

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ АГЕНТОМ НА ОСНОВЕ СУБЪЕКТИВНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ

Г.П. Виноградов

АО НИИ «Центрпрограммсистем»

Россия, 170024, Тверь, пр-т Н. Корыткова, 3а

E-mail: wgp272ng@mail.ru

Ключевые слова: управление, принятие решений, модель, принятие решений, компромисс.

Аннотация: Рассмотрена основная проблема теории выбора: как и почему индивидуальность субъекта выбора приводит к деформациям рационального выбора. Показано, что закономерности отхода субъекта от «идеального» рационального выбора к субъективно рациональному связаны с особенностями идентификации и понимания состояния внешнего окружения (внешние факторы) и свойств интересов (внутренние факторы). Внешние факторы связаны также с обязательствами, которые принимает на себя агент. Внутренние факторы отражают интересы субъекта, индуцируемые его потребностями и этической системой, которой он придерживается. Доказано, что выбор субъектом осуществляется на основе субъективных представлений, которые отражают различные аспекты понимания субъектом ситуации выбора и образуют информационную структуру представлений, как множество возможных вариантов представлений и должен учитывать оценки удовлетворенности текущей ситуацией выбора субъектом. Показано, что агент при принятии решений использует три множества альтернатив: управляющие, структурные и идентификации. Правила выбора таких альтернатив в зависимости от понимания субъектом обстановки и структуры своих интересов формируются путем нахождения компромисса и проблема моделирования выбора приобретает игровое содержание.

1. Введение

Интерес к процессам формирования решений связан с работами по информационному управлению поведением естественных и искусственных существ (далее агентов) [5, 6]. Поведение агентов на основе формальных моделей исследуется в теории агентов, теории принятия решений, поведенческой робототехники, в теории искусственного интеллекта и ряда других направлений [7]. Формальная теория выбора развивалась путем абстрагирования от субъективных факторов. Это привело к созданию нормативной теории принятия решений «идеальным» субъектом, в которой процесс принятия решений практически является неконтролируемым фактором [8], что существенно ограничивает возможности моделирования поведения. То есть логика развития проблемы выбора привела к необходимости изучения, как и почему в реальных условиях происходит «отход» субъекта от нормативной рациональности [4, 8]. Развитие теории мультиагентных систем в настоящее время также направлено на решение комплекса проблем, концентрирующихся вокруг феномена субъективного выбора [3, 7].

2. Исходные предположения

Выбор субъектом осуществляется на основе представлений о ситуации выбора, которая формально определена в [1]. Компоненты представления отражают различные аспекты понимания агентом ситуации выбора и образуют информационную структуру представлений. Множество возможных вариантов представлений обозначим через X .

Для множества состояний окружения S множество наблюдаемых состояний окружения удовлетворяют условию $S \cap X \neq \emptyset$, то есть представления агента могут содержать как объективную составляющую, так и фантомную. Структурные альтернативы агент выбирает в зависимости от оценок удовлетворенности значениями свойств ситуации выбора. Формирование представлений осуществляется на основе процедур восприятия, осознания и анализа согласно с когнитивными возможностями агента.

Пусть принятие решения выполняется в несколько циклических этапов, и способы действия выбираются на каждом этапе $n = 1, 2, \dots$ из множества C в зависимости от представления о состоянии окружения $x \in X$. Это связано с тем, что совместный надсознательный (интуитивный) и сознательный анализы состояния окружения позволяют в многократных итерациях принять сначала смутно осознаваемое, а затем все более четко формулируемое и обоснованное решение. При этом существуют ограничения $C_x \subseteq C$ на допустимость выбора альтернатив в зависимости от представлений о состоянии окружения $x \in X$. Динамика процессов в окружении субъекта недоступна прямому восприятию, поэтому представления о ней формируются путем применения процедур идентификации, суть которых сводится к выбору варианта представлений в зависимости от наблюдаемого состояния и структуры интересов $g \in G$. При этом существуют и известны ограничения $X_s \subseteq X$ на допустимость представлений в качестве альтернатив идентификации в зависимости от наблюдаемых состояний $s \in S$.

Исходя из этих предположений, следуя [2], введем определения стратегий.

Однозначное отображение $\lambda: X \rightarrow C$ такое, что $\lambda(x) \in C_x$, $x \in X$, называется функцией выбора или управления; упорядоченный набор $(\lambda_1, \dots, \lambda_n) \equiv \lambda_1^n$ – стратегией выбора на горизонте длины $n < \infty$; $\lim\{\lambda_1^n\} = \lambda_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$ будем называть стратегией, направленной на достижение локального идеала, определяющего смысл существования субъекта.

Однозначное монотонное отображение $\xi: S \rightarrow X$ такое, что $\xi(s) \in X_s$, $s \in S$, называется функцией идентификации; упорядоченный набор $(\xi_1, \dots, \xi_n) \equiv \xi_1^n$ – стратегией идентификации на горизонте длины $n < \infty$; последовательность $\{\xi_1^n, n = 1, 2, \dots\}$ – стратегией идентификации на ограниченном горизонте. Поскольку субъект стремится к формированию полезных представлений, то существует $\lim\{\xi_1^n\} = \xi_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$.

Так как множества S и X удовлетворяют условию $|S| > |X|$, то однозначное отображение $\xi: S \rightarrow X$ порождает разбиение множества S на подмножества $\xi^{-1}(x) = \cup\{s \in S : \xi(s) = x\} \subset S, x \in X$. Подмножества $\xi^{-1}(x) \subset S, x \in X$, являются связными множествами, то есть любой элемент $s \in \xi^{-1}(x)$ однозначно определяет соответствующее представление $x \in X$. Следовательно, можно говорить, что подмножества $\xi^{-1}(x) \subset S, x \in X$, образуют классы эквивалентных представлений – паттерны. Выбранная в момент n структурная альтернатива $\gamma_n \in G$ является *структурным выбором* на n -м шаге принятия решений; упорядоченный набор $(\gamma_n, \dots, \gamma_1) \equiv \gamma_1^n$ – стратегией *структурного выбора* на горизонте принятия решений длины $n < \infty$; последовательность $\{\gamma_1^n, n = 1, 2, \dots\}$ – стратегией структурного выбора на ограниченном горизонте. Поскольку агент стремится к соответствию своей структуры интересов требованиям принятой им этической системы, то существует $\lim\{\gamma_1^n\} = \gamma_1^\infty$ при $n \rightarrow \infty$.

3. Модель принятия решений с изменяющейся структурой предпочтений

Согласно [1] критерий выбора стратегии управления имеет смысл ожидаемой удельной ценности от выбора по результату, формализация которой имеет вид функции полезности $E\varphi^g(C \times S \times X)$, зависящей от структурной альтернативы $g \in G$ как от параметра. Поскольку процесс управления начинается с некоторой ситуации $x \in X$, то критерий $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ будет также зависеть и от ситуации $x \in X$ как от начального условия. Так как при этом множество ситуаций X конечно, то критерий $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ будет окончательно представляться вектором в пространстве R^X размерности $|X|$. Его компоненты будем записывать в виде $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)(x), x \in X$. По результату выбора субъект испытывает эмоциональное переживание, поэтому качество стратегии структурного выбора γ_1^n следует описывать в виде критерия, имеющего смысл «удовлетворенности результатами выбора». Следовательно, качество стратегии γ_1^n естественно описывать сверткой вектора ожидаемой полезности $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n) \in R^X$ в некоторый функционал $\mu: R^X \rightarrow R^1$. Тогда критерий качества стратегии γ_1^n можно записать в виде $\mu_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n) = \mu(E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)) \in R^1$.

Качество своих представлений субъект связывает с оценками возможности достижения желаемых состояний от управления $c \in C$, а также с возможностью расширения множества $C \uparrow$ путем включения в него эффективных альтернатив. В работе [3] в качестве критерия оценки представлений использовать термы лингвистической переменной «полезность», которые строятся на значениях $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$. Оценки полезности будут зависеть от стратегий управления λ_1^n , структурного выбора γ_1^n как от заданных условий. Обозначим критерий «полезность» следующим образом $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n)$. Поскольку процесс идентификации начинается с некоторого состояния $s \in S$, то этот критерий будет зависеть от состояния $s \in S$, задаваемого в качестве начального условия. Так как при этом множество состояний S конечно, то критерий идентификации будет представляться вектором $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n)$ в пространстве R^S размерности $|S|$.

В ситуации выбора качество стратегий управления и структурного выбора описывается соответственно критериями $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n) \in R^X$ и $\mu_n(\gamma_1^n | \lambda_1^n) \in R^1$, имеющими смысл удельной ценности по результату и удовлетворенности результатами выбора, а качество стратегии идентификации – критерием $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n) \in R^S$, имеющим смысл полезности представлений для достижения желаемых состояний. Использование введенных критериев предполагает определение соответствующих информационных структур или моделей.

Будем предполагать существование информационной структуры представлений I , которая отражает знания и опыт субъекта о: способах действия (управления), своих интересах и предпочтениях, динамике перехода окружения в различные состояния. Тогда можно предположить, что существует структурное преобразование этой структуры в информационную структуру, обеспечивающую возможность построения критерия удельной ценности $E\varphi_n(\lambda_1^n | \gamma_1^n)$ и модели предметной области. Такое преобразование будем называть «преобразованием удельной ценности», а индуцируемую им информационную структуру будем называть «информационной структурой удельной ценности ситуации выбора по результату» и обозначать $U = U(I)$.

Аналогично, если существует структурное преобразование структуры I в информационную структуру, обеспечивающей возможность построения критерия идентификации $\psi_n(\xi_1^n | \lambda_1^n, \gamma_1^n)$ и модели процедур идентификации, то такое преобразование будем называть «преобразованием идентификации» и обозначать R , а индуцируемую им информационную структуру будем называть «информационной структурой идентификации» и обозначать $R = R(I)$.

Представления субъекта о ситуации целеустремленного состояния является субъективными и качественными, построенными на основе наблюдений и анализа процесса перехода окружения под действием управления $c \in C$ в различные состояния $s \in S$. Обозначим правило такого перехода через $q^g(S|S \times C)$ из $S \times C$ в S . Фактически субъект для оценки ценности возможных результатов использует построенную по результатам стратегии идентификации ξ_1^n модель $Q^g(X|X \times C)$ из $X \times C$ в X . При ее построении учитываются стратегии управления λ_1^n , структурного выбора γ_1^n , либо такими стратегиями он задается. Это означает, что преобразование фактической функции $q^g(S|S \times C)$ в функцию понимания субъектом процессов в его окружении $Q^g(X|X \times Y)$ возможно лишь в апостериорном режиме в зависимости от используемых стратегий $(\lambda_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)$. Такое преобразование и построение критерия ожидаемой удельной ценности $E\varphi_n(\lambda|\gamma_1^n)$ возможно при последовательном формировании информационных структур «полезности» в зависимости от используемых стратегий. Это условие будем записывать в виде $U_n = U(\lambda_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)(I), n = 1, 2, \dots$. Отметим, что критерий $E\varphi_n(\lambda|\gamma_1^n)$ неявно зависит от стратегии идентификации ξ_1^n за счет введения в модель выбора индуцированной структуры U_n . Как было отмечено выше, критерий $\mu_n(\gamma_1^n|\lambda_1^n) \in R^1$ качества структурного выбора определяется сверткой критерия $E\varphi_n(\lambda_1^n|\tau_1^n) \in R^X$.

Для построения критерия идентификации требуется использование некоторой функции, которая имела бы смысл «полезности». Для этого надо построить вербальные оценки на значениях функции полезности $E\varphi^g(S \times X \times Y)$. Требуемое преобразование существует и может выполняться в априорном режиме (т. е. до выбора решений).

Такое преобразование определяется субъектом относительно нечеткой меры, которая может быть построена, если задана функция $q^g(S|S \times C)$ из $S \times C$ в S . Поскольку ее аналог в сознании субъекта имеет вид $Q^g(X|X \times C)$ и он может ее однозначно задать в информационной структуре I , то, следовательно, не требуется дополнительных преобразований. Такое преобразование будем называть структурным преобразованием «идентификации» и обозначать R , а индуцируемую им информационную структуру называть информационной структурой «полезности представлений» и обозначать $R = R(I)$.

Из введенных определений и построений следует, что критерии качества этих видов стратегий различны и взаимозависимы. Тогда проблема выбора имеет игровое содержание и сводится к отысканию устойчивого компромисса между стремлением к максимизации ожидаемой удельной ценности выбора по результату и минимизации возможных потерь от неправильных представлений.

Заметим, что поскольку информационная структура «удельной ценности» $U_n = U(\lambda_1^n, \gamma_1^n, \xi_1^n)(I)$, в условиях которой строится критерий $\mu_n(E\varphi_n(\gamma_1^n|\lambda_1^n))$, должна формироваться последовательно в зависимости от используемых стратегий, то искомые равновесия будут взаимозависимы не только на каждом этапе $n = 1, 2, \dots$ формирования решений, но они будут зависеть также и от решений, выбираемых на предшествующих, шагах. С учетом этого равновесия естественно называть *динамическими*. При достижении такого компромисса можно утверждать, что интересы субъекта реализуются с «наилучшим результатом». Если при этом динамические равновесия удовлетворяют требованиям асимптотической стационарности, то можно также утверждать, что интересы субъекта реализуются с «наилучшим результатом» на всем бесконечном горизонте, в том числе при $n \rightarrow \infty$. Отсюда следует, что динамические равновесия определяют смысл и способ реализации интересов с «наилучшим результатом». С учетом этого динамические равновесия естественным образом определяют *внутреннюю цель* при принятии решений.

4. Заключение

Рассмотрена модель принятия решений агентом, способным формировать внутреннюю цель и использующим субъективные представления о ситуации выбора. Показано, что цель выбора состоит в максимизации удельной ценности ситуации выбора по результату, а результат выбора определяется представлениями агента о ситуации выбора и о своих интересах. При принятии решений он использует три множества альтернатив: управляющие C (способы действия), структурные G и идентификации X . Следовательно, можно предположить существование трех виртуальных сторон, осуществляющих выбор соответствующих альтернатив, являющихся равновесными стратегиями.

Список литературы

1. Виноградов Г.П., Кузнецов В.Н. Моделирование поведения агента с учетом субъективных представлений о ситуации выбора. Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. № 3. С. 58-72.
2. Баранов В.В. Динамические равновесия в задачах стохастического управления и принятия решений при неопределенностях // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2002. № 3. С. 77-93.
3. Виноградов Г.П., Шматов Г.П., Борзов Д.А. Формирование представлений агента о предметной области в ситуации выбора. Программные продукты и системы. 2015. № 2 (110). С. 83-94.
4. Edwards W, Tversky A. Decision making // Harmondsworth Middlesex: England Penguin Books, 1972.
5. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004.
6. Чхартишвили А.Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. М.: ПМСОФТ, 2004.
7. Городецкий В.И., Самойлов В.В., Троцкий Д.В. Базовая онтология коллективного поведения автономных агентов и ее расширения / Известия РАН, Теория и системы управления. 2015. № 5, С. 102-121.
8. Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения. Харьков: Гуманитарный центр, 2005.