

УДК 519.21

В.В. Баранов, зам. директора, д-р техн. наук

"Центр исследований устойчивости и нелинейной динамики" РАН

ул. Дм. Ульянова, 5, комн. 312, г. Москва, Россия, 117333

А.П. Кравченко, профессор, д-р техн. наук

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля

Квартал Молодежный, 20-а, г. Луганск, Украина, 91034

УПРАВЛЕНИЕ В СТОХАСТИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Исследована проблема принятия решений в стохастических активных системах автомобильного транспорта. Рассмотрена методология и методы принятия эффективных решений, основанные на концепции извлечения «максимальной полезности» и достижении «минимального риска».

Ключевые слова: *транспортная система, активная система, интересы, принятие решений, полезность, риск.*

В настоящее время разработано множество специализированных программных продуктов, позволяющих решать задачи повышения эффективности автотранспортной отрасли. На примере Хранилища данных [1], в котором аналитическая часть является многомерной структурой (MOLAP, ROLAP, HOLAP), данные не редактируются, а только добавляются и накапливаются по хронологии. Учитывая стохастичность процессов [2], происходящих на автомобильном транспорте, со структурой унитарных и корпоративных систем, являющихся сложными активными системами [3], требуются адекватные методологии формализации и конструктивных методов решения.

Рассматривается класс систем, структура которых определяется парой (заинтересованный субъект - объект интересов). Заинтересованность субъекта порождает его активность, а интересы определяют мотивацию управляющих действий и решений. Объект интересов служит средством реализации интересов субъекта. В качестве объекта интересов может рассматриваться любая система, отличная от самого субъекта. Подобные системы называются «активными, мотивированными интересами». Выделяются и рассматривается класс активных систем, в которых объект интересов является стохастической динамической системой.

При любом конкретном содержании интересов их реализация допускает естественную интерпретацию, которая состоит в «извлечении полезности» для реализации интересов с использованием заданного объекта. Формальным средством выражения «полезности» служит функция полезности [2], представляющая на числовой оси предпочтительность альтернативных действий с точки зрения их «пользы» для реализации интересов. Отсюда возникает проблема управления процессом «извлечения полезности», суть которой состоит в последовательном выборе «наиболее полезных» для реализации интересов управляющих действий и решений. Однако, поскольку объект интересов является стохастическим, то исходы выбора неоднозначны и случайны. В некоторых случаях выбор управляющих решений может иметь катастрофические последствия. Это порождает проблему последовательного принятия решений в условиях риска, смысл которой сводится к построению устойчивого компромисса между стремлением к извлечению «максимальной полезности» и достижению «минимального риска».

Цель работы – разработка методологии и методов формализации и конструктивных решений последовательного принятия решений в условиях риска.

Класс систем. Методология и методы принятия решений должны быть адекватны условиям структуры активных систем и условиям среды, в которой они существуют. Это требует конкретизации класса систем. Поэтому ограничиваемся двумя достаточно общими классами систем со структурой типа корпоративных и унитарных систем.

На содержательном уровне структура корпоративных систем определяется набором субъектов с индивидуальными интересами, для которых существует общий доминирующий аспект интересов, объединяющий субъектов в единый коллектив с индивидуальными интересами, и обязывающий их коллективно принимать решения.

Системы унитарного типа являются специальным случаем корпоративных систем в условиях, когда субъект единственен, но его интересы многоаспектны.

В силу относительной простоты систем унитарного типа методологию и методы принятия управляющих решений удобно излагать вначале для систем этого типа.

Условия и аксиоматика принятия решений. Методология формализации проблемы определяется условиями и аксиоматикой принятия решений, которые формулируются совместно следующими постулатами.

1. Объект является деградирующей (стареющей) системой в том смысле, что множество состояний S содержит поглощающее состояние $\vartheta \in S$, а ее эволюция завершается попаданием в поглощающее состояние, называемое «отказом».

2. Возможности извлечения полезности определяются множеством Y управляющих альтернатив и множеством G общесистемных альтернатив. Управляющие альтернативы $y \in Y$ ориентированы на изменение состояния объекта. Множество G системных альтернатив определяется произведением $G = \Theta \times T$, где Θ – множество структурных альтернатив, T – множество альтернативных значений шага принятия решений.

3. Условием выбора управляющей альтернативы $y \in Y$ является состояние $s \in S$, наблюдаемое до выбора, исходом – состояние $\xi \in S$, наблюдаемое после выбора.

4. Исходы выбора случайны и описываются семейством условных распределений $q^g(S|S \times Y)$, называемых переходной функцией.

5. Извлечение "полезности" возможно лишь при отсутствии отказа. Попадание в отказ сопровождается катастрофическими последствиями.

6. Априорная предпочтительность альтернатив $y \in Y$ в состояниях $s \in S$ определяется функцией полезности $u^g(S \times Y)$, которая предполагается заданной.

7. Субъект характеризует состояния с точки зрения угрозы попадания в отказ. Для этого он вводит уровни угрозы, которые формально являются унарными отношениями на множестве S . При этом он может задать лишь шкалу X наименований уровней угрозы. Границы же разбиения множества S на классы эквивалентности $S_x \subset S$, отвечающие уровням угроз $x \in X$, он задать не может. Это порождает необходимость апостериорного построения разбиения множества S на классы эквивалентности $S_x \subset S$, $x \in X$.

8. Наименования $x \in X$ уровней угрозы являются ситуациями принятия решений. Построение разбиения множества S на классы эквивалентности $S_x \subset S$, $x \in X$ называется диагностикой ситуаций.

9. Предпочтительность ситуаций $x \in X$ в состояниях $s \in S$ при их диагностике определяются функцией риска $r^g(S \times X \times Y)$, которая предполагается заданной.

10. Окончательный выбор управляющих альтернатив осуществляется в зависимости от ситуаций $x \in X$ с учетом заданных ограничения $Y_x \subset Y$ на их допустимость в ситуациях $x \in X$.

11. Выбор на множестве системных альтернатив $G = \Theta \times T$ осуществляется не зависимо от состояний и ситуаций в качестве общесистемного параметра.

База априорной информации. Постулаты принятия решений определяют базу априорной информации об условиях принятия решений, задаваемую набором объектов [3]:

$$I = \langle S, X, Y, [Y_x \subset Y, x \in X], G, w^g(S \times Y), r^g(S \times X \times Y), q^g(S|S \times Y), g \in G \rangle,$$

где S – множество состояний, X – множество ситуаций, Y – множество управляющих альтернатив, $[Y_x \subset Y, x \in X]$ – ограничения на допустимость альтернатив в зависимости от ситуаций, G – множество общесистемных альтернатив, $w^g(S \times Y)$ – функция полезности, $r^g(S \times X \times Y)$ – функция риска, $q^g(S|S \times Y)$ – переходная функция.

Для стареющих систем получены в явном виде переходная функция $q^g(S|S \times Y)$ [4], функция полезности и функция риска [2, 5].

Задача и методы принятия управляющих решений. Предполагается, что множество $S = [0,1]$, множества Y , G и X конечны.

Гомоморфизм $\delta: \langle S, > \rangle \rightarrow \langle X, R \rangle$ называется стратегией диагностики ситуаций; последовательность $\{\delta_1^n = (\delta_n, \dots, \delta_1), n = 1, 2, \dots\}$ – стратегией диагностики на неограниченном горизонте времени. Стратегия $\delta^\infty = (\delta, \delta, \dots)$ – стационарна.

Отображение $\pi: X \rightarrow Y: y = \pi(x) \in Y_x, x \in X$ называется стратегией управления; последовательность $\{\pi_1^n = (\pi_n, \dots, \pi_1), n = 1, 2, \dots\}$ – стратегией управления на неограниченном горизонте. Стратегия $\pi^\infty = (\pi, \pi, \dots)$ – стационарна.

Общесистемная альтернатива $g \in G$ называется стратегией общесистемных решений. Последовательность $\{g_1^n = (g_n, \dots, g_1), n = 1, 2, \dots\}$ – стратегия общесистемных решений на неограниченном горизонте. Стратегия $g^\infty = (g, g)$ стационарна.

Тройка $\langle \delta_1^n, \pi_1^n, g_1^n \rangle, n = 1, 2, \dots$ называется политикой принятия решений.

Качество стратегии диагностики описывается средним риском $\psi_n(\delta_1^n | \pi_1^n, g_1^n) \in \mathbf{R}^S$, стратегии управления – средней ситуационной полезностью $\phi_n(\pi_1^n | \delta_1^n, g_1^n) \in \mathbf{R}^X$, стратегии общесистемных решений – ожидаемой полезностью $\mu_n(g_1^n | \delta_1^n, \pi_1^n) \in \mathbf{R}^1$.

Задача состоит в отыскании равновесной политики $\langle (\hat{\delta}_1^n, \hat{\pi}_1^n, \hat{g}_1^n), n=1, 2, \dots \rangle$, определяемой условиями:

$$\begin{cases} \psi_n(\hat{\delta}_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{g}_1^n) \leq \psi_n(\delta_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{g}_1^n) \forall \delta_1^n, n=1, 2, \dots, \\ \phi_n(\hat{\pi}_1^n | \hat{\delta}_1^n, \hat{g}_1^n) \geq \phi_n(\pi_1^n | \hat{\delta}_1^n, \hat{g}_1^n), \forall \pi_1^n, n=1, 2, \dots, \\ \mu_n(\hat{g}_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n) \geq \mu_n(g_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n) \forall g_1^n, n=1, 2, \dots \end{cases} \quad (1)$$

Результаты [5]: Равновесная политика представляет сильно устойчивый компромисс в смысле парето-оптимальных равновесий Нэша. Получены условия ее асимптотической стационарности и условия разрешимости задачи (1). На их основе развита вычислительная процедура построения равновесной политики.

Управление в корпоративных системах. Рассматривается класс корпоративных систем, информационная структура которых задается набором объектов:

$$\langle K, A^i, G, \mu_i(G \times A^i), i \in K \rangle,$$

где K – коллектив субъектов, A^i – множество индивидуальных для субъекта $i \in K$ альтернатив, G – множество общесистемных альтернатив, с выбором которых связаны общие интересы субъектов, $\mu_i(G \times A^i)$ – индивидуальная для субъекта $i \in K$ функция полезности.

Паре $(g, a) \in G \times A^i$ ставится в соответствие вектор полезностей $\mu(g, a) = \{\mu_i(g, a_i), i \in K\} \in \mathbf{R}^K$. На них задается некоторое коллективно-рациональное предпочтение $\succ$. Пусть $\bar{\succ}$ – дополнение к нему.

Задача корпоративного выбора состоит в отыскании компромиссной пары $(\hat{g}, \hat{a}) \in G \times \prod_{i \in K} A^i$, удовлетворяющей условиям:

$$\begin{cases} \mu(g, \hat{a}) \bar{\succ} \mu(\hat{g}, \hat{a}) \forall g \in G, \\ \mu_i(\hat{g}, \hat{a}_i) \geq \mu_i(\hat{g}, a_i) \forall a_i \in A^i, i \in K. \end{cases}$$

Методы решения задачи основываются на трех аксиомах коллективного выбора: аксиоме предпочтений по полезности, аксиоме единогласия, аксиоме толерантности: (каждый субъект имеет право выбирать любую альтернативу, но при этом он обязан не ущемлять интересы более "слабой" стороны).

Результаты [6, 7]: Существует коллективно-рациональное предпочтение, называемое лексиминным, с использованием которого задача корпоративного выбора разрешима в компромиссах. Лексиминные компромиссы сильно устойчивы в том смысле, что они являются парето-оптимальными равновесиями Нэша. Получены вычислительные методы решения задач корпоративного выбора.

Выводы

1. С использованием методов корпоративного выбора и методов принятия решений, развитых для систем унитарного типа, формулируется задача корпоративного управления и получены конструктивные методы ее решения.

2. Представленная методология и методы принятия решений ориентированы на управление сложными активными системами со структурой типа унитарных и корпоративных систем. Класс подобных систем является достаточно широким. В частности, это могут быть системы автомобильного и других видов транспорта.

Библиографический список использованной литературы

1. Павленко Л.А. Корпоративні інформаційні системи : навчальний посібник / Л.А. Павленко. — 2-е вид., стереотип. — Харків : ВД «ІНЖЕК», 2005. — 260 с.
2. Гогайзель А.В. Оперативне управління роботою засобів: теорія і практика: навчальний посібник / А.В. Гогайзель, О.П. Кравченко. — Луганськ: Вид-во СЛУ, 2000. — 128 с.
3. Баранов В.В. Процессы принятия управленческих решений, мотивированных интересами / В.В. Баранов. — М. : Физматлит, 2005. — 296 с.

4. Баранов В.В. Модель динамики в задачах управления деградирующими системами / В.В. Баранов, В.М. Матросов // Проблемы управления. — 2007. — № 4. — С. 2–7.
5. Баранов В.В. Модели полезности и риска в задачах управления деградирующими системами / В.В. Баранов, В.М. Матросов // Проблемы управления. — 2007. — №5. — С. 15–20.
6. Баранов В.В. О проблеме и методах корпоративного выбора / В.В. Баранов // Изв. РАН. Теория и системы управления. — 2006. — № 2. — С. 103–116.
7. Баранов В.В. Использование методов теории принятия решений в задачах эксплуатации транспортных систем / В.В. Баранов, А.П. Кравченко, В.А. Дроздов, Е.А. Кравченко // Транспорт, экология – устойчивое развитие: материалы XVI науч.-технич. конфер. с международным участием, Варна, 20 – 22 мая 2010 г. — Варна : ТУ, 2010. — С. 601–606.

Поступила в редакцию 22.04.2011 г.

Баранов В.В., Кравченко О.П. Управління в стохастичних активних системах

Досліджена проблема ухвалення рішень в стохастичних активних системах автомобільного транспорту. Розглянуто методологія і методи ухвалення ефективних рішень, заснованих на концепції витягання «максимальної корисності» і досягненні «мінімальної ризику».

Ключові слова: транспортна система, активна система, інтереси, ухвалення рішень, корисність, ризик.

Baranov V.V., Kravchenko A.P. Management in the stochastic active systems

The problem of making a decision is probed in the stochastic active systems of motor transport. It is considered methodology and methods of acceptance of effective decisions, based on conception of drawing out of «maximal utility» and achievement of «minimum hyphen».

Keywords: transport system, active system, interests, making a decision, utility, risk.