

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ИЕРАРХИЧЕСКОГО МЕНЮ

**А.И. Даниленко**

*Учреждение Российской академии наук  
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,  
Москва, Российская федерация, [danilenko.alexander@gmail.com](mailto:danilenko.alexander@gmail.com)*

С развитием графических интерфейсов иерархические командные меню стали важной частью компьютерных программ, и до сих пор удерживают свою позицию. Меню обычно является если не единственным, то самым полным каталогом команд или ссылок в системе, поэтому удобство меню является важным критерием качества интерфейса в целом. Но применение иерархических меню не ограничивается компьютерными программами. Различного рода меню применяются для управления голосовыми интерфейсами, для навигации по Интернет-сайтам, а также в мобильных и бытовых устройствах. Однако, несмотря на многочисленные теоретические и экспериментальные исследования (см. обзоры в [1, 2]), на практике, как правило, структура и внешний вид меню определяются без применения каких-либо обоснованных рекомендаций. Причина в ограниченной применимости существующих исследований: большинство результатов получено в искусственных условиях и не обобщаются на общий случай. Такая ситуация привела к появлению работ [2], в которых сравниваются различные методы и определяется их применимость в зависимости от условий и стратегий пользователей. При подобном многообразии моделей сложно сформулировать общие рекомендации по формированию структуры меню и, тем более, реализовать компьютерную поддержку построения меню.

Эффективный инструмент проектирования должен показывать пользователю, где находится цель, какое текущее положение и пути по достижению цели. Детальные требования обсуждаются в докладе М.В. Губко «Интерактивные системы оптимизации иерархических структур». Для реализации автоматизированной системы проектирования меню требуется теоретическая база, которая покрывает широкий круг возможных применений меню и позволяет рассчитывать качество как меню в целом, так и отдельных панелей меню в частности. Такая база была построена с применением теории оптимизации иерархических структур [3, 4]. Данный доклад посвящен обсуждению теоретических результатов и их применению в системе автоматизированного проектирования структуры меню.

Иерархическое меню строится на основе множества элементов  $N = \{1, \dots, n\}$  (например, команд или ссылок в Интернет-каталоге), к которым необходимо обеспечить доступ посредством меню. Через  $\mu(w)$  обозначим популярность элемента  $w \in N$  – вероятность того, что этот элемент потребуется пользователю. Для построения меню проектировщику необходимо решить, на какие категории следует разбить элементы, как далее следует разбить элементы каждой категории на подкатегории, и так далее, как назвать категории и в каком виде представить их пользователю, чтоб меню было удобно для использования. Как правило, в качестве критерия удобства принимают среднее время доступа к искомому элементу меню (время одной пользовательской сессии). Для каждой категории  $s \subseteq N$  можно определить ее популярность как сумму популярностей входящих в нее элементов  $\mu_s = \sum_{w \in s} \mu(w)$ . Пользователь в меню проводит все время, просматривая панели меню в поисках искомого элемента. Значит, среднее время одной пользовательской сессии в иерархии  $H$  определяется взвешенной суммой  $T = \sum_{s \in H} \mu_s t_s$ , где  $t_s$  – среднее время пребывания пользователя в панели

меню  $s$ . Таким образом, задача состоит в поиске меню, минимизирующего среднее время пользовательской сессии  $T$ . Оптимальное меню определяется путем выбора структуры категорий, а также внешнего вида и пользовательских качеств меню, совокупность которых будем называть типом меню.

Описанная задача принадлежит широкому классу задач поиска оптимальных иерархических структур [3, 4]. Построенная модель оптимизации иерархических меню позволяет сделать следующие выводы [5]:

1. Не имеет смысла смешивать несколько типов меню. То есть все панели одного меню должны быть схожи в принципах организации вариантов. Например, не эффективно располагать в панели меню варианты горизонтально, если в другой панели этого же меню они расположены вертикально.
2. В каждой панели меню должно быть примерно одинаковое количество пунктов. Оптимальное число пунктов зависит от типа меню, поведения пользователей и ряда других факторов. В модели получены аналитические выражения для оптимального числа вариантов для различных условий. В частности, из анализа следует, что чем выше быстродействие системы и чем опытнее пользователь, тем меньше число вариантов должно быть в каждой панели меню.
3. Распределение популярностей вариантов должно быть одинаково для каждой панели меню. В зависимости от стратегии поведения пользователя, оптимальное меню может быть симметричным, а может иметь сильный перевес популярности между вариантами в одной панели меню. Как правило, должно быть проще найти самые популярные пункты. Для различных параметров модели получены аналитические выражения для оптимального распределения популярностей между вариантами меню.

Ключевым свойством предложенной общей модели является возможность ее расширения на важные практические случаи. Например, можно ввести в модель вероятность ошибки пользователя или рассмотреть популярные в Интернет-каталогах двухуровневые меню. Для этих случаев также получены аналитические выражения, описывающие оптимальную структуру меню. Так, увеличение вероятности ошибки пользователя приводит к уменьшению числа пунктов в панели меню.

Таким образом, модель детально описывает оптимальное меню – теоретический идеал, к которому стоит стремиться в реальной системе. Кроме того, модель предоставляет аналитические выражения для расчета среднего времени поиска элемента в оптимальном меню, а также для определения качества, как всего меню, так и отдельно взятой панели.

На практике, естественно, далеко не всегда возможно построить меню по оптимальному шаблону. Однако существуют алгоритмы построения субоптимальных структур, позволяющие построить над конкретным множеством элементов иерархию категорий, близкую к оптимальной. На основе этих алгоритмов можно предложить автоматический процесс построения структуры меню. Но важным фактором, влияющим на качество меню, является его семантическое качество [6]. Таким образом, для автоматического решения задачи требуется наличие классификации элементов по большому числу критериев или существование некоторой функции для определения семантической близости элементов. Предоставление этой информации в большинстве случаев крайне трудоемко. Кроме того могут существовать неформальные критерии, влияющие на структуру отдельных частей меню. Поэтому более реалистичным видится предложение автоматизированной системы, которая предоставляет дизайнеру удобные инструменты, базирующиеся на теоретической модели и экспериментальных данных, при этом полагаясь в вопросах семантического качества на возможности и опыт человека. Предлагаемый процесс формирования структуры при помощи САПР выглядит следующим образом:

1. Дизайнер меню загружает набор элементов с их популярностями (полученными из экспериментов или основанными на экспертных оценках).
2. Дизайнер классифицирует элементы по нескольким (желательно, независимым) основаниям. Эта классификация будет использована для автоматической группировки элементов.
3. Дизайнер определяет условия использования меню и целевую аудиторию.
4. Дизайнер определяет множество допустимых типов меню (например, вертикальный список названий или матрица иконок).
5. Система оценивает среднее время навигации в панели меню. Для расчетов используется библиотека моделей, основанная на теоретических и экспериментальных исследованиях.
6. Система анализирует среднее время поиска для каждого типа меню и предлагает наилучший тип. В оптимальном меню этот тип следует использовать во всех панелях.
7. Если по каким-то неформальным причинам предложенный тип меню не подходит в рассматриваемых условиях, дизайнер может изменить используемый тип меню.
8. Начинается итеративный процесс улучшения структуры меню. Базой для улучшения может служить существующая структура меню или структура, построенная системой на основе предоставленной классификации.
9. Для текущей структуры меню система рассчитывает среднее время пользовательской сессии и сравнивает его с теоретическим минимумом. Также рассчитывается качество каждой панели меню. Критерии оценки качества обсуждаются в докладе М.В. Губко.
10. Дизайнер выбирает «узкое место» и улучшает его, объединяя или разделяя категории, меняя их порядок, выбирая альтернативный тип меню, и так далее.
11. Дизайнер выбирает и улучшает следующую проблемную панель.
12. Процесс продолжается до достижения приемлемого качества меню или до момента, когда не видно направлений улучшения.

Таким образом, описанная автоматизированная система предоставляет дизайнеру оптимальный шаблон, показывает направления возможных улучшений, но при этом дает возможность дизайнеру отклоняться от предлагаемой траектории для учета неформальных ограничений и улучшения семантического качества меню.

### Литература

1. Norman K.L. The Psychology of Menu Selection: Designing Cognitive Control at the Human/Computer Interface. Norwood, N.J.: Ablex Publishing Corporation. 1991. 368 p.
2. Hollink V., Van Someren M., Wielinga B. Navigation behavior models for link structure optimization // User Modeling and User-Adapted Interaction. 2007. Vol. 17 (4). P. 339-377.
3. Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. М.: ИПУ РАН. 2003. 214 с.
4. Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. М.: ЛЕНАНД. 2006. 264 с.
5. Губко М.В., Даниленко А.И. Построение иерархического меню для минимизации времени поиска // Труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем – 2009». Том 2. М.: ИПУ РАН. 2009. С 78-81.
6. Fisher D.L., Yungkurth E.J., Moss S.M. Optimal menu hierarchy design: syntax and semantics // Human Factors. 1990. Vol. 32 (6). P. 665-683.