

УДК 623.618.51

А.И. Тимочко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕФЛЕКСИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*Введено понятие рефлексивного программирования поведением динамического объекта. Определены условия, при которых возможно осуществление рефлексивного программирования субъектом. Разработана математическая модель рефлексивного программирования. Сформулирован основной принцип рефлексивного программирования. Разработана модель реактивного поведения субъекта управления, установлены способы управления им.*

**Ключевые слова:** модель, динамический объект, неопределенность, рефлексивное программирование, реактивное поведение, управление

### Введение

**Постановка проблемы.** Известны такие способы управления динамическими объектами как рефлексивное управление (РУ) и рефлексивное программирование [1].

Пусть  $A1$  – функция готовности субъекта к выбору альтернативы;  $a1$ ,  $a2$  и  $a3$  – переменные, описывающие соответственно реальное давление среды; представление субъекта о давлении внешнего мира (ожидания); планы субъекта по выбору одной из альтернатив;  $A2 = (a3 \rightarrow a2)$  – самооценка для субъекта  $A$  [2]. Тогда

$$A1 = (a3 \rightarrow a2) \rightarrow a1. \quad (1)$$

Под рефлексивным управлением понимаем формирование у субъекта готовности к подчинению давлению внешнего мира. Оно имеет целью заставить лицо, принимающее решение (ЛПР), осознанно подчиниться влиянию внешней среды. Таким образом, при РУ у ЛПР формируются интенции, совпадающие с давлением среды ( $A1 = a1 = a3$ ).

Как известно, альтернатива с наилучшими условиями для прогнозирования событий обеспечивает наилучшее для ЛПР поведение:

$$a3 = a2 \rightarrow a1 = \neg a2 \vee a1 = \sup \{-a2, a1\}. \quad (2)$$

ЛПР выбирает наилучшую альтернативу из (2) –  $\neg a2$  или  $a1$ , ожидая давления среды в сторону  $a2$ . Выбор может быть четким или неопределенным. Причем субъект может либо подчиниться давлению внешнего мира (реактивный способ), либо улучшить свое положение, оценивая события на шкале норм по характерным и нехарактерным признакам с использованием процедуры нахождения сходства и различия. Имея две противоположные оценки, ЛПР часто выбирает более сильную на шкале норм альтернативу.

При несравнимости элементов  $\neg a2$  и  $a1$  субъект выбирает альтернативу  $z$ , более сильную, чем

$\neg a2$  и  $a1$ :  $\neg a2 < z$ ,  $a1 < z$ . Следовательно, ЛПР имеет ограниченную свободу выбора. Так, при  $a1 < a2 \rightarrow a1$  ( $a2 \rightarrow a1 = \neg a2 \vee a1 = \sup \{-a2, a1\}$ ) выбор ЛПР находится в диапазоне от подчинения давлению внешнего мира до примитивного выбора.

Полная свобода (неопределенность) выбора  $0 \leq a3 \leq 1$  на булевой решетке имеет место при  $a1 = 0$  и  $a2 = 0$  и наступает, когда мир склоняет ЛПР к выбору Антиномы, а Норма является примитивным выбором ( $a2 \rightarrow a1$ ).

Если  $a1 = a2 \rightarrow a1$ , то ЛПР осознанно подчиняется давлению среды и у него формируются интенции, совпадающие с давлением внешнего мира  $a1 = a3$ .

При рефлексивном программировании субъект подчиняется внешнему влиянию  $A1 = a1$  независимо от своего желания  $A1 \neq a3$ .

Формализация задач принятия решений с использованием методов рефлексивного управления взаимодействующей стороной и их применение для управления ДО в условиях нестохастической неопределенности в основном решены.

Вместе с тем противоречие между сложностью процессов управления стороной конфликта в условиях неопределенности, с одной стороны, и несовершенством аппарата формализации задач рефлексивного программирования, с другой, порождают необходимость доработки соответствующих математических моделей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Вопросы рефлексивного поведения субъекта в ситуации выбора, математические модели на основе булевых решеток, общие принципы РУ рассмотрены в работах [3, 4].

Модели и методы рефлексивного управления динамическими объектами в условиях нестохастической неопределенности, построенные с использованием аппарата векторных решеток, представлены в работе [5].

В данной работе проанализированы многозначные булевы системы норм и модели рефлексивного выбора действия противником при управлении динамическими объектами.

Определены основные недостатки математического аппарата булевых решеток, предложены возможные способы устранения этих недостатков. Установлено, что модели рефлексивного выбора позволяют предсказать готовность субъекта именно в момент выбора.

В статье [5] детально представлена модель нормативного поведения субъекта ( $a$  именно, выбор субъектом наилучшей альтернативы  $A1 = I$  на булевой решетке). Сформулированные аксиомы выбора Нормы и Антинормы позволили сформировать базовый принцип рефлексивного управления.

На основе моделей влияния ожидаемого давления внешнего мира  $a2$  на выбор действия субъектом управления и рефлексивного управления субъектом разработан метод нечеткого описания альтернативных действий при управлении динамическими объектами.

Однако в указанных работах недостаточно подробно рассмотрено поведение субъекта управления при рефлексивном программировании, недостаточно четко сформированы его принцип и математическая модель соответствующего подхода к управлению.

Таким образом, разработка модели рефлексивного программирования управлением объектами в условиях неопределенности, описанных дистрибутивными решетками, является актуальной задачей.

**Цель статьи.** Разработать математическую модель и сформулировать основной принцип рефлексивного программирования стороной, преследующей цели, противоположные тем, к достижению которых стремится динамический объект.

## Основной материал

### 1. Модель рефлексивного программирования

Рефлексивное программирование представляет так, что субъект воздействия подчиняется внешнему воздействию независимо от своего желания ( $A1 = a1$  и  $a1 \neq a3$ ), т.е.:

$$(a3 \rightarrow a2) \rightarrow a1 = a1 \text{ и } a1 \neq a3; \quad (3)$$

$$\neg(a3 \rightarrow a2) \vee a1 = a1 \text{ и } a1 \neq a3. \quad (4)$$

Равенство (4) выполнимо при  $\neg(a3 \rightarrow a2) \leq a1$ . Это возможно, если самооценка и давление среды несравнимы.

Из выражения (4) следует

$$a3 \& \neg a2 \leq a1. \quad (5)$$

Следовательно, либо  $\neg a2 \leq a1$ , либо  $a3 \leq a1$ .

В первой ситуации, описанной выражением  $\neg a2 \leq a1$ , ЛПР, оказавшись в незнакомой обстановке, принимает диктуемые внешним миром правила.

Во втором случае, когда желания субъекта ниже, чем давление среды ( $a3 \leq a1$ ), он готов подчиниться этому давлению, независимо от своих желаний.

Таким образом, **основной принцип рефлексивного программирования** состоит в том, что лицу, принимающему решения, навязываются заранее предопределенные позиции для формирования у него готовности к принятию новых форм действий. В результате ЛПР не имеет желания изменять окружающий его мир, действует в рамках предложенных ему форм, которые он вскоре воспринимает как свои собственные.

### 2. Модель реактивного поведения

Если выбор субъекта совпадает с его ожиданиями  $A1 = a2$ , то

$$(a3 \rightarrow a2) \rightarrow a1 = a2. \quad (6)$$

Равенство (6) выполняется, если ожидания ЛПР совпадают с давлением внешнего мира и его желания не превышают его ожиданий:

$$A1 = a2, \text{ если } a3 \leq a1 \text{ и } a1 = a2, \quad (7)$$

когда рефлексивное управление приобретает стабильную форму.

При этом субъект осуществляет реактивное поведение в предсказуемой среде, его опыт совпадает с реальностью. Давлению среды и ожиданиям ЛПР может соответствовать любая оценка на шкале норм. При адекватной оценке субъектом давления среды, но нежелании ничего лучшего, ЛПР будет отрабатывать команды среды, как нечто само собой разумеющееся.

## Выводы

1. Для автоматизации процессов управления динамическими объектами в современных условиях используется гарантирующая стратегия рефлексивного управления нулевого ранга. Как правило, для рефлексивного выбора действия субъектом используется модель на базе множества, представляющего собой булеву решетку из двух элементов.

2. Для вычисления значений функции готовности к выбору в булевой алгебре предложено обобщение традиционной модели в виде векторной булевой модели.

3. Модели рефлексивного выбора варианта действия субъектом характерны именно в момент выбора им действия. Сформулированные основные принципы рефлексивного управления позволяют определять тактику поведения субъекта для достижения поставленной цели и повысить уровень обоснованности принятых решений.

4. Разработана математическая модель рефлексивного программирования, которая позволила сформировать основной принцип рефлексивного программирования. Его главное содержание состоит в том, что заранее предопределенные позиции для лица, принимающего решения, позволяют формировать у ЛПП готовность к принятию новых форм действий. В этом случае ЛПП не желает изменять окружающую обстановку, предложенные ему способы и формы действий, стратегию и тактику поведения. Действуя в рамках предложенных ему форм, ЛПП вскоре воспринимает их как свои собственные.

5. Разработана модель реактивного поведения субъекта. Представляется, что субъект осуществляет реактивное поведение в предсказуемой среде, когда имеющийся у него опыт совпадает с реальностью. В этом случае давлению среды и ожиданиям ЛПП может соответствовать любая оценка на шкале норм. Если субъект адекватно оценивает давление среды, его удовлетворяет состояние дел, он не имеет желания изменить ситуацию к лучшему то, ЛПП будет «автоматически» обрабатывать команды среды.

### Список литературы

1. Лепский В.Е. Рефлексивное управление в тоталитарных сектах / В.Е. Лепский, А.М. Степанов // Рефлексивное управление / Сб. статей. Международный симпозиум. 17 – 19 октября 2000 г. Под ред. В.Е. Лепского. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2000. – С. 122-133.

2. Lefebvre, V.A. *The Fundamental Structures of Human Reflexion. The Structure of Human Reflexion: The Reflexional Psychology of Vladimir Lefebvre.* Peter Lang Publishing, 1990. – P. 5-69.

3. Таран Т.А. Отображение принципов рефлексивного управления в математических моделях рефлексивного выбора / Т.А. Таран // Рефлексивные процессы и управление // Международный научно-практический междисциплинарный журнал. – 2002. – № 1, т. 2. – С. 104-117.

4. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры (издание третье). / В.А. Лефевр. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2000. – 136 с.

5. Тимочко А.И. Метод и математические модели рефлексивного выбора варианта действий при управлении динамическими объектами / А.И. Тимочко // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НiУ, 2011. – Вип. 2(18). – С. 173-178.

Поступила в редколлегию 15.02.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РЕФЛЕКСИВНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

О.І. Тимочко

Введено поняття рефлексивного програмування поведінкою динамічного об'єкту. Визначені умови, при яких можливе здійснення рефлексивного програмування суб'єктом. Розроблена математична модель рефлексивного програмування. Сформульований основний принцип рефлексивного програмування. Розроблена модель реактивної поведінки суб'єкта управління, встановлені способи управління ним.

**Ключові слова:** модель, динамічний об'єкт, невизначеність, рефлексивне програмування, реактивна поведінка, управління.

### MATHEMATICAL MODEL OF REFLECTION PROGRAMMING AT CONTROL DYNAMIC OBJECTS

O.I. Tymochko

The concept of the reflection programming the conduct of dynamic object is entered. Terms at which realization of the reflection programming is possible a subject are certain. The mathematical model of the reflection programming is developed. Basic principle of the reflection programming is formulated. The model of reactive conduct of control subject is developed, control methods are set by it.

**Keywords:** model, dynamic object, vagueness, reflection programming, reactive conduct, control.