

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

О.Н. ГРАНИЧИН

КАК ВЫИГРАТЬ ЧЕМПИОНАТ МИРА
ПО ВИРТУАЛЬНОМУ ФУТБОЛУ?

Учебное пособие

Издательство С.-Петербургского университета
2004

УДК 519.712
ББК 32.811.7
Г 77

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук проф.
канд. физ.-мат. наук доц.

*Рекомендовано к изданию
Редакционно-издательским советом
математико-механического факультета
С.-Петербургского государственного университета*

Г р а н и ч и н О.Н.

Г 77 **Как выиграть чемпионат мира по виртуальному футболу?** Учеб. пособие. — СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2004. — 131 с.
ISBN 5-288-03201-7

В пособии описываются задачи линейной фильтрации, прогнозирования и методы принятия решений, использование которых целесообразно при программировании команды "виртуальных роботов", играющих в футбол.

Пособие предназначено для студентов и аспирантов, обучающихся на специальностях, связанных с обработкой информации, в частности изучающих курс "Стохастические алгоритмы оптимизации и оценивания"; оно может использоваться при подготовке специалистов по статистическим методам оценивания и стохастической оптимизации.

Библиогр. 78 назв.

Без объявления

ББК 32.811.7

© О.Н. Граничин
2004

© Издательство
С.-Петербургского
университета,
2004

ISBN 5-288-03201-7

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	6
Виртуальный футбол	7
1 Описание задачи	7
1.1 Игрок-сервер-монитор	7
1.2 Программа сервера	7
1.3 Клиент-футболист	7
1.4 Монитор	7
2 Клиентские программы	7
2.1 Процессы и нити	7
2.2 Общая память	7
2.3 Обработка поступающей информации	7
2.4 Сохранение информации	7
2.5 Модели прогноза	7
2.6 Принятие решения	7
2.7 Поддержка командной стратегии	8
2.8 Исполнение команд	8
Математическая модель	9
1 Модель поля	9
1.1 Модель поля	10
1.2 Понижение размерности	10
1.3 Гибридные системы	10
2 Модель игрока	10
2.1 Модель игрока	10
2.2 Цели игрока	10
3 Модель мяча	11
3.1 Модель мяча	11
4 Модель тренера	11
4.1 Модель тренера	11
5 Модель судьи	11
5.1 Модель судьи	11
6 Модель команды	11
6.1 Модель команды	11
6.2 Цели команды	11
7 Модели игровых ситуаций	11
7.1 Пенальти (удар по воротам)	11
7.21 в 1	11

7.32 в 1	11
7.41 в 2	11
7.52 в 2	11
7.61 в 3	11
7.73 в 1	11
7.82 в 3	11
7.93 в 2	12
Фильтрация и предсказание	101
1 Примеры задач оценивания	105
1.1 Оценивание величины постоянного сигнала, наблюдаемого на фоне помехи	106
1.2 Задача об обнаружении сигнала	109
1.3 Предсказание значений случайного процесса	112
2 Методы фильтрации	113
2.1 Фильтр Винера–Колмогорова	113
2.2 Фильтр Калмана–Бьюси	119
3 Оценивание при ограниченных помехах	127
3.1 Случайный сигнал, наблюдаемый на фоне ограниченных помех	127
3.2 Метод рекуррентных целевых неравенств. Конечно-сходящиеся алгоритмы	128
3.3 Алгоритм "Полоска"	132
3.4 Метод эллипсоидов	134
Принятие решений	137
1 Принятие решений	137
2 Методы стохастической оптимизации	137
2.1 Поиск корня неизвестной функции. Алгоритм Роббинса–Монро	138
2.2 Минимизация функционала среднего риска	141
2.3 Процедура Кифера–Вольфовица	142
2.4 Рандомизированные алгоритмы стохастической аппроксимации	144
2.5 Алгоритмы случайного поиска	148
2.6 Метод "отжига"	149
Приложение.	
Некоторые необходимые математические сведения	150
П.1 Теория вероятностей	150
П.1.Случайные величины	150
П.1.Некоторые неравенства для случайных величин	152
П.1.Закон больших чисел для независимых случайных величин	153
П.1.Стационарные случайные процессы	154
П.1.Боследовательности случайных величин, близкие к супермартингалам	156
П.2 Некоторые матричные соотношения	157

П.3Факторизация матричных функций	157
Список обозначений	159
	161

В В Е Д Е Н И Е

Группа ведущих мировых ученых (www.cds.caltech.edu/murray/cdspanel), проработав несколько лет, составила список приоритетных задач кибернетики (теории управления) на ближайшие 50 лет:

Среди них

1. Создать команду роботов, которая выиграет у победителя кубка мира среди людей.
2. Управление через Интернет.
3. Асинхронная теория управления.
4. Динамически реконфигурируемое интеллектуальное управление.
5. Перепрограммировать систему управления бактерией.

В настоящее время соревнований по футболу между роботами и людьми не проводится, но в рамках международных научных конференций по искусственному интеллекту с конца 90-х гг. прошлого века начали проводить чемпионаты мира по футболу среди роботов. Сейчас эти чемпионаты проводятся самостоятельно в нескольких лигах: *simulation*, "легкие" и "тяжелые" роботы, японские "собачки".

В начале 2004 года группа студентов математико-механического факультета: Бобкова Ира, Вахитов Александр, Вольфсон Георгий, Гуревич Лев, Косякин Антон, Плотников Юрий и Ушаков Константин, решили совместно написать программу "виртуального робота-футболиста". Это учебное пособие написано с их непосредственным участием и для помощи в их разработке.

Игра в виртуальный футбол

1. Описание задачи

1.1. Игрок-сервер-монитор

1.2. Программа сервера

1.3. Клиент-футболист

1.4. Монитор

2. Структура программ на клиентской машине

2.1. Процессы и нити

2.2. Общая память

2.3. Драйвер обработки поступающей от сервера информации

2.4. Сохранение поступающей от сервера информации

2.5. Прогнозирование ситуации на поле

2.6. Принятие решения

Цель игры для игрока

Цель игры команды

2.7. Поддержка и задание командной стратегии

2.8. Исполнение команд

Математическая модель

1. Математическая модель поля с игроками, мячом, судьей и тренерами

Общие идеи

Пусть X_t , $t = 0, \dots, 3000$ — вектор состояний, включающий в себя всю информацию об игроках $x_{1,t}, \dots, x_{22,t}$, мяче, судье и тренерах, U_t , $t = 0, \dots, 3000$ — вектор управлений, состоящий из управлений каждого из игроков $u_{1,t}, \dots, u_{22,t}$

Программа сервера обеспечивает изменение такт за тактом (динамику) вектора X_t по следующему правилу:

$$X_{t+1} = AX_t + BU_t + w_{t+1},$$

где $\{w_t\}$ — некоторые помехи, A, B — матрицы, определяемые параметрами сервера (возможны две разные постановки задачи: все параметры работы сервера известны каждому игроку или часть параметров для игроков неизвестна).

Каждый из игроков $i = 1, \dots, 22$ в каждый момент времени получает от сервера информацию $Y_{i,t}$:

$$Y_{i,t} = D(X_{i,t})X_t + v_{i,t},$$

где $\{v_{i,t}\}$ — помехи наблюдения, $D(X_{i,t})$ — матрицы, определяемые текущими возможностями игрока.

Задача фильтрации

Каждый из игроков i в момент времени t по наблюдениям $Y_{i,1}, \dots, Y_{i,t}$ хочет иметь оценку (приближение) вектора X_t .

Задача о прогнозе на $k = 1, 2, \dots, m$ шагов

Каждый из игроков i в момент времени t по наблюдениям $Y_{i,1}, \dots, Y_{i,t}$ хочет иметь оценку (приближение) вектора X_{t+k} .

При введенных обозначениях надо выписать целевые функционалы для каждого из игроков и для команд.

На основании текущих оценок надо иметь алгоритм формирования управления для каждого из игроков

$$u_{i,t} = \mathcal{U}_{i,t}(Y_{i,1}, \dots, Y_{i,t}).$$

Алгоритм должен быть оптимальным (или допустимым) с точки зрения определенных целевых функционалов.

1.1. Модель поля

1.2. Понижение размерности

1.3. Гибридные системы

2. Математическая модель игрока

2.1. Модель игрока

2.2. Цели игры для игрока

Целевая функция игрока

3. Математическая модель мяча

3.1. Модель мяча

4. Математическая модель тренера

4.1. Модель тренера

5. Математическая модель судьи

5.1. Модель судьи

6. Математическая модель команды

6.1. Модель команды

6.2. Цели игры для команды

Целевая функция команды

7. Модели типичных игровых ситуаций

7.1. Пенальти (удар по воротам)

7.2. 1 в 1

7.3. 2 в 1

7.4. 1 в 2

7.5. 2 в 2

7.6. 1 в 3

7.7. 3 в 1

7.8. 2 в 3

7.9. 3 в 2

Начало комбинации.

Три игрока x_{12} , x_{13} , x_{14} видят, что перед ними два игрока противника x_2 , x_3 и ближе всего к мячу находится x_{13} , находящийся в центре (см. Рис. 1). Цель: провести мяч за линию защитников. Крайние игроки x_{12} , x_{14} начинают разбегаться вперед и к флангам, контролируя процесс возможности принятия мяча от x_{13} . У каждого из них отрабатывают подпрограммы "движения в заданном направлении с сохранением возможности принять пас от другого игрока своей команды". При необходимости курс корректируется.

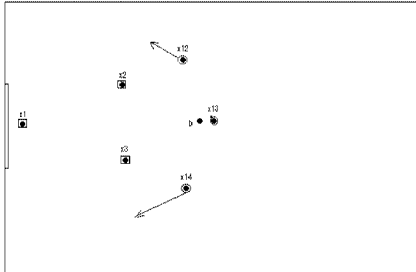


Рис. 1. Игра 3 в 2 (Начало)

Игрок x_{13} контролирует мяч и выжидает: какие действия предпримут противники x_2 , x_3 . У него наиболее активно работает блок анализа ситуации на поле. Возможны три различных варианта.

1. Проход через центр.

Если оба игрока x_2 , x_3 начинают движение к флангам, освобождая центр, то x_{13} выжидает тот момент, когда он с большой вероятностью сможет пройти по центру, и после этого начинает форсированное движение вперед с мячом, рис. 2. У него включается подпрограмма "форсированного движения с мячом в заданном направлении". При этом постоянно анализируется возможность удара по воротам.

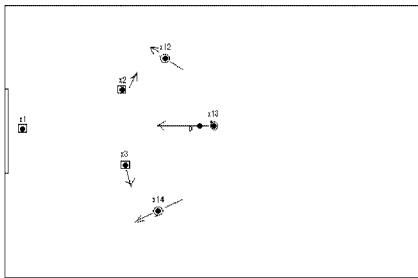


Рис. 2. Игра 3 в 2 (проход через центр)

После прохода линии защитников включается программа "обыграть вратаря и забить гол", рис. 3.

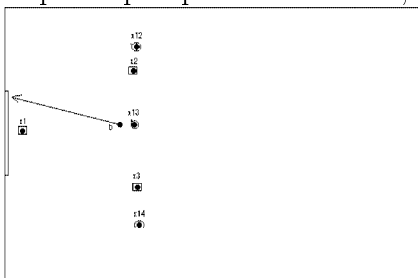


Рис. 3. Игра 3 в 2 (удар по воротам)

2. Пас направо.

Если игрок x_2 не начинают движение к флангу, то x_{12} оказывается в свободной зоне и x_{13} после некоторого анализа ситуации отдает ему пас. При этом у x_{13} отработывает подпрограмма "дать пас бегущему игроку". После этого x_{13} начинает двигаться к левому или правому углу вратарской площадки (наверное, лучше к левому "дальнему" углу), рис. 4. x_{14} либо движется к дальней штанге ворот, либо уходит в открытую зону сзади.

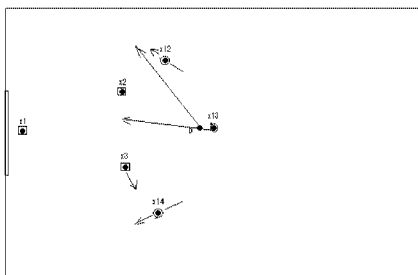


Рис. 4. Игра 3 в 2 (пас направо)

3. Пас налево.

Если игрок x_3 не начинают движение к флангу, то x_{14} оказывается в свободной зоне и x_{13} после некоторого анализа ситуации отдает ему пас. При этом у x_{13} отработывает подпрограмма "дать пас бегущему игроку". После этого он начинает двигаться к левому или правому углу вратарской площадки (наверное, лучше к правому "дальнему" углу), рис. 5. x_{12} либо движется к дальней штанге ворот, либо уходит в открытую зону сзади.

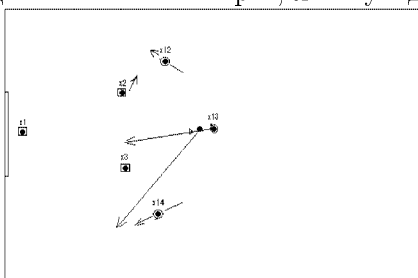


Рис. 5. Игра 3 в 2 (пас налево)

У игрока x_{14} начинает отработываться подпрограмма "принять летящий мяч". После приема мяча он продолжает движение по флангу, отработывает подпрограмма "форсированное движение с мячом в заданном направлении", рис. 6. Если вратарь не закрывает ближний угол, то у x_{14} отработывает подпрограмма "забить гол", если вратарь перекрывает ближний угол, то включается подпрограмма "дать пас своему игроку", который выходит к дальнему углу штрафной площадки.

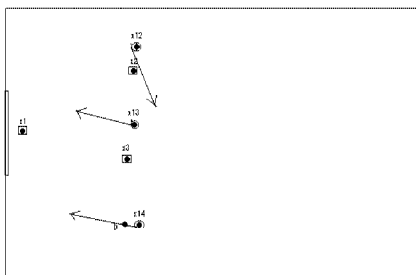


Рис. 6. Игра 3 в 2 (проход через левый край)

Программы.

Расчет наиболее вероятной траектории движения игрока.

Расчет наиболее вероятной траектории движения мяча.

Захватить мяч.

Ударить по мячу.

Расчет отскока мяча.

Дать пас в определенную точку поля.

Дать пас бегущему игроку.

Ударить по воротам.

Проверить: с какой вероятностью перехватят пас.

Принять передачу.

Если оказался ближе всех к мячу, то передвинуться и захватить его.

Движение с мячом в определенном направлении.

Движение с мячом в определенном направлении с надежным контролем мяча.

Форсированное движение с мячом в определенном направлении.

Движение без мяча в заданную точку.

Движение без мяча в заданном направлении.

Движение без мяча в заданном направлении с контролем высокой вероятности получения паса от игрока, владеющего мячом (при необходимости корректируя направление движения).