

УДК 629.07.018:681.518.03

В.Д. Проненко, Н.А. Максимов, Д.П. Синча

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТАННОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА, ИСПОЛЬЗУЮЩЕГО ПОИСК ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В БАЗЕ ДАННЫХ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Предложен подход к оценке эффективности программного комплекса (ПК) информационной системы, базирующегося на поиске визуальной информации в базе данных (БД) при принятии решений (ПР) по состоянию наблюдаемой зоны ответственности или в результате её мониторинга. Проведены анализ нормативных документов по выбору показателей качества программных средств (ПС), их оценки и экспериментальное моделирование при тестировании производительности основных составляющих ПК.

***Ключевые слова:** эффективность, программный комплекс, поиск визуальной информации, принятие решений, качество программных средств, экспериментальное моделирование, тестирование производительности, статистические методы анализа.*

Введение. Цель работы – показать возможность и правомерность оценки эффективности разрабатываемого ПК поддержки ПР по визуальным данным на основе статистических методов анализа и планирования эксперимента при тестировании его ПС на работоспособность и соответствие ТЗ.

Структура показателей качества программного комплекса (ПК) и сами показатели определены требованиями конкретного ТЗ на проектирование ПС, соответствующими стандартам и нормативным документам, устанавливающим стадии разработки алгоритмов, программного обеспечения и БД, а также требованиям к их оценкам. Анализ международных стандартов [1] и отечественных нормативных документов (ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 “Информационная технология. Оценка программной продукции, характеристика качества и руководство по их применению”; ГОСТ Р ИСО/МЭК 14598:1-6:1998-2000 “Информационная технология. Методология и стандартизация оценки характеристик качества ПС”; ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119:2000 “Информационная технология. Пакеты ПС. Требования к качеству и испытания”; ГОСТ 28195-89 “Оценка качества ПС. Общие положения”) показал, что они почти не содержат каких-либо рекомендаций по выбору и применению показателей качества, а для большинства показателей отсутствуют методики их оценки и сравнения с установленными требованиями. Аналогичные выводы

получены и в работе [2].

Обычно при оценке ПС и ПК под эффективностью понимают производительность работающих с ним пользователей при решении функциональных задач, с учетом используемых вычислительных ресурсов в установленных ТЗ условиях. Для обеспечения оценки качества ПК, разработанного комплекса поддержки ПР по результатам обработки видеоданных многоспектральных и гиперспектральных систем наблюдений [3], исследованы возможности применения статистических методов (дисперсионного, регрессионного, факторного и корреляционного анализов) и теории планирования эксперимента в рамках экспериментального моделирования с применением статистических графических пакетов StatGraphics v.5.0.1 и v.XV.1.02. Оценка факторов, влияющих на эффективность ПК при адекватно выбранной модели качества, проводилась с помощью анализа коэффициентов регрессии, влияющих на это качество.

Рассмотренными выше стандартами рекомендован следующий набор основных характеристик (показателей) качества ПК: функциональная пригодность, надежность, применимость, эффективность, переносимость и сопровождаемость, которые, в свою очередь, детализируются ещё несколькими десятками показателей, такими как: корректность, удобство применения, универсальность, модульная надёжность или производительность и т.п. Для обеспечения качества разрабатываемого ПК ранее указан-

ными регламентирующими документами также предусмотрено как функциональное тестирование, так и тестирование производительности на всех циклах разработки. В данной работе было проведено функциональное тестирование модулей разработанных ПС, которое включало в себя: тестирование функциональности, корректности, надежности, активности БД, запросов и транзакций, выявление узких мест и неудачных транзакций (анализ операций над БД). При таком тестировании определялись временные профили, отражающие время, затрачиваемое различными модулями ПК на выполнение основных операций. Предложенный регрессионный анализ достаточно хорошо вписывается в итерационный процесс тестирования, проводимый на протяжении всей разработки ПК. При этом представляется возможность создавать соответствующие БД на этапах разработки ПК, что позволяет обеспечивать контроль за его качеством как в процессе аттестации, так и дальнейшей модификации. Ряд показателей качества, такие как практичность и мобильность определяются экспертными методами и выражаются в баллах, но их можно оценивать и экономическими показателями: трудоемкостью, стоимостью, временными затратами и т.п.

При тестировании производительности проводились нагрузочные тестирования, тестирование конфликтов, расширяемости и сетевого трафика. Необходимо особо отметить, что обобщенная оценка эффективности ПК как соотношение полученных "доходов" к затратам не всегда приемлема. Не приемлема она и в нашем случае. К другой особенности данной работы следует отнести то положение, что в качестве входных обрабатываемых данных при тестировании ПС в рамках экспериментального моделирования используется унифицированный цифровой вектор состояния, который является управляемым и контролируемым параметром, а следовательно, позволяющим экспериментально выделить показатели качества, влияющие на выходную измеряемую переменную.

Для одного из рассмотренных вариантов моделирования оценки эффективности ПК при тестировании фигурировали следующие факторы: *A* - оценка достоверности исходных данных (информативно важных объектов распознавания - ИВОР); *AI* - приоритетность ИВОР (номер ранжирования, показатели приоритетности); *B* - размерность входного вектора состояния, используемого при ПР; *BI* - размерность обобщенного символа приоритетности входного вектора состояния; *C* - коэффициент зашумленности объекта распознавания [4]; *CI* - время поиска

визуальной информации в БД; *D* - активность БД; *DI* - коэффициент масштабирования анализируемого изображения; *E* - время ПР; *F* - количество модулей ПК, участвующих в ПР; *G* - оценка надежности ПК при различной нагрузке и т.п. В этом случае как функция отклика рассмотрена оценка информационной производительности ПК - *Var_1* (среднее количество правильно принятых решений на фиксированном временном интервале) [5]. Дисперсионный, регрессионный и факторный анализы проводились последовательно для трёхуровневых четырёхфакторных планов экспериментов при тестировании в рамках экспериментального моделирования с исследованием различных возможных наборов вышеуказанных факторов.

Некоторые полученные результаты анализа представлены в дисперсионной таблице 1.

Таблица 1 - Analysis of Variance for Var_1

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
B:Factor_B	11,5371	1	11,5371	0,15	0,7004
C:Factor_C	0,99498	1	0,99498	0,01	0,9100
D:Factor_D	10,6022	1	10,6022	0,14	0,7122
BB	39,7058	1	39,7058	0,51	0,4761
BC	0,694444	1	0,694444	0,01	0,9247
BD	0,765625	1	0,765625	0,01	0,9210
CC	0,295104	1	0,295104	0,00	0,9509
CD	0,0802778	1	0,0802778	0,00	0,9744
DD	0,0478886	1	0,0478886	0,00	0,9802
Lack-of-fit	735,074	17	43,2396	0,56	0,9060
Pure error	4241,24	55	77,1134		
Total (corr.)	5042,12	81			

In this case, 0 effects have P-values less than 0,05, indicating that they are significantly different from zero at the 95,0% confidence level. Since the P-value for *lack-of-fit* in the ANOVA table is greater or equal to 0,05, the model appears to be adequate for the observed data at the 95,0% confidence level.

In this case, the fitted regression model is $Var_1 = 19,3095 + 0,462222Factor_B - 0,135741Factor_C + 0,439308Factor_D - 1,46824Factor_B*Factor_B + 0,138889Factor_B*Factor_C + 0,145833Factor_B*Factor_D - 0,126578Factor_C*Factor_C + 0,0472222*Factor_C*Factor_D - 0,0514331Factor_D*Factor_D$

По результатам применения теста «*Lack-of-fit*» можно судить, что на уровне значимости $p = 0.05$ нелинейная регрессионная модель второго порядка представляется адекватной для описания исследуемой функции отклика.

Ниже на рисунках 1-4 представлены графические зависимости влияния основных линейных и смешанных факторов на целевую функцию, результаты Парето анализа на незначимость факторов, вид поверхности функции отклика и её контурный график.

На карте Парето (рисунок 1) видно, что ряд факторов *B/C/D/BB/BD/BC/CC/CD/DD* могут считаться значимыми, т.к. не пересекают

вертикальную линию, которая представляет 95% тест для выявления незначимости анализируемых факторов.

Анализ линейных и смешанных факторов (рисунки 2 и 3) показывает, что факторы **C** и **D** имеют противоположные корреляции.

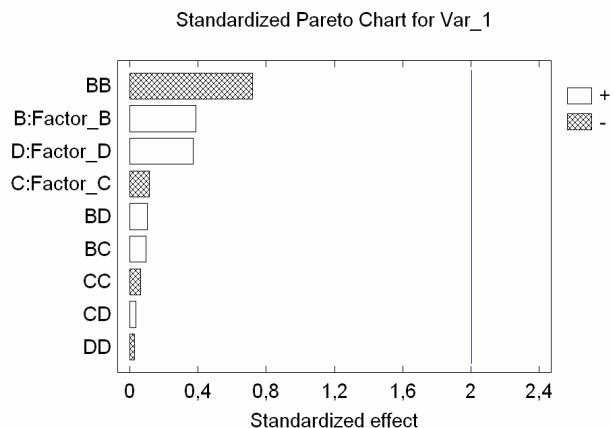


Рисунок 1 - Парето-карта для переменной Var_1

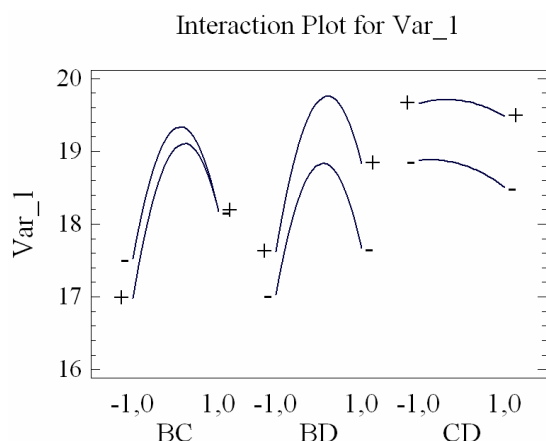


Рисунок 2 - Влияние смешанных факторов на целевую функцию

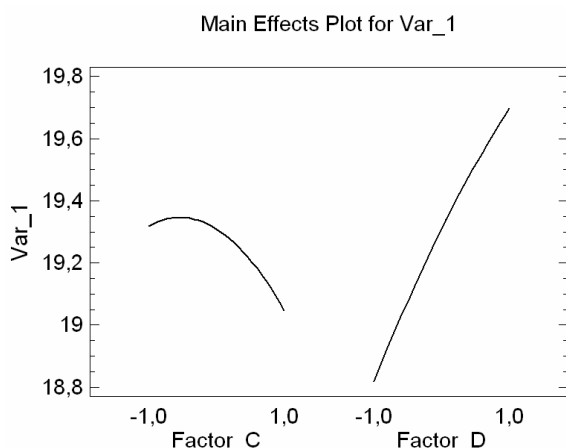


Рисунок 3 - Графические зависимости влияния значимых линейных факторов на целевую функцию

В соответствии с рисунком 4 контурный график свидетельствует, что минимальная ин-

формационная производительность ПК наблюдается, когда фактор **B** находится между $-0.2 \div 0.2$ и при условии, что фактор **C** в диапазоне $-1.0 \div 1.0$.

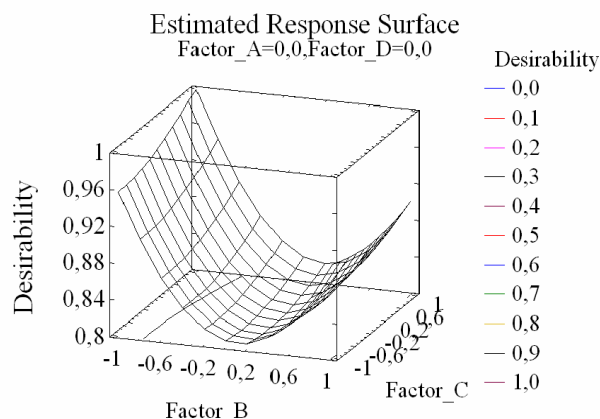


Рисунок 4 - Поверхность функции отклика и её контурный график

Заключение. Таким образом, по результатам проведенного экспериментального моделирования статистических взаимосвязей выходной и входных переменных при тестировании ПК были определены необходимые рекомендации по аппаратно-техническим средствам, использование которых позволяет сформировать ПК требуемой эффективности. Так, в рамках приведенного выше варианта моделирования в качестве рекомендаций выработаны требования о необходимости введения в анализ факторов, учитывающих вид аффинного преобразования и редукцию исходного изображения в ходе обработки данных для формирования программной поддержки ПР [6] и учёта показателей переносимости и мобильности ПС, участвующих в ПК.

Данные экспериментальные исследования выполнены при поддержке РФФИ по проектам 07-08-00261-а и 09-08-00689-а.

Библиографический список

1. Международные стандарты ИСО серии 9000 и 10000 на системы качества: версии 1994 г. – М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. Баутов А. Н. Оценка факторов, влияющих на качество программных продуктов // СЮ – Директор информационной службы. № 5 и 6. 2001.
3. Максимов Н.А., Проненко В.Д. Анализ методов обработки видеоданных многоспектральных и гиперспектральных систем наблюдений // Труды Российско-Китайской международной конференции по проектированию аэрокосмической техники. - М.: Изд-во «Информиздат», 2007.
4. Протасов В.И., Максимов Н.А., Потапова З.Е., Синча Д.П. Квазиассоциативный поиск цифровых снимков в больших базах данных. Вестник московского авиационного института. 2008. Т. 15. №4.

5. *Проненко В.Д.* Кодирование, коммутация и сжатие данных в ИС: уч. пособие. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008.

6. *Есакова О.И., Проненко В.Д.* Программная поддержка принятия решений для оператора информационной системы по анализу состояния — С. 91–95.

объектов её зоны ответственности // Труды XV международного научно-технического семинара «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации», г. Алушта. - М.: Изд-во МАИ, 2006.