

УДК 004.891

А.В. Ахаев

Алгоритм оценивания функционального наполнения программных продуктов на основе нечеткого логического вывода

Предложен алгоритм оценивания функционального наполнения программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» с использованием шкалы Харрингтона. Расчет интегральной оценки осуществляется на основе нечеткого логического вывода. Предложены варианты выбора программных продуктов по интегральной оценке. Проведен эксперимент.

Ключевые слова: интегральная оценка, программные продукты, нечеткий вывод, шкала Харрингтона.

Постановка задачи. На рынке программного обеспечения для предприятий различных отраслей и типов собственности представлено довольно много специализированных программных продуктов (ПП). Компания «1С» и ее партнеры более 20 лет разрабатывают такие ПП. Постоянное увеличение количества продуктов системы «1С:Предприятие 8» требует разработки алгоритмов отбора оптимального варианта для покупателя, ведения постоянного мониторинга с последующим включением в отбор. На данный момент таких продуктов насчитывается около 2000 [1].

В сети Интернет имеются различные сервисы, способные отобрать набор ПП по различным характеристикам [2]. Однако такие сервисы не предоставляют возможности анализировать программные продукты по функциональному наполнению с целью выбора наиболее подходящего варианта.

Таким образом, актуальна потребность в разработке алгоритма для отбора конкретной программы. В данной статье предложен алгоритм оценивания функционального наполнения ПП, при помощи которого осуществляется такой отбор.

Алгоритм оценивания функционального наполнения программных продуктов. Программные продукты системы «1С:Предприятие 8» обладают набором качественных и количественных характеристик. Предлагается пересчитывать характеристики в числовые значения, а затем вместо простого сравнения обрабатывать эти значения для получения интегральной оценки функционального наполнения ПП. Алгоритм состоит из следующих этапов:

- 1) формирование частных оценок характеристик ПП и установление шкал измерения для них;
- 2) нормирование частных оценок характеристик с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона. Приведение к единой универсальной шкале;
- 3) расчет интегральной оценки на основе системы нечеткого вывода.

Для программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» интегральные оценки рассчитываются по предлагаемому алгоритму. На входе алгоритма – экспертные оценки функциональных возможностей ПП, на выходе – интегральная оценка.

Для получения и обработки количественными методами качественной информации могут использоваться вербально-числовые шкалы, в состав которых входят содержательно описываемые наименования ее градаций и соответствующие им количественные значения или числовые интервалы [3]. Широкое распространение получила вербально-числовая шкала Харрингтона (табл. 1) [3].

Таблица 1

Вербально-числовая шкала Харрингтона

№	Наименование градации	Числовые интервалы	Количественное значение
1	Очень низкая	0–0,2	0,10
2	Низкая	0,2–0,37	0,285
3	Средняя	0,37–0,63	0,50
4	Высокая	0,63–0,8	0,715
5	Очень высокая	0,8–1	0,90

Данная шкала была образована на основе одной из логистических функций Харрингтона – так называемой «кривой желательности» [4]:

$$d = \exp[-\exp(-Y)]. \quad (1)$$

Данная функция была выведена эмпирическим путем. Y называется шкалой частных показателей, d – шкалой желательности. Формула определяет функцию с двумя участками насыщения (в $d = 0$ и $d = 1$) и линейным участком (от $d = 0,2$ до $d = 0,8$). Интервал от -2 до 5 на шкале частных показателей является промежутком эффективных значений [5].

Нормирование количественных значений характеристик осуществляется следующим образом. Каждая из характеристик ПП пересчитывается в числовые отметки в диапазоне от -2 до $+5$. Выбор этого промежутка на шкале частных показателей обусловлен тем, что именно в этих точках значения на шкале желательности уже практически близки к граничным, но еще могут существенно меняться в зависимости от значений параметров. При этом если «наибольшему» из всех значений характеристики ПП «присвоить» отметку « $+5$ », а «наименьшему» – « -2 », то все остальные расположатся между ними, образуя масштабируемую последовательность значений. Далее эти значения пересчитываются в отметки на шкале желательности в интервале от 0 до 1 . После того как выполнено нормирование всех характеристик, осуществляется расчет интегральной оценки.

Расчет интегральной оценки на основе системы нечеткого вывода. При расчете интегральной оценки ПП используется система нечеткого вывода. Нечетким логическим выводом называется получение заключения в виде нечеткого множества, соответствующего текущим значениям входов, с использованием нечеткой базы знаний и нечетких операций [6]. Основу нечеткого логического вывода составляет композиционное правило Заде: если известно нечеткое отношение \tilde{R} между входной (x) и выходной (y) переменными, то при нечетком значении входной переменной $x = \tilde{A}$, нечеткое значения выходной переменной выглядит так [6]:

$$y = \tilde{A} \circ \tilde{R}, \quad (2)$$

где \circ – максиминная композиция.

Типовая структура системы нечеткого логического вывода выглядит следующим образом (рис. 1) [6]:

- фаззификатор – преобразует вектор x значений входных переменных в вектор нечетких множеств \tilde{X} , необходимых для выполнения нечеткого логического вывода;
- нечеткая база знаний – содержит информацию о зависимости выходной переменной от входных переменных в виде лингвистических правил нечетких продукций «ЕСЛИ – ТО»;
- машина нечеткого логического вывода – на основе правил базы знаний определяет значение выходного вектора в виде вектора нечетких множеств \tilde{y} , соответствующего нечетким значениям входных переменных \tilde{X} ;
- дефаззификатор – преобразует \tilde{y} в вектор значений выходных переменных y .



Рис. 1. Типовая структура системы нечеткого логического вывода

Основными этапами нечеткого вывода являются [7]:

- формирование базы правил систем нечеткого вывода;
- фаззификация входных переменных;
- агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций;
- активизация подзаключений в нечетких правилах продукций;
- аккумуляция заключений нечетких правил продукций;
- дефаззификация выходных переменных.

Рассмотрим подробнее каждый из этапов в контексте решаемой задачи с учетом механизма, описанного в [7].

Формирование базы правил. При задании базы нечетких продукций необходимо, во-первых, определить множество входных лингвистических переменных. В настоящей работе в их роли выступают нормированные показатели, характеризующие функциональное наполнение. Более высокие значения показателей говорят о наиболее полной функциональности ПП.

Во-вторых, следует определить выходную лингвистическую переменную, которой в нашем случае является интегральная оценка функциональности программного продукта.

Затем формируются правила. Данные правила определяют взаимосвязи между входными и выходной переменными и представляются в форме:

ЕСЛИ «Условие» ТО «Заключение».

Все лингвистические переменные в базе нечетких продукций представляются как нечеткие множества, заданные соответствующими функциями принадлежности на интервале от 0 до 1.

Функции принадлежности для входных и выходной переменных в данной работе представлены в виде треугольных функций. Треугольная функция принадлежности описывается тремя параметрами (a, b, c), степень принадлежности вычисляется по следующей формуле:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ \frac{x-c}{b-c}, & b \leq x \leq c, \\ 0, & \text{в других случаях.} \end{cases} \quad (3)$$

При построении функций принадлежности следует учитывать то обстоятельство, что теория нечетких множеств не требует абсолютно точного задания функций принадлежности. Зачастую бывает достаточно зафиксировать лишь наиболее характерные значения и вид функции принадлежности. Поэтому предусмотрена возможность задать значения параметров функций и количество термов для проведения эксперимента.

Фаззификация. Этот этап называют приведением к нечеткости. Здесь определяются значения функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе исходных данных.

Целью этапа фаззификации является установление соответствия между конкретным значением отдельной входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной.

Агрегирование. Антецедент правила в данной работе является составным, т.е. включает подусловия, связанные между собой при помощи логической операции «И». Для определения результата используется формула нечеткой конъюнкции.

Целью этого этапа является определение степени истинности условий для каждого правила системы нечеткого вывода.

Активизация. На этом этапе происходит переход от условий к подзаключениям правил. Активизация в системах нечеткого вывода представляет собой процедуру или процесс нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечетких продукций. В данной работе используются следующие методы активизации:

min-активизация:

$$\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}; \quad (4)$$

prod-активизация:

$$\mu'(y) = c_i \cdot \mu(y), \quad (5)$$

где $\mu(y)$ – функция принадлежности терма, который является значением некоторой выходной переменной ω_j , заданной на универсуме Y .

Аккумуляция. Аккумуляция в системах нечеткого вывода – это процедура нахождения функции принадлежности выходной переменной.

Цель данного этапа состоит в объединении степеней истинности заключений для получения функции принадлежности выходной переменной.

Дефаззификация. Дефаззификация в системах нечеткого вывода представляет собой процедуру или процесс нахождения четкого значения выходной переменной.

Цель дефаззификации заключается в том, чтобы, используя результаты аккумуляции выходной переменной, получить количественное значение выходной переменной. В идентификации функционального наполнения ПП результат дефаззификации определяется по методу центра тяжести.

Таким образом, на выходе нечеткой системы получаем интегральную оценку функционального наполнения ПП в интервале от 0 до 1. Интегральная оценка необходима для сравнения различных программных продуктов, так сказать, «в чистом виде». Она позволяет объективно оценивать возможности программ, а также облегчает процесс сравнения, делая его нагляднее.

Выбор программных продуктов по интегральной оценке. Представленный выше алгоритм также используется для оценивания качественных требований покупателя. По данной оценке осуществляется выбор конкретного программного продукта. Для иллюстрации выполнения алгоритма рассмотрим пример, который отображает процесс преобразования требований пользователя в интегральную оценку (табл. 2).

Результатом работы механизма логического вывода экспертной системы для выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» является набор программных продуктов (до 10) из одной области применения [2]. В рассматриваемом примере набор состоит из двух ПП: «1С:Медицина. Поликлиника» и «1С:Медицина. Больница» (область применения – медицина). Данные программные продукты имеют интегральные оценки, рассчитанные по своим функциональным возможностям.

Пользователю на первом этапе работы алгоритма предлагается сформировать качественные оценки функциональных возможностей желаемого программного продукта из области медицины. На втором этапе осуществляется нормирование полученных оценок. Нормированные оценки являются входными данными для заключительного этапа, в котором происходит расчет на основе описанной выше системы нечеткого вывода.

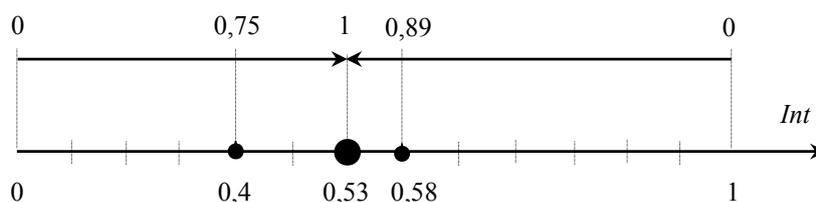
Таблица 2

Пример выходных данных по этапам алгоритма

№	Функциональная возможность	Оценка (1-й этап)	Нормированная оценка (2-й этап)	Интегральная оценка (3-й этап)
1	Формирование регламентированных отчетов	Средняя	0,6	0,53
2	Учет коечного фонда	Низкая	0,28	
3	Учет медицинских услуг	Средняя	0,6	
4	Формирование управленческих отчетов	Высокая	0,8	
5	Складской учет	Низкая	0,28	
6	Планирование	Очень высокая	0,9	
7	Ведение взаиморасчетов с контрагентами	Средняя	0,6	
8	Расчет заработной платы	Низкая	0,28	

Таким образом, по требованиям покупателя формируется оценка желаемого ПП. Далее эта оценка сравнивается с оценками ПП из набора, полученного ранее с помощью экспертной системы [2]. После сравнения оценок «1С:Медицина. Больница» и «1С:Медицина. Поликлиника» с оценкой желаемого ПП с определенной степенью точности станет известно, какой вариант «ближе» к желаемому. Для получения вербальной оценки «близости» снова используется функция Харрингтона.

Для программных продуктов «1С:Медицина. Поликлиника» и «1С:Медицина. Больница» интегральные оценки равны 0,4 и 0,58 соответственно. Оценка желаемого ПП равна 0,53 (табл. 2). Выполним переход к шкалам с интервалами [0, 1]. При этом за конечное (идеальное) значение данных интервалов возьмем оценку желаемого ПП – 0,53 (рис. 2). Тогда исходные оценки ПП в масштабе полученных шкал будут равны 0,75 и 0,89 соответственно.



Обратившись к вербально-числовой шкале Харрингтона (см. табл. 1), получаем вербальную оценку «высокая» для значения 0,75 и оценку «очень высокая» для значения 0,89. Другими словами, программный продукт «1С:Медицина. Больница» подходит для данного покупателя по функциональному наполнению с очень высокой степенью уверенности.

Использование желаемых значений характеристик ПП позволяет объективно оценить потребность в функциональном наполнении. Однако необходимо использовать только реально достижимые значения. Иначе оценка потеряет всякую объективность.

Программная реализация. Рассмотренный алгоритм реализован программно средствами системы «1С:Предприятие 8» (рис. 3) и обеспечивает выполнение следующих возможностей:

- задание количества термов, значений функций принадлежности;
- нормирование частных оценок функциональных возможностей программных продуктов с использованием обобщенной функции желательности Харрингтона;
- определение интегральной оценки функционального наполнения программных продуктов на основе системы нечеткого вывода;
- сравнение программных продуктов по интегральным оценкам функционального наполнения;
- вывод результатов в виде графиков.

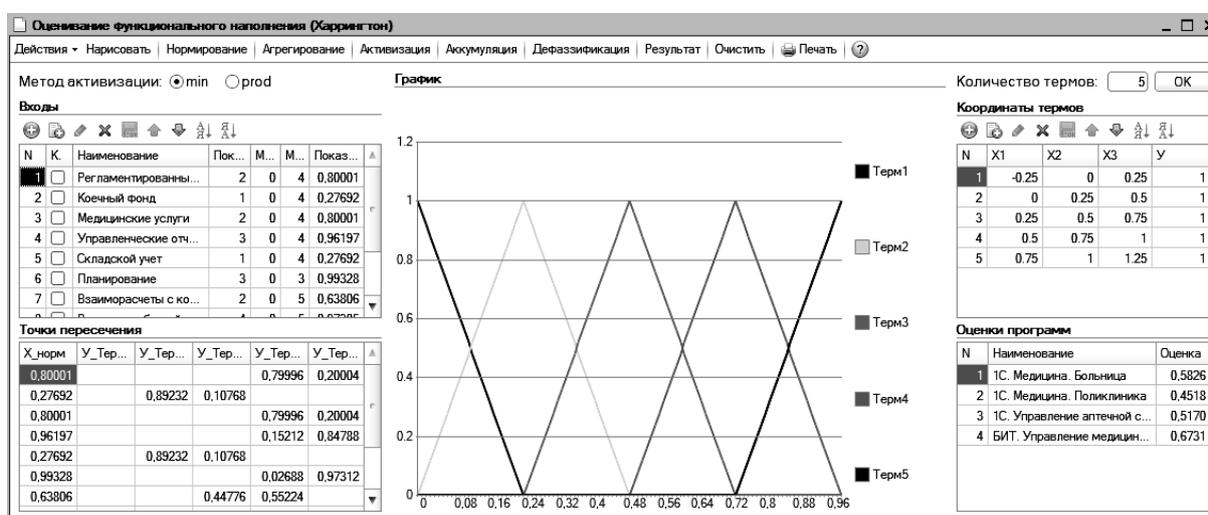


Рис. 3. Программная реализация

На данный момент создан пользовательский интерфейс, позволяющий представлять результаты в наглядной и удобной для проведения анализа форме.

Заключение. Предложенный алгоритм позволяет анализировать программные продукты по функциональному наполнению для выбора наиболее подходящего варианта. На основе представленного алгоритма разработана подсистема, которая является частью экспертной системы [8] и позволяет подобрать программный продукт.

Сравнение систем по интегральной оценке необходимо проводить по области их применения, по возможности максимально суживая ее. Это позволит сравнивать между собой однотипные программы с высокой точностью.

Также стоит отметить, что предложенный алгоритм носит достаточно универсальный характер.

В дальнейшем планируется составить наиболее полный набор характеристик программных продуктов по области их применения с обоснованием качества и количества этих характеристик.

Литература

1. Фирма «1С» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.1c.ru>, свободный (дата обращения: 01.12.2012).
2. Адуева Т.В. Продукционная система выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» / Т.В. Адуева, А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский // Бизнес-информатика. – 2012. – № 1(19). – С. 55–61.
3. Дементьева Т.А. Методы оценки уровня инновационного потенциала персонала на промышленных предприятиях // Экономика промышленности. – 2009. – № 3. – С. 125–129.

4. Исмагилов И.И. Принятие решений при количественных и качественных критериях описания альтернатив // Исследования по информатике – 2003. – № 6. – С. 21–28.
 5. Пичкалев А.В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств // Исследования наукограда. – 2012. – № 1. – С. 25–28.
 6. Ходашинский И.А. Формально-логический метод и аппроксимация Мамдани в нечетком оценивании величин // Автометрия. – 2006. – № 1. – С. 55–67.
 7. Ходашинский И.А. Идентификация нечетких систем // Проблемы управления. – 2009. – № 4. – С. 15–23.
 8. Ахаев А.В. Структура продукционной системы выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» // Научная сессия ТУСУР–2012: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 16–18 мая 2012 г. – Томск: В-Спектр, 2012. – Ч. 3. – С. 9–16.
-

Ахаев Александр Валерьевич

Аспирант каф. комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (КИБЭВС) ТУСУРа

Тел.: 8 (382-2) 41-34-26

Эл. почта: AkhaevAV@gmail.com

Akhaev A.V.

Algorithm for estimation of software functionality on the base of fuzzy logic

An algorithm of estimation of software «1С: Enterprise 8» functionality using Harrington scale is suggested. Calculation of an integral evaluation is based on fuzzy logic. Some choices of software by an integral estimation are suggested. The experiment was conducted.

Keywords: integral evaluation, software, fuzzy logic, Harrington scale.
