). С учетом того, что поток  $T_{oi}$  простейший вероятность хотя бы одного обновления на интервале  $T_p$

$$P_{i(>1)} = 1 - e^{-\lambda_i \cdot T_p}. \quad (14)$$

Тогда для записи в целом можно ввести обобщенный показатель – вероятность обновления записи

$$P_z = \prod_{i=1}^N P_{i(>1)}. \quad (15)$$

Отметим, что конъюнктивная форма обобщенного показателя при достаточно большом  $N$  имеет низкую чувствительность.

При большом количестве полей в записи имеет смысл обобщенный показатель представить в дизъюнктивной форме. Для этого рассмотрим простейший поток  $T_{oi}$ . Математическое ожидание  $T_{oi}$  равно

$$M[T_{oi}] = 1 / \lambda_i. \quad (16)$$

Введем характеристическую переменную

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если } M[T_{oi}] < T_p, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (17)$$

Математическое ожидание  $x_i$  равно

$$X_i^* = P_{i(>1)}. \quad (18)$$

Введем обобщенный показатель – приведенный уровень обновления записи, который отражает уровень согласованности периодов обновления полей записи

$$x_z = \sum_{i=1}^N x_i^* / N. \quad (19)$$

$x_z$  лежит в пределах  $0 - 1$ , где единице соответствует полная согласованность периодов обновления, т.е. к моменту времени решения задачи все поля обновлены.

Рассмотрим случай, когда  $T_p$  являются по своей природе случайными (рис. 2), то есть речь идет об использовании информации из БД в период ведения боевых действий. Выше было сделано допущение, что интервалы обновления полей записи есть случайные и образуют простейший поток - как вид потока Пальма.

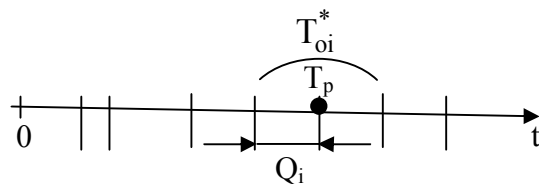


Рис. 2. Интервалы обновления  $T_p$  – случайные

Тогда, интервалы обновления поля записи  $T_{oi}^*$ , на которые попадает случайная точка  $t_p$  (момент решения задачи), являются случайными и имеют математическое ожидание

$$M[T_{oi}^*] = M[T_{oi}] + D[T_{oi}] / M[T_{oi}]. \quad (20)$$

$$\text{где } M[T_{oi}] = 1/\lambda_i, D[T_{oi}] = 1/\lambda_i^2. \quad (21)$$

В свою очередь математическое ожидание интервалов  $Q_i$  выражается как

$$M[Q_i] = M[T_{oi}^*]/2. \quad (22)$$

Рассмотрим показатели качества ИРЗ. Качество ИРЗ, как специального программного обеспечения (СПО), определяется в первую очередь соблюдением ГОСТов, использованием лицензионных продуктов (систем программирования) при их разработке, а также привлечением к разработке данного СПО организаций, имеющих лицензию на выполнение такого рода работ.

Основное назначение ИРЗ заключается в автоматизации работы номеров боевых расчетов при ведении боевых действий. Каждая ИРЗ согласуется с конкретными боевыми алгоритмами, выполняемыми номерами боевых расчетов. Какой же вклад внесла данная ИРЗ в процесс минимизации времени выполнения конкретного боевого алгоритма? Для количественной оценки такого вклада введем коэффициент автоматизации для каждой ИРЗ, привязав ее к боевому алгоритму:

$$K_{av} = (T_p - T_{av})/T_p, \quad (23)$$

где  $T_p$  – время выполнения боевого алгоритма без использования ИРЗ,  $T_{av}$  – время выполнения боевого алгоритма с использованием ИРЗ.

Данный коэффициент лежит в пределах от нуля до единицы, т.е. нуль при полном отсутствии автоматизации ( $T_{av} = T_p$ ) и единица – при практически мгновенном выполнении боевого алгоритма ( $T_{av}$  стремится к 0).

Ценность каждой ИРЗ можно определить, оценив ее востребованность при боевой работе. Поэтому целесообразно для каждой ИРЗ ввести коэффициент полезности как

$$K_p = N_z/N, \quad (24)$$

где  $N_z$  – количество боевых алгоритмов, использующих данную ИРЗ,  $N$  – общее количество боевых алгоритмов, выполняемых номерами боевого расчета. Этот коэффициент может принимать значения в диа-

пазоне 0 – 1. Нуль, когда данная ИРЗ вообще не используется номерами боевого расчета, и единица, когда ИРЗ применяют во всех боевых алгоритмах.

## Вывод

Приведена и обоснована система показателей качества программного обеспечения автоматизированных систем управления войсками. Это позволяет провести оценку различных вариантов создаваемых систем, а также выбрать для существующих наиболее эффективные способы применения. Направление дальнейших исследований – создание соответствующей имитационной модели.

## Список литературы

1. В.М. Барыкин. Проблемы развития систем управления на современном этапе / В.М. Барыкин // Военная мысль. – 1996. – № 4. – С. 29 – 32.
2. Таненбаум Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2008. – 992 с.
3. Олифер В. Сетевые операционные системы: учебник для вузов. 2-е изд. / Олифер В., Олифер Н. – СПб.: Питер, 2008. – 992 с.
4. Кирянчиков В.А. Качество и надежность программного обеспечения / В.А. Кирянчиков, Э.А. Опалева. – СПб.: ЛЭТИ, 2002. – 86 с.
5. Н.А. Гайдамакин. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. Вводный курс / Н.А. Гайдамакин. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 120 с.
6. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1980. – 549 с.
7. Звиглянич С.Н. Обоснование показателей качества информации баз данных автоматизированной информационной системы / С.Н. Звиглянич // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вып. 7 (47). – С. 34 – 39.
8. Звиглянич С.Н. Выбор вероятностных показателей качества информации баз данных автоматизированной информационной системы / С.Н. Звиглянич // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вып. 1 (50). – С. 132 – 137.

Поступила в редколлегию 8.04.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ

С.М. Звіглянич, М.П. Ізюмський

Приведена система показників якості програмного забезпечення автоматизованих систем управління військами. Це дозволяє кількісно оцінити різні варіанти створюваних систем, а також вибрати для існуючих систем найбільш ефективні способи застосування.

**Ключові слова:** програмне забезпечення, база даних, пошукова система, інформаційно-розрахункове завдання.

## INDEXES OF QUALITY OF AN AUTOMATED CONTROL THE SYSTEM BY TROOPS SOFTWARE

S.N. Zviglianich, N.P. Izyumskiy

The system of indexes of quality of an automated control the system by troops software is resulted. It allows in number to estimate the different variants of the created systems, and also to choose the most effective methods of application for the existent systems.

**Keywords:** software, database, searching system, information-computing task.