

# Методы поддержки принятия решений с использованием гипервариативных интерфейсов применительно к проектированию сложных технических систем

Коровин М.Д.  
Самарский университет  
им. С.П. Королева  
г. Самара, Россия  
Email: maks.korovin@gmail.com

Аннотация—В работе рассмотрено применение методов гипервариативного представления информации в системах поддержки принятия решений. Описаны модели принятия решений, показана связь между принятием решений и другими когнитивными процессами.

Keywords—интерфейс, принятие решений, моделирование, проектирование.

## I. Введение

Актуальным направлением развития современных пользовательских интерфейсов систем поддержки принятия решений является уменьшение когнитивной нагрузки на лицо, принимающее решение (ЛПР), что позволяет повысить уверенность ЛПР в результатах собственной деятельности, а также увеличить эффективность его работы за счет снижения времени, необходимого на восприятие информации [Borgest et al. 2015]. Одной из техник, позволяющих достичь уменьшения когнитивной нагрузки на ЛПР является применение гипервариативных интерфейсов.

## II. Принятие решений

Теория принятия решений позволяет выбрать оптимальную стратегию в условиях наличия множества альтернатив. В многоуровневой эталонной модели мозга [Wang et al., 2003] процесс принятия решений описывается как фундаментальный высший когнитивный процесс, связанный с когнитивной деятельностью сознательных форм жизни [Wang et al. 2006]. На рисунке 1 представлено сопоставление естественного интеллекта и уровней многоуровневой эталонной модели.

Высшие когнитивные функции на уровне 6 обеспечиваются мета когнитивными процессами на уровне 5. К ключевым мета когнитивным функциям 5 уровня относят поиск, категоризацию, запоминание и представление информации, которые обеспечивают восприятие, обучение, мышление, принятие решений, решение проблем, анализ, синтез, планирование и количественную оценку, относящиеся к 6 уровню. На рисунке 2 представлены когнитивные функции уровней 5 и 6,



Рис. 1. Сопоставление естественного интеллекта и уровней многоуровневой эталонной модели мозга

участвующие в когнитивном процессе принятия решений [Wang et al. 2004].

Таким образом, процесс принятия решения это высший когнитивный процесс мозга по выбору предпочтительной альтернативы или действия среди некоторого множества вариантов на основании некоторой информации [Wang et al., 2003]. Восприятие - это действие или способность осознавать путем выявления связей между данным объектом или атрибутом и другими объектами. Одним из представлений восприятия является модель отношения объект-атрибут [Wang et al. 2003], в рамках которой объекту или атрибуту сопоставляется соответствующий кластер в долгосрочной памяти. На рисунке 3 представлено взаимодействие трех мета когнитивных функций и восприятия как высшего когнитивного процесса [Wang and Gafurov, 2003].

Стоит отметить, что эти мета когнитивные функции



Рис. 2. Связь между принятием решений и другими когнитивными процессами в рамках многоуровневой эталонной модели мозга

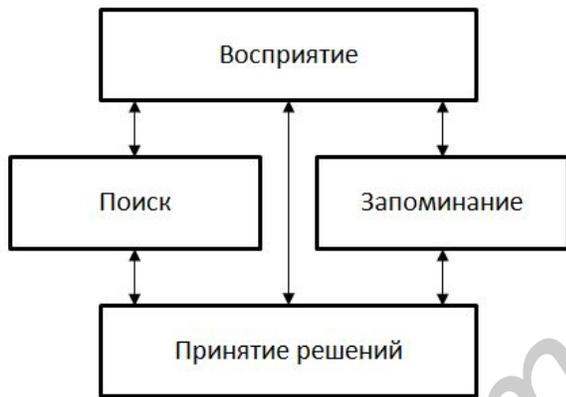


Рис. 3. Взаимодействие трех мета когнитивных функций и восприятия как высшего когнитивного процесса

(поиск, представление знаний и запоминание), связанные с восприятием, также связаны с процессом принятия решений (рисунок 2). Таким образом, повышение качества восприятия информации, выраженного как совокупность трех мета когнитивных функций поиска, представления и запоминания информации, является ключевой задачей в улучшении эффективности пользовательского интерфейса и предотвращению когнитивной перегрузки. Согласно [Paul and Nazareth, 2010] совместная работа позволяет повысить эффективность получения и распространения больших объемов информации, однако одновременно усложняет её обработку что может привести к информационной перегрузке. Эти выводы были сделаны на основании группового исследования эффективности совместной работы и использованием программных систем поддержки групповых проектов. В результате исследования была выявлена обратная U-образная зависимость между сложностью информации и необходимым временем для её восприятия и обратная зависимость от строгости временных ограничений. Исследование также показало, что представление пользователю аналитически обра-

ботанной информации в значительной мере снижает информационную перегрузку и позволяет воспринимать больший объем информации. Также результаты этого исследования не противоречат описанию высшего когнитивного процесса восприятия согласно многоуровневой эталонной модели мозга.

### III. Человеко-машинное взаимодействие

Человеко-машинное взаимодействие изучает взаимодействие человека и компьютерных систем и их влияние друг на друга [Dix et al., 2003]. Человеко-машинное взаимодействие позволяет уменьшить необходимое количество человеческих действий, требуемых для решения задачи с использованием компьютерных систем до разумного набора стандартных процедур на основе когнитивных моделей действий в рамках пользовательского интерфейса [St. Amant, 1999]. Понимание того как и почему пользователи интерпретируют визуальные подсказки - это вопрос, относящийся одновременно к науке о человеко-машинном взаимодействии и науке о процессе познания. В работе [Shneiderman et al., 2009] задача разработки пользовательского интерфейса формулируется как понимание возможностей восприятия и понимания информации предполагаемого пользователя в абстрактной предметной области, включая поиск и обработку информации, решение проблем и логический вывод, принятие решений, оценку рисков, восприятие и выработку новых знаний через обучение. Все эти абстрактные процессы имеют место при решении задач проектирования сложных технических объектов. Под расширенной средой понимается применение методов нескольких научных дисциплин, включая нейробиологию, психологию и информатику, для идентификации когнитивных проблем и адаптации пользовательского интерфейса для снижения когнитивной нагрузки и повышения эффективности работы пользователя [Shmorrow et al., 2006]. Базовая расширенная среда восприятия предполагает постоянный мониторинг контекстуального состояния пользователя, наличие механизма логического вывода, осуществляющего оценку когнитивного состояния пользователя, адаптивный интерфейс, снижающий когнитивную нагрузку на пользователя путем ситуационного изменения своих параметров, и компьютерную систему, интегрирующую все компоненты среды. В работе [Greese et al., 2011] был предложен общий принцип проектирования интерфейсов - представление информации в форме, максимально способствующей её восприятию и пониманию её смысла путем стимуляции творческого поиска и манипуляции пользователем с помощью графических элементов и динамически меняющихся представлений информации при поддержке решения пользовательских задач. Подобный подход был реализован в прототипе системы автоматического проектирования самолета "Робот-проектант пользователь следует заранее заданному сценарию расчета, в рамках которого он может в значительной мере влиять на изменение проектных параметров [Borgest et al., 2015]. Выделяют следующие восемь правил проектирования пользовательских интерфейсов [Shneiderman et al., 2009]:

- единообразии, подразумевающее выполнение

пользователем схожих действий при решении схожих задач;

- повышение универсальности через возможность создания пользователем шаблонов для часто решаемых задач и сокращения повторяющихся операций;
- реализация обратной связи с пользователем через графическое представление пользователю информации об интересующих его сущностях;
- выделение отдельных этапов в решении пользовательской задачи и подтверждение их выполнения;
- предотвращение ошибок путем ограничения пользовательских вариантов действий и реализации возможности вернуться к предыдущим этапам решения задачи;
- реализация механизма быстрой отмены изменений, внесенных в проект, для развития стремления пользователя исследовать интерфейс и экспериментировать с новыми для себя функциями;
- создание у пользователя ощущения контроля путем инициализации выполнения действий после проявления соответствующей инициативы пользователя;
- снижение нагрузки на краткосрочную память пользователя путем учета человеческих ограничений на возможности обработки информации и создание возможностей для мнемонической тренировки пользователя при выполнении последовательностей действий.

Создание интерфейсов, манипулирующих пользователем, имеет множество преимуществ, включая возможность визуального представления задачи, упрощение обучения и поддержки навыков использования интерфейса и предотвращения ошибок ввода данных, что позволяет повысить степень удовлетворения пользователя [Shneiderman et al., 2009].

#### IV. Гипервариативные интерфейсы

Несмотря на наличие большого количества техник визуализации больших массивов информации, проблема их успешного применения в контексте систем поддержки принятия решений до сих пор весьма актуальна [Zhu et al., 2008]. Выделяют три основных стратегии визуализации, способствующих снижению когнитивной нагрузки на пользователя [Bhavani, 2000]:

- представление пользователю исключительно релевантной информации;
- одновременная демонстрация информации о связанных сущностях;
- реализация навигации пользователя по меню на высоком уровне абстракции с одновременной демонстрацией детализированной информации по выбранному элементу.

Методы обработки информации могут помочь в реализации выдачи пользователю исключительно релевантной информации. Применение методов обработки информации совместно с методами визуализации информации делает возможным снижение когнитивной нагрузки на пользователя. В 2001 году была сформулирована концепция гипервариативного представления информации [Spence, 2001]. Основной идеей метода является одновременная демонстрация пользователю не менее чем трех связанных атрибутов одновременно. Пример такого представления изображен на рисунках 4 [Yang et al., 2004] и 5 [Hauser, et al., 2002].

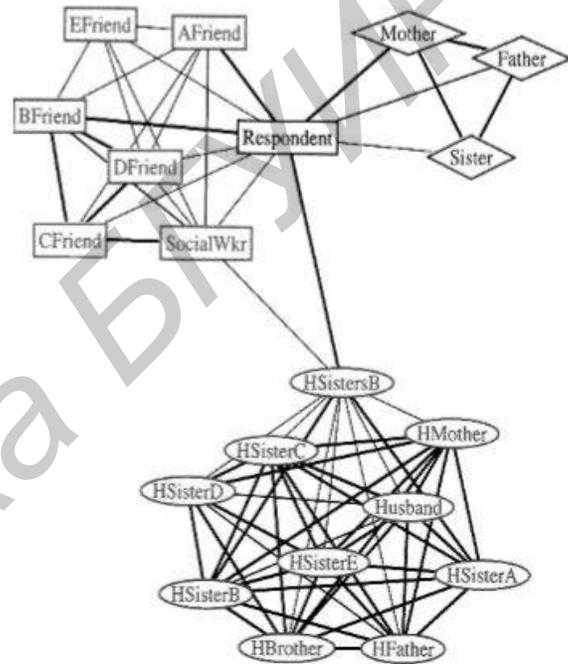


Рис. 4. Гипервариативное представление возможности социального выбора в виде графа

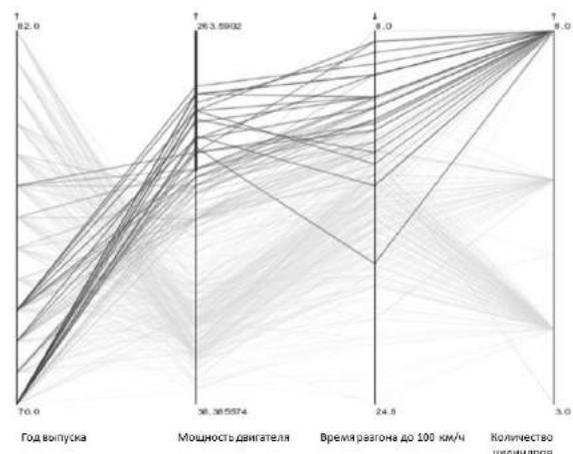


Рис. 5. Гипервариативное представление статистики о мощности автомобилей, произведенных в США в период с 1970 по 1982 годы

Предполагается, что применение методов визуализации объектов предметной области с использованием

дополнительных символов, представляющих значения их атрибутов, позволит упростить сравнение между объектами [Muller, 2010]. Одной из ключевых проблем при реализации гипervариативных представлений информации является сложность визуализации данных для пользователя в случае необходимости одновременной демонстрации большого количества проектных переменных. Одним из потенциальных решений этой проблемы может быть использование методов машинного обучения с целью выделения переменных, оказывающих наибольшее влияние на результат. Другим возможным подходом является использование трехмерного представления наборов графических представлений наборов взаимосвязанных данных как показано на рисунке 6 [Fanea et al., 2005].

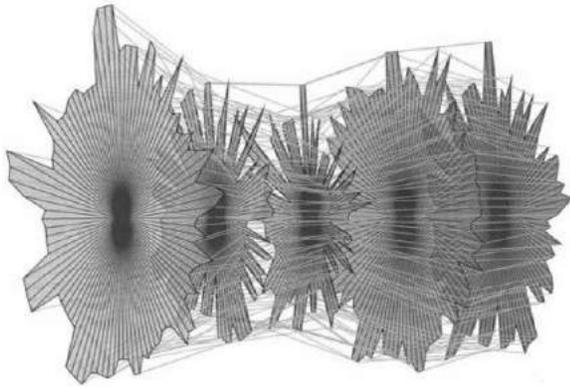


Рис. 6. Использование трехмерного представления наборов графических представлений наборов взаимосвязанных данных

## V. Заключение

Применение рассмотренного метода поддержки принятия решений на основе гипervариативного представления информации в интерфейсах информационных систем позволяет потенциально снизить когнитивную нагрузку на пользователя за счет более наглядной демонстрации связи между проектными параметрами. Практическое применение этого метода, однако, требует проведения значительного объема работы по созданию графических шаблонов, которые можно было бы использовать для отображения информации пользователю.

### Список литературы

- [1] St. Amant, R. (1999). User interface affordances in a planning representation. *Human Computer Interaction*, 14, 317-354.
- [2] Borgest N.M., Vlasov S.A., Gromov A.I.A., Gromov An.A., Korovin M.D., Shustova D.V., (2015), Robot-designer: on the road to reality, *Ontology Of Designing Vol. 5 No. 4(17)*, pp. 429-449
- [3] Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., & Beale, R. (2003). *Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- [4] Fanea E., Carpendale S. and Isenberg T., (2005) An interactive 3D Integration of Parallel Coordinates and Star Glyphs. In *Information Visualization INFO VIS 05. Proceedings of IEEE Symposium*.
- [5] Hauser, H. and Ledermann, F. and Doleisch, H., (2002), Angular Brushing of Extended Parallel Coordinates. *Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization*, pages 127-130.

- [6] Muller, F. (2010). *Hypervariate Information Visualization. Trends in Information Visualization. Technical Report LMU-MI-2010-1*, Munich, Germany: University of Munich, 31-37.
- [7] Paul, S. & Nazareth, D.L. (2010). Input information complexity, perceived time pressure, and information processing in GSS-based work groups: an experimental investigation using a decision schema to alleviate information overload conditions. *Decision Support Systems*, 49(1), 31-40.
- [8] Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2011). *Interaction design: beyond human-computer interaction* (3rd ed.). New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- [9] Schmorow, D., Stanney, K. M., Wilson, G. & Young, P. (2006). *Augmented cognition in human-system interaction. Handbook of Human Factors and Ergonomics* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [10] Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., & Jacobs, S. (2009). *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction* (5th ed.). Boston, MA: Addison-Wesley.
- [11] Spence, R. (2001). *Information Visualization*. New York: Addison-Wesley.
- [12] Wang, Y., Patel, S., Patel, D., & Wang, Y. (2003). A layered reference model of the brain. *Second IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'03)*, 7-17.
- [13] Wang, Y., Wang, Y., Patel, S., & Patel, D. (2006). A layered reference model of the brain (LRMB). *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 36(2), 124-133.
- [14] Wang, Y., Liu, D. & Ruhe, G. (2004). Formal description of the cognitive process of decision making. *Proceedings 3rd IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'04)*, 124-130.
- [15] Wang, Y. & Gafurov, D. (2003). The cognitive process of comprehension. *Second IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'03)*, 93-97.
- [16] Yang J., Patro A., Huang S., Mehta N., Ward M., and Rundensteiner E. Value and Relation Display for Interactive Exploration of High Dimensional Datasets. In *Information Visualization, 2004. INFOVIS 2004. IEEE Symposium on*, pages 73-80.
- [17] Zhu, B. & Hsinchun, C. (2008). *Information visualization for decision support. Handbook on Decision Support Systems 2*. Berlin, Germany: Springer.

## METHODS FOR DECISION-MAKING AID IMPLICATING HYPERVARIATIVE DISPLAY TECHNIQUES FOR INTERFACES OF COMPLEX TECHNICAL ARTIFACTS DESIGN SUPPORT SYSTEM

Korovin M.D.

The article describes modern state in the domain of decision-making aid using hypervariate information display techniques in interfaces of decision-support systems. Several models of human cognition and decision-making are discussed, including the Layered Reference Model of the Brain. The necessity of diminishing of the cognitive load on the user was shown based on data obtain from several research reports. Several issues of human-computer interaction regarding the data representation in the interface for a decision-making support system have been shown. Hypervariate techniques of data display were discussed in their application towards the design of complex artifacts. Several problems regarding their usage were outlined.