

О ЗНАЧЕНИИ ПРИЗНАКА «УДОБСТВО В ИСПОЛЬЗОВАНИИ» ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ВЫБОРЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Феликс Р. Долдан Тье

Университет г. Ла Корунья, ИСПАНИЯ

1. ОБ УДОБСТВЕ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ, ИНСТАЛЛИРОВАНИИ И ОБСЛУЖИВАНИИ

При оценке любого продукта программного обеспечения, проводимой с целью или определения его качества на заключительном этапе производства или установления квалификации товара, позволяющей провести его сопоставления с другими подобными продуктами, признаки удобства в использовании, инсталлировании и обслуживании входят в состав основных качеств, которые учитываются при принятии решения о выборе или производстве продукта. Тем не менее, они не всегда учитываются в должной мере. Это стало особенно заметно с тех пор, как рост информационных технологий привел к тому, что продукты программного обеспечения перестали использоваться только ограниченным кругом опытных потребителей, знатоков информатики, которых не так-то легко запугать трудностью и сложностью обучения, которыми, к сожалению, отличалось использование программного обеспечения. Повсеместное применение компьютеров привело к наплыву огромного количества потребителей, не обладающих предварительной подготовкой в области компьютерной техники. Это обстоятельство, наряду с высокой степенью конкуренции на рынке продуктов программного обеспечения, привело к тому, что вышеупомянутые признаки стали основными условиями того, как воспринимается данный товар на рынке, т.е. его коммерческого провала или успеха. Это замечание касается даже высокоразвитых рынков, ориентированных на специфического определенного покупателя.

Если мы понимаем под «удобством в использовании» простоту в обучении и работе с продуктом программного обеспечения, имея в виду, что коллектив пользователей может быть подразделен на разные группы в зависимости от степени технологического опыта, следует признать, что в пограничном случае признаки «удобства в инсталлировании и обслуживании» продукта предстают в качестве частных, хотя и специфических аспектов «удобства в использовании». В конечном итоге данные признаки в значительной степени влияют на применение

товара, но не вызывает сомнения тот факт, что относятся к разным группам пользователей. Соотношение между этими понятиями символически представлено ниже, имея в виду, что в бесчисленных количествах случаев пользователь осуществляет инсталлирование, а обслуживание продукта, особенно конкретным потребителем, может быть одним из основных аспектов при выборе товара (Рис. 1).

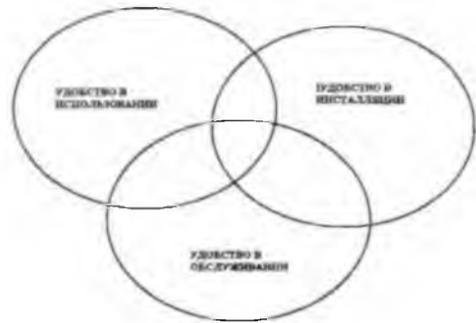


Рисунок 1.

Таким образом, «удобство в использовании» означает простоту в использовании продукта и включает в себя любой вид взаимоотношений пользователя и товара. «Удобство в инсталлировании» касается легкости инсталлирования программного обеспечения в определенном контексте и охватывает такие аспекты как простота в реализации программы, выбор соответствующего вида инсталлирования, а также сложные проблемы распределения «on-line», при которых время срабатывания и выбор расписания являются жизненно важными, особенно в больших организациях, где возникают большие организационные проблемы.

Со своей стороны, «удобство в обслуживании» относится к простоте обслуживания, являющейся специфической проблемой информационных пользователей, хотя и предстающей традиционно камнем преткновения в бесчисленных организациях. Данный признак зависит от того, какая методология была избрана для развития и языка программирования. В том случае, если продукт приобретается не по заказу, важно учитывать такие факторы как система подсказок, документация и прочие вспомогательные элементы, предоставляемые продавцом.

2. ОКРУЖЕНИЕ И УДОБСТВО В ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Некоторые специалисты, говоря об «удобстве в использовании» затрагивают вопросы, относящиеся к «человеческому фактору». Хотя речь идет о разных понятиях, этот подход не лишен основания, потому что эти понятия тес-

но взаимосвязаны. Больше того, человеческий фактор касается тех вопросов и аспектов, которые необходимо иметь в виду для достижения большего удобства в использовании продукта. Их взаимоотношение может быть схематически представлено следующим образом (Рис.2):

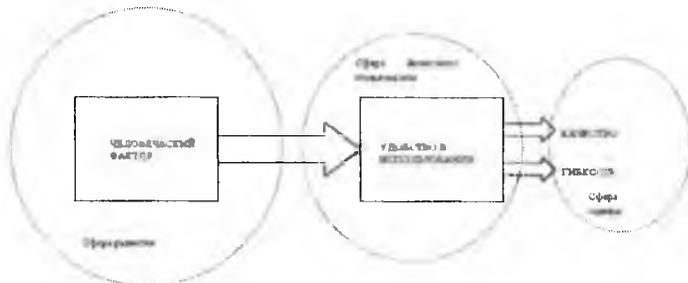


Рисунок 2.

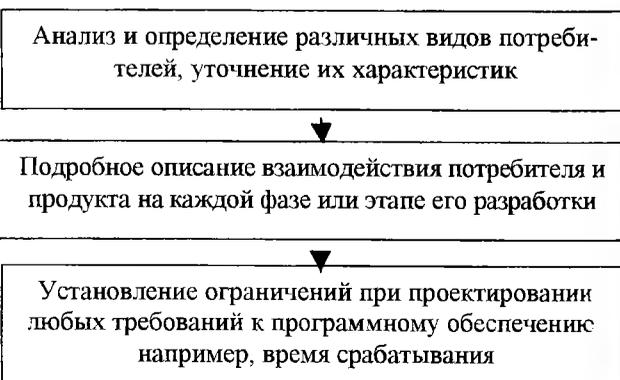
Как отмечает Шнейдерман (Schneiderman, 1980), «удобство в использовании» связано с любым видом человеческого фактора при работе с компьютером, хотя в первую очередь соотносится с развитием программного обеспечения, простотой в получении консультации, помощи и конструкции интерфейса пользователей».

3. ЦЕЛИ И ТРЕБОВАНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРИЗНАКОМ «УДОБСТВО В ИСПОЛЬЗОВАНИИ»

Удобство в использовании это, в основном, качественный признак. Несмотря на это, подход к нему может различаться в зависимости от того, каков подход к данному вопросу. Естественно, что качественный подход бесспорен при оценке уже существующих товаров. При их оценке над многочисленными измерениями, техническими условиями и т.д. превалирует, в конечном итоге, мнение экспертов. Тем не менее, с точки зрения разработки программного обеспечения, проектирования выпускаемых продуктов необходимо установить ряд конкретных, поддающихся измерению показателей, влияние которых на признак «удобство в использовании» не вызывал бы сомнений. Список данных показателей может не быть исчерпывающим. Вне всякого сомнения, без наличия подобных технических условий весьма затруднительно достижение необходимого качества товара.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Исходя из того, что признак «удобство в использовании» имеет лишь качественное выражение, необходимо установить ряд измеряемых непосредственно связанных с этим признаком показателей, которые использовались бы в качестве целей на этапе разработки продукта. Первой задачей является постановка целей, т.е. что нужно сделать, а уже на втором этапе следует определить, как эти цели должны быть достигнуты. Цели «удобства в использовании» связаны, в принципе, с особенностями пользователя, которому предназначено данное программное обеспечение. Естественно, что активный пользователь отличается от пассивного, также как различаются специалисты в области информатики и простой потребитель:



Процесс разработки или, другими словами, как следует делать продукт, описан в следующей схеме, причем эксплицитно следует придерживаться принципа активного участие потребителя. Последний должен присутствовать не только при определении целей и, следовательно, на всех этапах проектирования, но также на каждой фазе или этапе разработки. Методология использования опытного образца весьма насущна, даже если это будет упрощенная модель реальной проблемы (к примеру, опытный образец может быть разработан без функциональных признаков и даже не соответствовать некоторым требованиям, таким как времени срабатывания, которые дорабатываются на конечном этапе). Естественно, что на каждом этапе должны участвовать потребители, критикуя продукт, внося идеи по улучшению или просто подтверждая правильность решений, предлагаемых командой разработчиков. Подобный процесс оценки продукта носит динамичный, интерактивный характер, направленный на постоянное улучшение продукта (Рис.3):

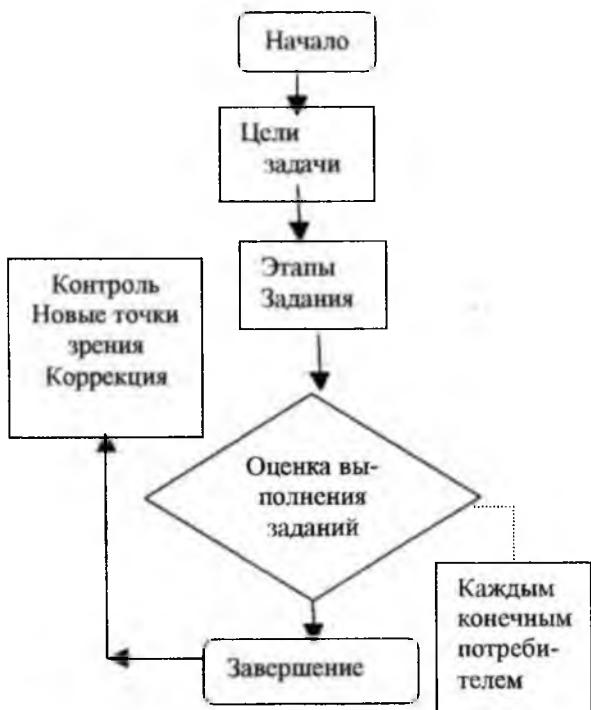


Рисунок 3.

Можно легко предположить, что начало сопровождается соответствующим осмыслением на всех уровнях важности «удобства в использовании» или простоты применения программного обеспечения. Это касается как руководящих работников, которые определяют общие

цели в соответствии с генеральной стратегией организации, так и персонала. Последний передает свой опыт, так как заинтересован в получении орудий производства, учитывающих человеческий фактор и приспособленных к каждому рабочему месту. Учет и, по мере возможности, функциональная проверка различных альтернатив чрезвычайно важны, так как товар адаптируется к требованиям каждого потребителя. В подобном процессе необходимо использовать язык потребителей, а не программистов или специалистов в информатике, что позволит обеспечить принцип их максимального участия.

5. ПРОЦЕСС ОЦЕНКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЫТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Процесс динамической оценки с использованием опытных моделей (Рис.4) не исключает наличие завершающих испытаний. По мере разработки различных функциональных модулей частные испытания позволяют достичь минимума ошибок. Тем не менее, интегрированное целостное конечное испытание с использованием наибольшего количества данных является обязательным. В противном случае проверка будет неполной, а производитель не может отвечать за жизнеспособность продукта.



Рисунок 4.

Как мы отмечали раньше, участие потребителей является основополагающим. Без него невозможно достичь успеха. Однако это участие должно быть контролируемым, с тем, чтобы избежать необдуманных предложений по изменению товара, которые могут повлиять на

стоимость разработки, а также несвоевременных идей, не имеющих ничего общего с выполнением обязательств по производству продукта. Исходя из сказанного, успех участия персонала в разработке основывается на соответствующем планировании на этапе проектирования.

Р. Радис и Р. Филипс (Radice y Phillips, 1998) свели задачи обеспечения «удобства в использовании» к трем конкретным целям, синтезировав последние в четвертой цели:

- 1) сократить до минимума усилия, затрачиваемые на обучение или переобучение при выполнении каждого задания;
- 2) сократить до минимума усилия по реализации каждого выученного задания;
- 3) сократить до минимума усилия для повторного выполнения задания при обнаружении ошибки или сбоя.

В качестве обобщенной цели: достичь максимального удовлетворения потребителя.

Не вызывает сомнения вывод о том, что выполнение любой из этих целей способствует лучшему использованию программного обеспечения. Становится возможным даже определение степени выполнения, другими словами, выявляются формы измерения. Ведь, в действительности, без учета вышесказанного, разработка продукта будет отделена от принципа «удобство в использовании», что сделает невозможным его достижение. Исходя из этого, мы попытаемся проанализировать каждую из целей с точки зрения их выполнения, измерения и оценки. Хотя, в конечном итоге, только удовлетворение потребителя, участвующего в разработке товара, является критерием, определяющим, способствует ли новая идея или новое приспособление достижению большего удобства в использовании продукта.

6. УСИЛИЯ, ЗАТРАЧИВАЕМЫЕ НА ОБУЧЕНИЕ

Совершенно очевидно, что чем меньше усилия, затраченные на обучение, тем легче использование программного обеспечения. Следовательно, мы можем утверждать, что чем меньше времени затрачивается на то, чтобы научиться пользоваться им, тем лучше он в использовании. Таким образом, время может служить измерением времени, затраченного на обучение или количество понятий и отношений, обуславливающих его сложность, или времени, затраченного на овладение программой без привлечения вспомогательной документации, или тот объем документации (в

страницах и строках), который должен быть прочитан и усвоен.

7. УСИЛИЯ, ЗАТРАЧИВАЕМЫЕ НА РЕАЛИЗАЦИЮ ОПЕРАЦИИ ИЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ

Эти усилия зависят от количества не релевантных действий, которые вынужден производить потребитель при работе с программным обеспечением. К примеру, сколько раз необходимо менять изображение, «картину» на экране с целью достижения конкретного результата, отсутствие «быстрых путей» разрешения ситуации, время, затраченное на реализацию задания (следует отметить, что это понятие относительное и может быть оценено лишь при сравнении), чрезмерное количество клавиатуры, повышенное количество ошибок при реализации программы: время, необходимое для принятия решения в определенной ситуации.

8. УСИЛИЯ, ЗАТРАЧИВАЕМЫЕ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДАННЫХ

В некотором роде данная операция соотносится с выполнением или использованием программы, но ввиду ее масштаба и возможных последствий она должна рассматриваться самостоятельно. Все возможные ошибки и сбои должны быть предусмотрены при проектировании и обнаружены при разработке с тем, чтобы избежать прерывания и отмен, которые могут вызвать повреждение архивов и другие неполадки. По возможности, восстановление данных должно быть автоматическим, хотя в некоторых случаях необходимо участие пользователя. Мы можем выделить несколько факторов, которые следует учитывать:

- в первую очередь, качество и четкость информационных сообщений, позволяющих пользователю принимать быстрое решение в случае альтернативных возможностей;
- во вторую очередь, количество проводимых операций, время и ресурсы, необходимые для их реализации. В конечном итоге, стоимость восстановления, которая может быть сокращена или сведена к нулю по мере автоматизации процесса. К примеру, наличие архива «log» (логистический), в котором сохраняется последовательность проведенных операций, позволит практически без человеческого вмешательства провести восстановление в случае отключения сети при

одновременном выполнении многих заданий;

- в конечном итоге, предупреждение сбоев, для чего следует не допускать ошибок, в первую очередь при введении данных, сокращает количество ошибок, оптимизируя стабильность программного обеспечения.

Таким образом, среднее количество ошибок, средняя стоимость восстановления ошибок и качество сообщений являются факторами, которые могут контролироваться, оцениваться в процессе разработки (хотя в значительной степени они зависят от проектирования) и улучшаться, что положительно влияет на мнение потребителей.

9. ОБЪЕКТИВАЦИЯ УСИЛИЙ

На основе описанных ранее факторов становится возможным определить цели, задачи и элементы, которые влияют на качество использования информационных продуктов:

- документация и вспомогательные элементы;
- интерфейс потребителя:
 - дизайн экрана;
 - диалоги и сообщения;
 - задействованная клавиатура;
 - возможность использования команд;
- время срабатывания.

Приведенные цели следует должным образом планировать при проектировании, они должны учитываться в процессе разработки. Весьма затруднительно их количественное выражение, хотя их качество влияет на оценку пользователей.

10. ДОКУМЕНТАЦИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Это заглавие включает три вопроса, которые, на первый взгляд, представляют одно усилие, но, в действительности, совершенно различны:

- документация;
- помощь во время работы;
- инструментарий обучения.

Документация включает необходимый для обучения объяснительный материал, с которым следует ознакомиться до использования программного обеспечения. Этот материал может быть полезен также для обновления знаний в случае продолжительных перерывов в работе. В любом случае, характерными чертами документации должны быть *краткость, концептуальная четкость и ясность в объяснении*. Все

эти характеристики имеют очевидный качественный характер. Существуют, однако, руководители проектов и разработчики программного обеспечения, которые предлагают количественные критерии сомнительной эффективности. К ним относятся, например: количество строчек в тексте, что может быть принято с точки зрения краткости или развернутости изложения, а также количественные методы оценки ясности текста, такие как длина предложений и другие подобные приемы лингвистического анализа. Эти характеристики в определенной степени взаимозависимы, так как чрезмерная краткость может привести к серости и невыразительности объяснений. С другой стороны, лингвистический анализ зависит от каждого языка, из чего следует, что количественное выражение оценки не всегда оправдано. По нашему мнению, количественное измерение неприемлемо, следует использовать только качественную оценку. Мы отдаем себе отчет в том, что последнее слово за экспертами.

Помощь в процессе работы с программой осуществляется с помощью техники гипертекста, который позволят быстро и четко «углубиться» в тему для детального ознакомления с наиболее сложными понятиями. Во многих случаях документация и помощь интегрированы, на рынке представлены продукты программного обеспечения, которые облегчают их производство и приложимы к любому продукту программного обеспечения.

Инструментарий по обучению представляют собой управляемые программы, облегчающие начальное обучение работы с продуктом. Они являются продуктами программного обеспечения и, исходя из этого, должны приниматься во внимание при оценке удобства работы с продуктом.

11. ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Несмотря на то, что не все специалисты обращаются к нормам C.U.A. (Common User Access), очень важно их использование, так как с их помощью унифицируется дизайн приложений, облегчается работа потребителей. Стандартное и нормированное оформление экрана приводит к тому, что после первого использования продукта пользователь может работать с любым другим продуктом при совпадении формата, эквивалентности меню или, по крайней мере, при одинаковой очередности функций и т.д.

Приводим несколько примеров нормативов (Табл. 1):

Таблица 1. Примеры нормативов

Экран	Меню	Сообщения	Закрепленные клавиатура/изображение	Команды
Идентификация посредством заглавия	Всегда в той же очередности	Ясные и понятные	Часто используемые команды	Предпочтительны мнемотехнические аббревиатуры, состоящие из одной или двух букв
Четкость и простота исполнения	Альтернативы команд	Код с расширяющим значением в руководстве	Значение, которое можно обнаружить на экране	Не должны сокращаться команды с отрицательными эффектами
Быстрое переключение экрана	Не более 3 иерархических уровней		Сопряжение или подобие с другими продуктами	
Использование цвета в коммуникации	Распознаваемое содержание в случае использования собственных понятий		Изображение: стандартные или легко определяемые символы	
Использование обозначений, вызванных объективными, а не эстетическими причинами	Включение альтернативных решений при помощи клавиатуры			
Контекстная информация В каждой строке текста не более 50 знаков + двойной интервал. Минимальное движение курсора Исчерпывающее меню				

12. ВРЕМЯ СРАБАТЫВАНИЯ

Быстрота действия любого продукта программного обеспечения всегда является верхом желаний. Однако ее оценка относительна, ведь не во всех программах требуется одинаковая быстрота срабатывания, также как и пользователи различаются в подобном требовании. Тем не менее, совершенно очевидно, что чем меньше время срабатывания в абсолютном выражении, тем лучше для потребителя. Не вызывает сомнения тот факт, что это понятие связано со сложностью обрабатываемых процессов и зависит также от типа используемого аппаратного оборудования. Таким образом, оценка может осуществляться при сопоставлении со средним временем подобных процессов или программных обеспечений того же класса.

13. ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ С КАЧЕСТВЕННОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Вопрос приобретает другой характер при сопоставлении уже изготовленных продуктов или при выборе товара на рынке. Отпадает необходимость определения целей в процессе разработки, главное внимание акцентируется на выяснение иерархической последовательности альтернативных продуктов, причем следует учитывать их различные характеристики, большинство из которых имеют качественное выражение и зависят от мнения экспертов. Вопрос усложняется, когда речь идет о смешанных (количественных и качественных) особенностях. Исходя из нелинейного характера пригодности денег или богатства, одновременный учет всех этих качеств может привести к парадоксальным и нестабильным решениям. Именно

но поэтому мы склоняемся к решению, предложенному T.Saaty, заключающемуся в том, то количественные и качественные свойства должны рассматриваться отдельно. В таком случае первые представляют чистую стоимость (любой вид дохода учитывается в качестве сокращения стоимости), а вторые — чистую выгоду. Таким образом, соответствующая иерархическая последовательность (предпорядок) отражается векторами $(C_1, C_2 \dots C_n)$ и (b_1, b_2, \dots, b_n) , а конечный предпорядок выражается соотношением выгода/стоимость: $(b_1/c_1, b_2/c_2, \dots, b_n/c_n)$.

Из большого многообразия методов, основывающихся на учете многих критериев, связанных с попыткой иерархического построения ("outranking") альтернатив — начиная с пионерского подхода QUALIFLEX и PAELINCK завершая противопоставлением французской (ELECTRE, PROMETHEE) и американской (АНР, NCIC, РАНАР, REMBRANDT — последняя, будучи голландского происхождения, является вариантом АНР) школ, а также такими альтернативными решениями как Q-analysis, MAPPAС — мы попытаемся провести разграничения АНР и PROMETHEE. Эти методы используют наиболее существенные оценки, служат для выяснения всеобщего предпорядка и весьма распространены.

14. А.Н.Р. (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

Методология А.Н.Р., предложенная T.Saaty, основывается на ряде очень простых аксиом, позволяющих построить очень привлекательную с точки зрения ее применения модель. Сам автор (Saaty 1994) так объясняет ее широкое распространение: «Она неоднократно рассматривалась под микроскопом, каждый ее аспект был проверен, продискутирован и объяснен. А это оздоравливающий процесс для новой теории».

В соответствии с первой аксиомой методологии А.Н.Р иерархическая структура является формой, позволяющей как представить одно-

уровневую простую проблему, так и разложить сложные проблемы, зависящие от многочисленных критериев разных уровней. Что же касается оценки такого понятия как "удобство в использовании», простая иерархия может быть представлена на основании различных факторов, рассмотренных в связи с разработкой программного обеспечения. Таким образом, приведенная ниже схема отражает оценку в качестве результата удобства в использовании, зависимой от данного ряда факторов. Следует заметить, что возможны более сложные формы с привлечением разных уровней оценки, причем неизменно должно использоваться построение в виде дерева. С другой стороны, сопоставляя различные альтернативы программного обеспечения, можно рассматривать другие критерии, кроме удобства в использовании. В подобном случае приведенная иерархическая структура будет только одной из ветвей дерева, в которое должны включиться другие критерии и подкритерии (Рис.5).

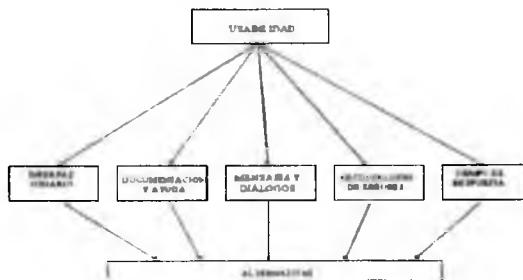


Рисунок 5.

Вторая аксиома проводит оценку исходя из сопоставления каждой из двух альтернатив с привлечением каждого критерия. Для каждой из двух альтернатив i и j на основании критерия K приписывается значение $a_{ij}^{(k)}$, эквивалентное отношению весу приведенных альтернатив в зависимости от соответствующего критерия: $W_i^{(k)}/W_j^{(k)}$, хотя оценка производится непосредственно по шкале, основанной на законе Вебера и Фешнера (Табл. 2).

Таблица 2.

Численное значение	Определение (альтернативы i и j)
1	В одинаковой степени важные или предпочтительные
3	i СЛЕГКА более важные или предпочтительные
5	i Значительно более важные или предпочтительные
7	i Очень значительно более важные или предпочтительные
9	i Чрезвычайно более важные или предпочтительные
2, 4, 6, 8	Средние значения для компромиссных ситуаций
Взаимные	Используются для иллюстрации обратного соотношения или второй альтернативы по отношению к первой

Вес, соответствующий каждой альтернативе, в зависимости от определенного критерия, определяется на основании матрицы $A = \{a_{ij}^{(k)}\}$, в которой главная диагональ образована 1'S (любая альтернатива безразлична сама к себе) и $a_{ij}^{(k)} = 1/a_{ji}^{(k)}$ для любой пары i, j . Метод вычисления, предложенный автором (SAATY) состоит в определении вектора собственных значений ("eigenvector") нормированной матрицы $A: \{W_1^{(k)}, W_2^{(k)}, \dots, W_n^{(k)}\}$.

Вес различных критериев определяется исходя из суждений, основанных на той же шкале и таком же виде соотношений, то есть проводя попарное сопоставление. Обозначив полученный вектор как $\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_c\}$, можно определить вектор упорядоченности на более высоком уровне посредством средней взвешенной в соответствии с весом каждого критерия, выразительных векторов предпорядков для каждого критерия:

$$v_h = \sum_{k=1}^c \pi_k \cdot W_h^{(k)}$$

Одна из привлекательных характеристик методологии АНР заключается в том, что, несмотря на то, что она основывается на транзитивности (не допускает несогласий), возможна небольшая степень непостоянства, не влияющая на корректность результатов. Анализ постоянства является, следовательно, еще одним ее преимуществом, так как методология позволяет провести проверку когерентности при высказывании суждений и внести исправления в случае необходимости.

Возможно, наибольшую полемику по отношению к данной методологии вызвала так называемая проблема "rank reversal" (Belton и Gear). Суть проблемы состоит в том, что при добавлении новой альтернативы, эквивалентной одной из ранее включенных, может нарушиться полученный предпорядок. На первый взгляд, новая альтернатива должна включиться, будучи индифферентной себе подобной, не нарушая иерархию других альтернатив. Тем не менее, иерархическое построение изменяется. Т. Саати (Saaty) и его последователи доказали, что это лишь кажущееся непостоянство, приведя ряд примеров. С другой стороны, Ф. Лоотсма (Lootsma) доказал, что можно избежать проблему "rank reversal", если при определении предпорядка для высших уровней критериев О для самой конечной цели вместо среднего

арифметического используется среднее взвешенное геометрическое.

В любом случае феномен "rank reversal" отмечается также в методах PROMETHEE.

15. PROMETHEE

Исходя из основной оценки каждой альтернативы в зависимости от каждого критерия, зная также взвешивание каждого из них:

КРИТЕРИИ—ВЕС—ОЦЕНКА—АЛЬТЕРНАТИВЫ—ВИДЫ КРИТЕРИЕВ

$$\begin{array}{ll} c_1 & \pi_1 \\ a_1 b_1 & \dots \dots \dots g_1 \\ & (I—VI) \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} c_2 & \pi_2 \\ a_2 b_2 & \dots \dots \dots g_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} c_h & \pi_h \\ a_h b_h & \dots \dots \dots g_h \\ S(a, b) = \sum_{c=1}^{NC} \pi_c \cdot P_c(a, b) \end{array}$$

Приняв за $P(a, b)$ значение между выразительным 0 и 1 предпочтение альтернативы относительно к b , считается, что это значение зависит от разницы оценок $f(a)$ и $f(b)$ в соответствии с определенным критерием: $P(a, b) = H(d) = H[f(a) - f(b)]$. Аналитическое определение H зависит от вида критерия. К примеру:

Вид I: $H(d) = 1$ если $d > 0$. $H(d) = 0$ в любом другом случае.

Вид II: $H(d) = 0$ если $|d| > q$. В другом случае $H(d) = 1$ (q — порог безразличия)

Вид III: $H(d) = |d|/p$ если $|d| < p$. В другом случае $H(d) = 1$ (p — порог строгого предпочтения)

Вид IV: $H(d) = 0$ если $|d| \leq q$
 $H(d) = 1/2$ если $q < |d| \leq p$
 $H(d) = 1$ в любом другом случае.

Вид V: $H(d) = 0$ если $|d| \leq q$
 $H(d) = (|d| - q)/(p - q)$ если $q < |d| \leq p$
 $H(d) = 1$ в любом другом случае

Вид VI: $H(d) = 1 - \exp\{-d^2/2\sigma^2\}$

После введения данных производится вычисление индекса предпочтения с использованием многих критериев для каждой пары альтернатив или предложений a и b :

где NC — полное число у π_c — вес каждого заранее вычисленного критерия.

Исходя из матрицы $S(a, b)$ вычисляются потоки входной:

$$\phi^+(a) = \sum_{b \in A} S(a, b)$$

и выходящей:

$$\phi^-(a) = \sum_{b \in A} S(b, a)$$

а также чистый поток:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

Для каждой альтернативы чистый поток измеряет степень, в какой каждая альтернатива доминирует над всеми остальными (входной поток), минус степень, в которой над нею доминируют все другие альтернативы (выходящий поток). Исходя из этих результатов можно сделать соответствующие выводы по трем методам PROMETHEE I, II и III.

Отношение порядка или иерархии в PROMETHEE I отражаются в обобщенном виде в следующих выражениях предпочтения (P) и безразличия (I).

$$\begin{aligned} aP^+b \text{ sii } \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad \# \quad aI^+b \text{ sii } \phi^+(a) &= \phi^+(b) \quad \# \quad aP^-b \text{ sii } \phi^-(a) < \phi^-(b) \\ aI^-b \text{ sii } \phi^-(a) &= \phi^-(b) \end{aligned}$$

Частный предпорядок PROMETHEE I устанавливается следующим образом:

$$\begin{aligned} (a \text{ предпочтительнее } b): & aP^+b \text{ sii: } (aP^+b \text{ у } aP^-b) \text{ о } (aP^+b \text{ у } aI^-b) \text{ о } (aI^+b \text{ у } aP^-b) \\ (a \text{ безразлично } b): & aI^+b \text{ sii: } aI^+b \text{ у } aI^-b \\ (a \text{ несравнимо с } b): & \text{ в любом другом случае} \end{aligned}$$

PROMETHEE II позволяет установить полный предпорядок в зависимости от следующих отношений

$$\begin{aligned} aPb \text{ sii } \phi(a) > \phi(b) \text{ и} \\ aIb \text{ sii } \phi(a) = \phi(b) \end{aligned}$$

В сравнении с PROMETHEE у PROMETHEE III есть дополнительная возможность: данный метод производит вычисление интервалов вокруг значений чистых унитарных (единичных) потоков, предоставляя дополнительную информацию об их возможной размытости.

16. ВЫВОДЫ

Несмотря на существование количественных подходов при разработке программного обеспечения, понятие «удобство при использовании» является качественным признаком. Любые попытки использования какого бы ни было количественного показателя в процессе разработки вряд ли приведут к успеху. Хотя существует возможность определения ряда целей в зависи-

мости от факторов влияния, как мы рассматривали раньше мнение или суждение конечных пользователей должно учитываться постоянно при их непосредственном участии.

В качестве техник оценок были сопоставлены с практической точки зрения два метода «outranking», ведущих к установлению полного предпорядка. В то время как метод PROMETHEE предлагает интересный анализ чувствительности с использованием одного из уровней, метод АНР основывается на сборе суждений, позволяющих проведение анализа consistency. В http://www.visualdecision.com/promethee_vs_ahp.htm автор подвергает критике шкалу АНР, признавая ее ограниченной и считает ее главной проблемой попарное представление суждений, их большое количество и необходимость их согласования. Однако, на наш взгляд, все это является преимуществом предложенного метода (Saaty), так как делает возможным анализ consistency, гарантирующий достоверность представленных суждений. На приведенной странице web говорится: «... если А предпочтительнее В с оценкой 6 над 9 и В предпочтительнее С с оценкой 4 над 9, означает ли это, что А должна иметь предпочтение над С с оценкой $4 \times 6 = 24$ над $9 \times 9 = 81$? А так как АНР навязывает заранее выстроенную шкалу из 9 значений, как охарактеризовать преобладание А над С при consistency A/B=6 и B/C=4...». Это утверждение демонстрирует слабое ознакомление с основами метода АНР. Тот же приведенный пример может произвести вектор иерархии: $W = \{0,763, 0,176, 0,093\}$ при соотношении consistency равной 0,093 ниже 0,1, гарантируя тем самым последовательный предпорядок. Естественно предположить, что данная проблема возникает из-за слишком жесткой интерпретации возможности использования шкалы, что не характерно для рассматриваемой модели.

Подводя итоги, были рассмотрены два противоположных метода, основанных, однако, на многих сходных принципах. Если анализ consistency делает более привлекательным метод АНР, возможность анализа чувствительности является положительной характеристикой метода PROMETHEE. Соответствующее сочетание обоих методов может принести хорошие результаты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Belton, V. y Gear, T. 1983 "On a Shortcoming of SAATY's Method of Analytic Hierarchies" Omega, Vol. 11, num. 3.

- [2]. Belton, V. y Gear, T. 1985. "The Legitimacy of Rank Reversal. A Comment". *OMEGA Int. J. Of Mgmt. Sci.*, Vol.13, num.3. Pags. 143-144.
- [3]. Brans, J.P., Mareschal, B. y Vincke, P. (1984): "PROMETHEE: A new family of outranking methods in MCDM". *Operational Research'84 (IFORS'84)*. Editado por J.P.Brans. North-Holland.
- [4]. Brans, J.P., y Vincke, P (1985): "A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for MCDM". *Management Science*, 31, 6. Pags. 647,656.
- [5]. Brans, J.P., Mareschal, B. y Vincke, P. (1986): "How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method for MCDM". *E.J.O.R.* 24. Pags. 228,238.
- [6]. Brans, J.P., y Mareschal, B. (1994): "PROMCALC & GAIA: A new decision support system for multicriteria decision aid". *Decision Support Systems*, 12. Pags.297-310
- [7]. Brans, J.P., y Mareschal, B. (consult. 2001): "How to decide with PROMETHEE". <http://smg.ulb.ac.be>
- [8]. DE Keyser, W. Y Peeters, P. (1996): "A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods". *E.J.O.R.*, 89. Pags. 457,461.
- [9]. Dyer, J.S. 1990. "Remarks on the Analytic Hierarchy Process". *Management Science*. Vol.36, num.3. Pags. 249-258.
- [10]. Dyer, J.S. 1990. "A clarification of 'Remarks on the Analytic Hierarchy Process'". *Management Science*. Vol.36, num.3. Pags. 274-275.
- [11]. Dyer, J.S. y Wendell, R.E: 1985. "A critique of the Analytic Hierarchy Process". Working Paper 84/85-4-24, Department of Management. The University of Texas at Austin.
- [12]. Forman, E.H. 1990. "Facts and Fictions about the Analytic Hierarchy Process", en: T.L.SAATY: "Multicriteria Decision Making", RWS Publications. Pittsburg. Pennsylvania.
- [13]. Harker, P.T. 1989. "The Art and Science of Decision Making: The Analytic Hierarchy Process". En: Golden, B.L.; Wasil, E.A. y Harker, P.T.: "The Analytic Hierarchy Process". Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg 1989. Pags. 3-36.
- [14]. Harker, P.T. y Vargas, L.G. 1987. "Theory of Ratio Scale Estimation: SAATY's Analytic Hierarchy Process". *Management Science*, 33. Pags. 1383-1403.
- [15]. Harker, P.T. y Vargas, L.G. 1990. "Reply to 'Remarks on the Analytic Hierarchy Process' by J.S.Dyer". *Management Science*, 36, num.3. Pags. 269-273.
- [16]. Hirsch, R.S. 1981. "Procedures of the Human Factors Center at San Jose". *IBM Systems Journal*, Vol.20, n° 2.
- [17]. Lootsma, F.A. 1991. "Scale sensitivity and rank preservation in a multiplicative variant of the AHP and SMART". Report 91-67 Delft University of Technology.
- [18]. Lootsma, F.A. 1992. "The REMBRANDT System for multicriteria decision analysis via pairwise comparisons or direct rating". Report 92-05 Delft University of Technology.
- [19]. Radice, R.A. y Phillips, R.W. 1988. "Software Engineering". Prentice Hall. Englewood Cliffs. New Jersey. ISBN 0-13-823220-2.
- [20]. Roy, B. 1977. "Critique et depassement de la problematique de l'optimisation". *Cahiers SEMA*, num.1.
- [21]. Rubinstein, R. Y Hersch, H. 1984. "The Human Factors. Digital Press.
- [22]. Saaty, T.L. 1980. "The Analytic Hierarchy Process". McGraw-Hill. New York.
- [23]. Saaty, T.L. 1990. "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operations Research*, 48. Pags.9-26.
- [24]. Saaty, T.L. 1990. "An exposition of the AHP in reply to the paper 'Remarks on the Analytic Hierarchy Process'". *Management Science*, vol.36, num.3. Pags.259-268.
- [25]. Saaty, T.L. 1994. "Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process". *European Journal of Operational Research* 74. Pags. 426-427.
- [26]. Saaty, T.L. y Vargas, L.G. 1984. "The Legitimacy of Rank Reversal". *OMEGA Int. J. Of Mgmt. Sci.*, Vol.12, num.5. Pags.513-516.
- [27]. Schenkerman, S. 1994. "Avoiding rank reversal in AHP decision-support models". *European Journal of Operational Research*, 74. Pags. 407-419.
- [28]. Schenkerman, S. 1997. "Inducement of Nonexistent Order by the Analytic Hierarchy Process". *Decision Sciences*, Vol.28, num.2. Spring 1997. Pags. 475-482.
- [29]. Thadhani, A.J. 1981. "Interactive user productivity". *IBM Systems Journal*. Vol.20, n° 4.
- [30]. Vargas, L.G. 1985. "A Rejoinder". *OMEGA Int. J. Of Mgmt. Sci.* Vol.13, num.4. Pag.249.
- [31]. Vargas, L.G. 1994. "Reply to Schenkerman's avoiding rank reversal in AHP decision support models". *European Journal of Operational Research* 74. Pags. 420-425.
- [32]. Zahedy, F. 1986. "The analytic hierarchy process. A survey of the method and its applications". *Interfaces* 16(4). Pags. 96-108.